

Ръководство по електрически инсталации



ABB

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Въведение

Сфери и цели на приложение

Целта на това ръководството е да предостави на проектанта и потребителя на електрически инсталации бързи справки и при нужда да е лесно за ползване работно помагало. Предназначението му не е да бъде теоретичен документ или технически каталог, а да предлага помощ за правилно определяне на оборудването в многобройни практически ситуации при изграждането на инсталации.

Оразмеряването на една електрическа инсталация изисква познаване на различни фактори, отнасящи се например до електрозахранващата мрежа на инсталацията, електрическите проводници и други компоненти; тези необходими познания карат електро-проектанта да търси консултации в многобройни документи и технически каталози.

„Ръководство по електрически инсталации“ предоставя в един единствен документ таблици за бързо дефиниране на основните параметри на компонентите на една електрическа инсталация,

както и избирането на защитни устройства за широка гама инсталации.

Включени са и някои примери за улесняване на ползването на дадените в Ръководството таблици.

Потребители на „Ръководство по електрически инсталации“

„Ръководство по електрически инсталации“ е подходящо средство за всички, които се интересуват от електрическите инсталации: полезно е за инсталатори и техници по поддръжка на електрическата мрежа със своите кратки, но важни електротехнически данни, а също така и за инженерите с възможността за бърза справка в публикуваните таблици и сбитата теория.

Валидност на “Ръководство по електрически инсталации”

В някои таблици са показани приблизителни стойности поради обобщаването на процеса на селекция, като например тези, отнасящи се за конструктивните характеристики на електрическите машини. Във всички случаи, където е възможно, са дадени корекционни коефициенти за действителните условия, които може да се различават от приетите. Таблиците винаги са съставяни консервативно, в полза на безопасността; за по-точни изчисления при оразмеряване на електрически инсталации се препоръчва да се използва софтуера DOC.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

Във всяка техническа област и в частност в електрическата, достатъчно условие (макар и не необходимо) за изграждането на електрически инсталации съгласно най-новите постижения и критерии за удовлетворяване изискванията на клиентите е съобразяването с всички касаещи тази област закони и технически стандарти.

Затова, прецизното познаване на стандартите е фундаменталната база за правилния подход към проблемите при електрическите инсталации, които трябва да се проектират, за да се гарантира това “приемливо ниво на безопасност”, което никога не е абсолютно.

Юридически стандарти

Това са всички стандарти, които определят правилата на поведение на юридическите лица, които са под суверенитета на държавата.

Технически стандарти

Тези стандарти са всички предписания, на базата, на които трябва да се проектират, произвеждат и изпитват машини, апарати, материали и инсталации, така че да се осигури ефективност и функционална безопасност.

Техническите стандарти, публикувани от националните и международните органи, са описани детайлно и могат да имат правна сила, когато това е съпрободено със законодателна мярка.

	Области на приложение		
	Електротехника и електроника	Телекомуникация	Механика, ергономика и безопасност
Международен орган	IEC	TU	ISO
Европейски орган	CENELEG	ETSI	CEN

Тук се имат предвид само органите, занимаващи се с електрически и електронни технологии.

IEC (International Electrotechnical Commission) Международна електротехническа комисия

Международната електротехническа комисия (IEC) е основана официално през 1906 г. с цел осигуряване на международно сътрудническо по отношение на стандартизирането и сертифицирането в електрическите и електронните технологии. Тази асоциация е създадена от Международните комитети на повече от 40 страни от целия свят.

IEC публикува международни стандарти, технически ръководства и доклади, които са базата или във всички случаи еталон от най-голяма важност за дейностите, свързани с националните и европейската стандартизация.

IEC стандартите се издават на два езика: английски и френски. През 1991г. IEC ратифицира споразумения за сътрудничество с CENELEC (Европейският орган по стандартизация) за общо планиране на нови дейности по стандартизацията и за паралелно гласуване на проекто-стандартите.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

CENELEC Европейски комитет за електротехническа стандартизация (European Committee for Electrotechnical Standardization)

Европейският комитет за електротехническа стандартизация (CENELEC) е създаден през 1973 г.. В момента той обхваща 30 страни (Австрия, Белгия, България, Кипър, Чешка Република, Дания, Естония, Финландия, Франция, Германия, Гърция, Унгария, Исландия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Малта, Холандия, Норвегия, Португалия, Полша, Румъния, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Великобритания) и осъществява сътрудничество с 8 асоциирани члена (Албания, Босна и Херцеговина, Тунис, Хърватска, Бившата Югославска Република Македония, Сърбия и Черна гора, Турция, Украйна), които първо съгласуваха националните си документи с тези на CENELEC и след това ги замениха с Хармонизираните документи (HD).

Съществува разлика между EN стандартите и Хармонизираните документи (HD): докато първите трябва да бъдат приети на всички нива без добавки или промени в различните страни, то във вторите могат да се нанасят поправки така, че да отговарят на националните изисквания.

EN стандартите се издават на три езика: английски, френски и немски.

От 1991 г. CENELEC работи съвместно с IEC за ускоряване на процеса на подготовка на международните стандарти.

CENELEC борави със специфични теми, за които спешно се налага стандартизация.

Когато проучването на конкретна тема вече е било започнато от IEC, Европейският стандартизационен орган (CENELEC) може да реши дали да приеме, или ако е необходимо да промени документите, вече одобрени от Международния стандартизационен орган (IEC).

Директиви на Европейската общност за електрическо оборудване

Наред със своята институционална роля, Европейската общност има задачата да обнародва директиви, които трябва да бъдат приети от различните страни членки и след това да се приложат в националните законодателства.

След като са приети веднъж, тези директиви влизат в правна сила и стават еталон за производители, монтажници и търговци, които трябва да изпълняват задълженията, определени със закон.

Директивите се основават на следните принципи:

- Хармонизацията е ограничена до основните изисквания;
- Само продукти, които изпълняват основните изисквания, определени в директивите, могат да бъдат предлагани на пазара и въведени в експлоатация;
- Хармонизиращите стандарти, чиито номера са публикувани в Официалното издание на Европейската общност и които са наложени в националните стандарти, се считат в съответствие с основните изисквания;
- Приложимостта на хармонизираните стандарти или на други технически спецификации е препоръчителна и производителите са свободни да избират различни технически решения, които осигуряват съответствие с основните изисквания;
- Производителите могат да избират между различните процедури за оценяване на съответствието, предвидени в приложимата директива;
- Предназначението на всяка директива е да накара производителите да предприемат всички необходими стъпки и мерки, така че продуктът да не застрашава безопасността и здравето на хората, животните и имуществото.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Стандарти

Директива 2006/95/СЕ “Ниско напрежение”

Директивата за ниско напрежение се отнася за всички електрически устройства, проектирани за работа при номинално напрежение от 50 до 1000 V за променлив ток и от 75 до 1500 V за постоянен ток.

В частност, тя е приложима за всички апарати за производство, преобразуване, пренос, разпределение и ползване на електрическа енергия като: машини, трансформатори, устройства, измервателни прибори, защитни устройства и проводникови материали.

• Следните категории са извън предмета на тази Директива:

• Електрическо оборудване за ползване във взривоопасна среда;

• Електрическо оборудване за радиологични и медицински цели;

• Електрически части за товарни и пътнически асансьори;

• Електромери;

• Щепсели и контакти за ползване в бита;

• Радио-електрическа интерференция;

• Специализирано електрическо оборудване за използване в самолети, кораби или в железници, което изпълнява изискванията за безопасност, формулирани от международните организации, в които участват страните членки.

Директива EMC 89/336/ЕЕС* (“Електромагнитна съвместимост”)

Директивата за електромагнитна съвместимост се отнася за всички електрически и електронни апарати, както и за системи и инсталации, съдържащи електрически и/или електронни компоненти. В частност, апаратите обхванати от тази Директива се разделят в следните категории в зависимост от своите характеристики:

• Битови радио и телевизионни приемници;

• Промислено производствено оборудване;

• Мобилни радио устройства;

• Мобилни радио и комерсиално радио-телефонни устройства;

• Медицински и научно-изследователски апарати;

• Оборудване за информационни технологии (ИТЕ);

• Битови електрически уреди и битово електронно оборудване;

• Авиационни и мореплавателни радио апарати;

• Образователно електронно оборудване;

• Телекомуникационни мрежи и апарати;

• Радио и телевизионни излъчватели;

• Осветление и флуоресцентни лампи.

Апаратите трябва да бъдат конструирани така, че:

а) електромагнитните смущения, които генерира да не превишават ниво позволяващо на радио и телекомуникационното оборудване и други устройства да работят по предназначение;

б) апаратите да имат адекватно ниво на вътрешен имунитет към електромагнитни смущения за да могат да работят по предназначение. Един апарат се обявява в съответствие с изискванията на точки а) и б), когато той отговаря на хармонизираните стандарти, отнасящи се за неговото продуктово семейство или в случай, че няма такъв на общите стандарти.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Стандарти

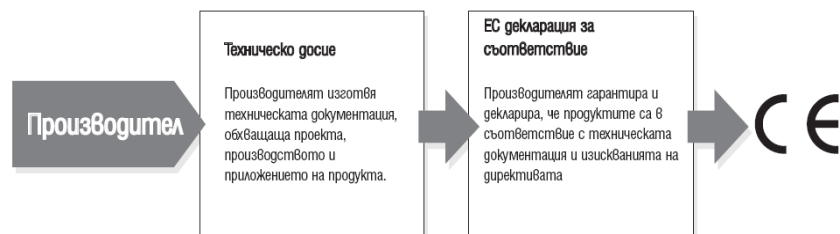
Знак за съответствие съгласно директива СЕ

Знакът за съответствие съгласно директива СЕ показва, че са изпълнени всички задължения, наложени на производителя по отношение на неговите продукти, залегнали в директивите на Европейската общност и отнасящи се до получаването на този знак (СЕ).



Когато един продукт има знак СЕ, това представлява декларация на производителя или неговите упълномощени представители, че въпросният продукт съответства на всички приложими изисквания, включително процедурите по оценяване на съответствие. Това насърчава страните членки в изнасянето на пазара и въвеждането в експлоатация на продукти носещи знака СЕ, освен ако тази мярка не е обоснована с доказано несъответствие на продукта.

Блок-схема на процедурите на оценяване на съответствието, определени в Директива 2006/95/СЕ за електрическо оборудване, проектирано за ползване в определен обхват на напрежение:



Одобрение за морски приложения

Условията на околната среда, които характеризират приложенията на прекъсвачите в корабни инсталации, могат да бъдат различни от тези на околната среда при стандартните промишлени приложения; в действителност за морските приложения може да са необходими инсталации за специфични условия, като:

- за околна среда с висока температура и влажност, включително влажна гореща атмосфера или солена мъгла;
- за корабна среда (машинна зала), където апаратите работят при наличие на вибрации с висока амплитуда и продължителност.

За да се осигури правилното функциониране в такива среди, корабните регистри изискват апаратите да са изпитани съгласно специфичните типови изпитания, най-важни от които са тези за вибрации, динамично отклонение, влажност и изпитания на сухо нагряване.

Съдържание Част 1

Стандарти

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Прекъсвачите на ABB SACE (Tmax-Emax) са одобрени от следните корабни регистри:

• RINA	Registro Italiano Navale	Италиански корабен регистър
• DNV	Det Norske Veritas	Норвежки корабен регистър
• BV	Bureau Veritas	Френски корабен регистър
• GL	Germanischer Lloyd	Немски корабен регистър
• LRs	Lloyd's Register of Shipping	Британски корабен регистър
• ABS	American Bureau of Shipping	Американски корабен регистър

Препоръчително е да се правят консултации с ABB SACE по отношение на типа и работните характеристики на сертифицираните прекъсвачи

Знаци за съответствие на различни национални и международни стандарти

Знаците за съответствие на различни национални и международни стандарти са изложени в следващата таблица, само за информация:

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
ЕВРОПА		-	Знак за съответствие на хармонизираните европейски стандарти, изброени в споразумението ENEC.
АВСТРАЛИЯ		Знак AS	Електрически и неелектрически продукти. (Австралийска асоциация за стандартизация) Гарантира съответствие със SAA (Австралийска асоциация за стандартизация)
АВСТРАЛИЯ		Знак S.A.A.	Австралийска асоциация за стандартизация (S.A.A.) Институт за електроинженерство на Нов Южен Уелс, Сидни, Австралия
АВСТРИЯ		Знак за изпитания в Австрия	Инсталационно оборудване и материали

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”









6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
АВСТРИЯ		OVE идентификация	Кабели
БЕЛГИЯ		CEBEC знак	Инсталационни материали и електрически уреди
БЕЛГИЯ		CEBEC знак	Тръби, канали, проводници и гъвкави шинурове
БЕЛГИЯ		Сертификат за съответствие	Инсталационни материали и електрически уреди (В случай, че няма еквивалентни национални стандарти или критерии)
КАНАДА		CSA знак	Електрически и неелектрически продукти Този знак гарантира съответствие с CSA (Канадска асоциация за стандартизация)
КИТАЙ		CCC знак	Този знак се изисква за голяма гама промишлени продукти преди експортирането или продаването им на пазара в Народна Република Китай.
ЧЕШКА РЕПУБЛИКА		EZU знак	Електротехнически изпитателен институт
СЛОВАШКА РЕПУБЛИКА		EVPU	Електротехнически изследователски и проектантски институт

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”




6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
ХЪРВАТСКА		KONKAR	Институт по електроинженерство
ДАНИЯ		DEMKO Знак за одобрение	Материали ниско напрежение. Този знак гарантира съответствието на продукта на изискванията (за безопасност) на «Регулации силни токове»
ФИНЛАНДИЯ		Знак за безопасност на Elektriska Inspektoratet	Материали ниско напрежение. Този знак гарантира съответствието на продукта на изискванията (за безопасност) на «Регулации силни токове»
ФРАНЦИЯ		ESC знак	Битови електроуреди
ФРАНЦИЯ		NF знак	Проводници, кабели, тръби и канали – Инсталационни материали
ФРАНЦИЯ		NF знак за идентификация	Кабели
ФРАНЦИЯ		NF знак	Преносими инструменти с двигател
ФРАНЦИЯ		NF знак	Битови електроуреди

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”









6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
ГЕРМАНИЯ		VDE знак	За електроуреди и техническо оборудване, инсталационни приспособления като щепсели, контакти, предпазители, проводници и кабели, както и други компоненти (кондензатори, заземителни системи, фасунги и електронни устройства)
ГЕРМАНИЯ		VDE знак	Кабели и шнурове
ГЕРМАНИЯ		VDE знак за кабелит	За кабели, изолирани шнурове, инсталационни тръби канали
ГЕРМАНИЯ		VDE-GS знак за техническо оборудване	Знак за безопасност на техническо оборудване, поставян се след изпитване и сертифициране на продукта от VDE изпитвателна лаборатория в Офенбах; знакът за съответствие е знакът VDE, който се дава за изпитване отделно и в комбинация със знака GS
УНГАРИЯ		MEEI	Унгарски институт за изпитване и сертифициране на електрическо оборудване
ЯПОНИЯ		JIS знак	Знак, който гарантира съответствие с японски промишлени стандарти
ИРЛАНДИЯ		JIS знак	Електрическо оборудване
ИРЛАНДИЯ		IRS знак	Електрическо оборудване

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
ИТАЛИЯ		IMQ знак	Знак за електрически материали за непрофесионални потребители; удостоверява съответствие с европейските стандарти.
НОРВЕГИЯ		Норвежки знак за одобрение	Задължително одобрение за безопасност на материали и оборудване ниско напрежение
ХОЛАНДИЯ		KEMA-KEUR	Общо за всички устройства
ПОЛЩА		KWE	Електрически продукти
РУСИЯ		Сертификат за съответствие	Електрически и неелектрически продукти. Гарантира съответствие с националния стандарт (Госстандарт на Русия)
СИНГАПУР		SISIR	Електрически и неелектрически продукти
СЛОВЕНИЯ		SIQ	Словенски институт за качество и метрология
ИСПАНИЯ		AEE	Електрически продукти. Знакът е под контрола на Испанската електротехническа асоциация

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”




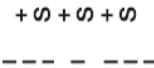




6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
ИСПАНИЯ		VDE знак	За електроуреди и техническо оборудване, инсталационни приспособления като щепсели, контакти, предпазители, проводници и кабели, както и други компоненти (кондензатори, заземителни системи, фазунал и електронни устройства)
ШВЕЦИЯ		VDE знак	Кабели и шнурове
ШВЕЙЦАРИЯ		VDE знак за кабелит	За кабели, изомирани шнурове, инсталационни тръбни канали
ШВЕЙЦАРИЯ		VDE-GS знак за техническо оборудване	Знак за безопасност на техническо оборудване, поставя се след изпитване и сертифициране на продукта от VDE изпитвателна лаборатория в Офенбах; знакът за съответствие е знакът VDE, който се дава за изпитване отделно и в комбинация със знака GS
ШВЕЙЦАРИЯ		MEEI	Унгарски институт за изпитване и сертифициране на електрическо оборудване
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		JIS знак	Знак, който гарантира съответствие с японски промишлени стандарти
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		JIS знак	Електрическо оборудване
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		IRS знак	Електрическо оборудване

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		BAEB знак за безопасност	Съответствие с "Британски стандарти" за битови електроуреди
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		BSI знак за безопасност	Съответствие с "Британски стандарти" за битови електроуреди
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ		BEAB Kitemark	Съответствие с "Британски стандарти" по отношение на безопасност и работни характеристики
САЩ		UNDERWRITERS LABORATORIES знак	Електрически и неелектрически продукти
САЩ		UNDERWRITERS LABORATORIES знак	Електрически и неелектрически продукти
САЩ		UL знак	Електрически и неелектрически продукти
CEN		CEN знак	Знак, издаван от Европейския комитет за стандартизация (CEN); той гарантира съответствие на европейските стандарти
CENELEC		Знак	Кабели

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”




6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Страна	Знак	Наименование на знака	Приложение / Организация
CENELEC		Знак за хармонизация	Знак за сертифициране, удостоверяващ че кабелът съответства на стандартите CENELEC – знак за идентификация
IEC		Ex EUROPEA знак	Знак, удостоверяващ съответствие на европейските стандарти на продукти за употреба във взривоопасна среда
CEEel		CEEel ркду	Знак, който се прилага за някои битови електроуреди (бръсначки, електрически часовници и т.н.)

IEC декларация за съответствие

IEC декларацията за съответствие представлява изявление на производителя, който декларира на своя собствена отговорност, че цялото оборудване, всички процедури или услуги се отнасят и съответстват на конкретни стандарти (директиви) или други нормативни документи.

IEC декларацията за съответствие трябва да съдържа следната информация:

- име и адрес на производителя или неговия европейски представител;
- описание на продукта;
- изброяване на хармонизираните стандарти и директиви, които се имат предвид;
- изброяване на техническите спецификации за съответствие;
- двете последни цифри от годината на получаване на знака CE;
- идентификация на лицата, подписали декларацията.

Един екземпляр на IEC декларацията за съответствие трябва да се пази от производителя или неговия представител заедно с техническата документация.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

СТАНДАРТ	ГОДИНА	ЗАГЛАВИЕ
IEC 60027-1	19 2	Буквени символи, използвани в електротехниката - Част 1: Общи положения
IEC 6003 -1	2004	Въртящи се електрически машини - Част 1: Номинални и работни характеристики
IEC 60671-DB Snapshot	2007	Графични символи за схеми
IEC 61082-1	2006	Подготовка на документи използвани в електротехниката. Част 1: Общи изисквания
IEC 60038	2002	Стандартни напрежения на IEC
IEC 60 64-1	2002	Координация на изолацията за съоръжения в системи за ниско напрежение - Част 1: Правила, изисквания и изпитвания
IEC 60909-0	200	Токове на късо съединение в трифазни електрически системи за променливо напрежение - Част 0: Изчисляване на токовете
IEC 608 5-1	1993	Токове на късо съединение. Изчисляване на въздействията - Част 1: Термини, определения и методи за изчисляване
IEC 600 6-1	2000	Силови трансформатори - Част 1: Общи положения
IEC 60076-2	1993	Силови трансформатори - Част 2: Прегряване
IEC 6007 -3	2000	Силови трансформатори - Част 3: Нива на изолацията, изпитвания на електрическата якост на изолацията и външни изолационни разстояния във въздух
IEC 60076-5	2006	Силови трансформатори - Част 5: Устойчивост на къси съединения
IEC 60616	1 78	Маркировки за клеми и изводи на силови трансформатори
IEC 60076-11	2004	Силови трансформатори - Част 11: Сухи трансформатори
IEC 6044	2006	Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация - Идентификация на изводи на съоръжения и на краища на проводници
IEC 60073	2002	Основни принципи и принципи за безопасност при взаимодействие човек-машина, маркиране и идентификация - Принципи за кодиране на индикатори и органи за задействане
IEC 60446	1999	Основни принципи и принципи за безопасност на взаимодействие човек - машина, маркировка и идентификация - Идентификация на проводници чрез цветове и цифри
IEC 60447	2004	Основни принципи и принципи за безопасност на взаимодействие човек-машина, маркировка и идентификация - Принципи на действие
IEC 60947-1	2004	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 1: Общи правила
IEC 60947-2	2006	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 2: Автоматични прекъсвачи

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

IEC 60947-3	2005	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 3: Товарови прекъсвачи, разединители, товаров прекъсвач-разединители и апарати комбинирани с предпазители
IEC 60947-4-1	2002	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 4: Контактори и пускатели за двигатели - Електромеханични контактори и пускатели за двигатели
IEC 60947-4-2	2007	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 4-2: Контактори и пускатели за двигатели - Променливотокови полупроводникови контролери и пускатели за двигатели
IEC 60947-4-3	2007	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 4-3: Контактори и пускатели за двигатели - Променливотокови полупроводникови контролери и контактори за товари, различни от двигатели
IEC 6094 5-1	2003	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 5-1: Апарати и комутационни елементи във веригите за управление - Електромеханични апарати във веригите за управление
IEC 60947-5-2	2004	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 5-2: Апарати и комутационни елементи във веригите за управление - Прекъсвачи, задействащи се при приближаване
IEC 60947-5-3	2005	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 5-3: Апарати и комутационни елементи във веригите за управление - Изисквания за апарати, задействащи се при приближаване с определено поведение при условия на пов еда
IEC 60947-5-4	2002	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 5: Апарати и комутационни елементи във веригите за управление - Раздел 4: Методи за оценяване на характеристиките на ниско енергийни контакти. Специални изпитвания
IEC 60947-5-5	2005	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 5-5: Апарати и комутационни елементи във веригите за управление - Електрическо устройство за аварийно спиране с механична заключваща функция
IEC 60947-5-6	1999	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 5-6: Апарати и комутационни елементи във веригите за управление - Постояннотоков интерфейс за чувствителни елементи задействащи се при приближаване и превключващи усилватели (NAMUR)
IEC 60947-6-1	2005	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 6-1: Многофункционално оборудване - Преносно комутационно оборудване
IEC 60947-6-2	2002	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 6-1: Многофункционално оборудване - Комутационни устройства (или оборудване) за управление и защита (CPS)
IEC 60947-7-1	200	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 7: Спомагателно оборудване - Раздел 1: Клеми за медни проводници

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

IEC 60947-7-2	2002	Комутационни апарати за ниско напрежение - Част 7: помагателни принадлежности - Раздел 2: Класификация на медни защитни проводници
IEC 60439-1	2004	Комплектни комутационни устройства за ниско напрежение - Част 1: Типово изпитани и частично типово изпитани комплектни комутационни устройства
IEC 60439-2	2005	Комплектни комутационни устройства за ниско напрежение - Част 2: Специфични изисквания за магистрални шинопроводи
IEC 60439-3	2001	Комплектни комутационни устройства за ниско напрежение - Част 3: Специфични изисквания за комплектни комутационни устройства за ниско напрежение, предназначени за монтаж в места, където при тяхното използване имат достъп неквалифицирани лица - Разпределителни табла
IEC 60439-4	2004	Комплектни комутационни устройства за ниско напрежение - Част 4: Специфични изисквания за комплектни комутационни устройства за строителни площадки и
IEC 60439-5	2006	Комплектни комутационни устройства за ниско напрежение - Част 5: Специфични изисквания за комплектни комутационни устройства предназначени за разпределяне на енергия в електрическите мрежи за обществени места
IEC 61095	2000	Електромеханични контактори за битови и подобни приложения
IEC/TR 60890	1987	Метод на оценка на температурното повишение чрез екстраполация на частично типово изпитани уредби (РТТА) на комплектни комутационни устройства ниско напрежение
IEC/TR 61117	1992	Метод на оценка на устойчивост на късо съединение на частично типово изпитани уредби (РТТА)
IEC 60092-303	1980	Електрически инсталации на кораби. Част 303: Оборудване - Силови трансформатори и трансформатори за осветление
IEC 60092-301	1980	Електрически инсталации на кораби. Част 301: Оборудване - Генератори и двигатели
IEC 60092-101	2002	Електрически инсталации на кораби - Част 101: Определения и общи изисквания
IEC 60092-401	1980	Електрически инсталации на кораби - Част 401: Монтаж и изпитвания на електрически инсталации
IEC 60092-201	1994	Електрически инсталации на кораби - Част 201: Проектиране на системи - Общи положения
IEC 60092-202	1994	Електрически инсталации на кораби - Част 202: Проектиране на системи - Защита

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и прекъсване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

IEC 30092-	1997	Електрически инсталации на кораби - Част 302: Комплектни коутационни устройства ниско напрежение
IEC 60092-350	2001	Електрически инсталации на кораби - Част 350: Силови кабели за кораби - Общи изисквания за конструкцията и изпитанията
IEC 3092-3 2	2005	Електрически инсталации на кораби - Част 352: Избиране и полагане на електрически кабели
IEC 60364-5-52	2001	Електрически инсталации на сгради - Част 5-52: Избиране и монтаж на електрическо оборудване - проводникови системи
IEC 60227		Кабели с изолация от поливинилхлорид за номинални напрежения до 450/750 V включително
	1998	Част 1: Общи изисквания
	2003	Част 2: Методи на изпитване
	1997	Част 3: Кабели без обвивка за неподвижен монтаж
	1997	Част 4: Кабели с обвивка за неподвижен монтаж
	2003	Част 5: Гъвкави кабели (шнурове)
	2001	Част 6: Асансьорни кабели и кабели за гъвкави връзки
	2003	Част 7: Гъвкави кабели екранирани и неекранирани с два или повече проводника
IE 60228	2004	Токопроводими жила на изолирани кабели
IEC 6024		Кабели с каучукова изолация за обявено напрежение до 450/750 V включително.
	2003	Част 1: Общи изисквания
	1998	Част 2: Методи на изпитване
	1994	Част 3: Топлинно устойчиви кабели със силиконов изолация
	2004	Част 4: Шнурове и гъвкави кабели
	1994	Част 5: Асансьорни кабели
	1994	Част 6: Кабели за електродръгово заваряване
	1994	Част 7: Топлинно устойчиви кабели с изолация от EVA (етилен-винил-ацетат)
2004	Част 8: Шнурове за приложение, изискващи голяма гъвкавост	
IEC 60309-2	2005	Щепселни съединения за промишлени цели - Част 2: Изисквания за размерите за взаимозаменяемост на щифта и контактната тръба
IEC 61008-1	2006	Дефектнотокови защити без интегриран автоматичен прекъсвач срещу свръхток, за битова и подобна употреба (АПЗОТ) - Част 1: Общи правила
IEC 61008-2-1	1990	Дефектнотокови защити без интегриран автоматичен прекъсвач срещу свръхток за битова и подобна употреба (АПЗОТ). Част 2-1: Приложимост на общите правила за АПЗОТ, функционално независими от напрежението на електрическата мрежа

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

IEC 61008-2-2	1990	Дефектнотокови защиты без интегриран автоматичен прекъсвач срещу свръхток за битова и подобна употреба (АПЗОТ). Част 2-2: Приложимост на общите правила за АПЗОТ, функционално зависими от напрежението на електрическата мрежа
IEC 61009-1	2006	Дефектнотокови защиты с интегриран автоматичен прекъсвач срещу свръхток за битова и подобна употреба (АПЗОТ) - Част 1: Общи правила
IEC 61009-1	1991	Дефектнотокови защиты с интегриран автоматичен прекъсвач срещу свръхток за битова и подобна употреба (АПЗОТ). Част 2-1: Приложимост на общите правила за АПЗОТ, функционално независими от напрежението на електрическата мрежа
IEC 61009-2-2	1991	Дефектнотокови защиты без интегриран автоматичен прекъсвач срещу свръхток за битова и подобна употреба (АПЗОТ) - Част 2-2: Приложимост на общите правила за АПЗОТ, функционално зависими от напрежението на електрическата мрежа
IEC 60670-1	2002	Кутии и конзоли за електрически принадлежности за битови и подобни неподвижни електрически инсталации - Част 1: Общи изисквания
IEC 60669-2-1	2002	Превключватели за битови и подобни неподвижни електрически инсталации -Част 2-1: Специфични изисквания - Електронни ключове
IEC 60669-2-2	2002	Превключватели за битови и подобни неподвижни електрически инсталации -Част 2: Специфични изисквания - Раздел 2: Ключове с дистанционно управление
IEC 60669-2-3	2006	Превключватели за битови и подобни неподвижни електрически инсталации -Част 2-3: Специфични изисквания -Ключове с времезакъснение
IEC 60079-10	2002	Електрическа апаратура за експлозивни газове среди - Част 10: Класификация на опасни зони
IEC 60079-14	2002	Електрическа апаратура за експлозивни газове среди - Част 14: Електрически уредби в опасни зони (различни от мини)
IEC 60079-17	2002	Електрическа апаратура за експлозивни газове среди. Част 17 - Преглед и поддържане на електрически уредби в опасни зони (различни от мини)
IEC 60269-1	2006	Стопяеми предпазители за ниско напрежение - Част 1: Общи изисквания
IEC 6069-2	2006	Стопяеми предпазители за ниско напрежение. Част 2: Допълнителни изисквания за стопяемите предпазители, предназначени да се използват от квалифицирани лица (предпазители предимно за промишлено приложение) примери за стандартизирани системи за стопяеми предпазители

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

IEC 60269 3	2006	Стояеми предпазители за ниско напрежение - Част 3-1: Допълнителни изисквания за стояемите предпазители, предназначени да се използват от неквалифицирани лица (предпазители предимно за бита и подобни приложения) - Раздели до V: примери за стандартизирани системи за стояеми предпазители А до F
IEC 60127-1/10		Миниатюрни топяеми предпазители.
	2006	Част 1: Термини и определения за миниатюрни стояеми предпазители и общи изисквания за миниатюрни предпазители със стояема вложка
	003	Част 2: Капсуловани патрони
	1998	Част 3: Свърхминиатюрни патрони
	2005	Част 4: Универсални модул и патрони (UMF)
	1 88	Част 5: Указания за оценяване на качеството на миниатюрни стояеми предпазители
	1994	Част 6: Държатели на предпазител за миниатюрни капсуловани патрони
	2001	Част 10: Ръководство за потребители на миниатюрни стояеми предпазители
IEC 60364-1	2005	Електрически инсталации ниско напрежение - Част 1: Основни принципи, оценка на общите характеристики, определения
IEC 60364-4-41	2 05	Електрически инсталации на сгради - Част 4-41: Защити по безопасност -Защита срещу електрически удар
IEC 60364-4-42	2001	Електрически инсталации на сгради - Част 4-42: Защити по безопасност -Защита срещу топлинни въздействия
IEC 60364-4-43	2001	Електрически инсталации на сгради - Част 4-43: Защити по безопасност -Защита срещу свръхтокове
IEC 60364-4-44	2006	Електрически инсталации на сгради - Част 4-44: Защити по безопасност -Защита срещу смущения в напрежението и електромагнитни смущения
IEC 60364-5-51	2005	Електрически инсталации на сгради - Част 5-51: Избор и монтаж на електрическо оборудване. Общи правила
IEC 60364-5-5	2001	Електрически инсталации на сгради - Част 5-52: Избор и монтаж на електрическо оборудване. Проводникови системи
IEC 60364-5-53	002	Електрически инсталации на сгради - Част 5-53: Избор и монтаж на електрическо оборудване. Изолация, комутация и управление
IEC 60364-5-54	2002	Електрически инсталации на сгради - Част 5-54: Избор и монтаж на електрическо оборудване. Заземителни устройства и защитни проводници

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

IEC 60364-5-55	2002	Електрически инсталации на сгради - Част 5-55: Избор и монтаж на електрическо оборудване. Друго оборудване
IEC 60364-6	2006	Електрически инсталации на сгради - Част 6: Проверка
IEC 60364-7	1984/2006	Електрически инсталации на сгради - Част 7: Изисквания за специални инсталации и места
IEC 60529	2001	Степени на защита, осигурени от таблата (IP код)
IEC 61032	199	Защита на лица и съоръжения посредством табла. Пробници за проверка
IEC/TR 61000-1-1	1992	Електромагнитна съвместимост (ЕМС). Част 1: Общи положения - Раздел 1: Прилагане и тълкуване на основните определени я и термини
IEC/TR 61000 1-3	2002	Електромагнитна съвместимост (ЕМС). Част 1-3: Общи положения -Въздействия на електромагнитните импулси при големи надморски височини върху гражданско оборудване и системи

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

Следващите определения за електрически инсталации са взети от стандарта IEC 60050.

Характеристики на инсталациите

Електрическа инсталация (на сграда) Съвкупност от свързано електрическо оборудване, изпълняващо специфично предназначение и притежаващо координирани характеристики. Източник на захранване на електрическата инсталация Точката, от която се доставя електрическа енергия в инсталацията.

Неутрален проводник (символ N) Проводник свързан с неутралната точка на системата, който може да извършва пренос на електрическа енергия.

Защитен проводник (PE) Проводник необходим за защитни мерки от електрически удар, на която и да е от следните електрически свързани части:

- достъпни проводящи части;
- външни проводящи части;
- главна заземителна клема;
- заземителен електрод;
- заземена точка на източника или изкуствена неутрала.

PEN проводник Заземен проводник, комбиниращ функциите на защитен и неутрален проводник

Околна температура Температурата на въздуха или друга среда, в която се използва оборудването.

Напрежения

Номинално напрежение (на инсталация) Напрежението, за което е проектирана инсталацията или част от инсталацията.

Забележка: Действителното напрежение може да се различава от номиналното напрежение със стойности в рамките на допустимия толеранс.

Токове

Проектен ток (на верига) Токът, предвиден да се провежда от веригата при нормални работни условия.

Допустимо токово натоварване (Номинален ток на проводник) Максималният ток, който може да бъде провеждан продължително от проводник при определени условия без температурата му в установеното състояние да превиши конкретна стойност.

Надминален ток (Свърхток) Всеки ток, превишаващ номиналната стойност. За проводниците номиналната стойност е допустимото токово натоварване.

Ток на претоварване (на верига) Надминален ток, възникващ във веригата без наличие на електрическа повреда.

Ток на късо съединение Надминален ток, причинен от повреда с пренебрежим импеданс между проводници под напрежение, имащи разлика в потенциала при нормални работни условия

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

2 Защита на захранващи линии

Конвенционален работен ток (на защитно устройство) Определена стойност на тока, която води до сработване на защитното устройство в рамките на определен период от време, наричано конвенционално време.

Установяване на свръхток Функция установяваща, че стойността на тока във веригата превишава предварително зададена стойност за определен продължителен период от време.

Ток на утечка Електрически ток по нежелан път на провеждане, различен от пътя на тока на късо съединение.

Ток на повреда Ток, протичащ в дадена точка на мрежата в резултат от повреда в друга точка на тази мрежа.

Кабелна система

Кабелна система Система от кабел, кабели или събирателни шини и частите за свързването им и, ако е необходимо, за изолирането им.

Електрически вериги

Електрическа верига (на инсталация) Съвкупността от електрическото оборудване на една инсталация, захранвано от един и същ източник и предпазвано от свръхтокове от едни и същи защитни устройства.

Разпределителна мрежа (на сграда) Верига, захранваща разпределително табло.

Крайна верига (на сграда) Верига, свързана директно към работещите с електричество устройства или към контактите.

Друго оборудване

Електрическо оборудване Всяко устройство използвано за генериране, преобразуване, пренос, разпределение или приложение на електрическа енергия, като машини, трансформатори, апарати, измервателни прибори, защитни устройства, оборудване за кабелни системи, електроуреди.

Оборудване, използващо електрически ток Оборудване, предназначено да преобразува електрическа енергия в друг вид енергия, например светлинна, топлинна или двигателна сила.

Комплектни разпределителни устройства Оборудване, предназначено да бъде свързано към електрическа верига с цел изпълняване на една или повече от следните функции: защита, управление, изолация, комутация.

Преносимо оборудване Оборудване, което се премества докато е в експлоатация, или което лесно може да бъде преместено от едно място на друго докато е свързано към захранването.

Ръчно оборудване Преносимо оборудване, предназначено да се държи в ръка по време на нормалната му работа, в което двигателят, ако има такъв, представлява неразделна част от оборудването.

Стационарно оборудване Фиксирано оборудване или оборудване, което няма дръжка за пренасяне или е с такава маса, че не може лесно да бъде преместено.

Фиксирано оборудване Оборудване, закрепено към опора или свързано по друг начин към определено място.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

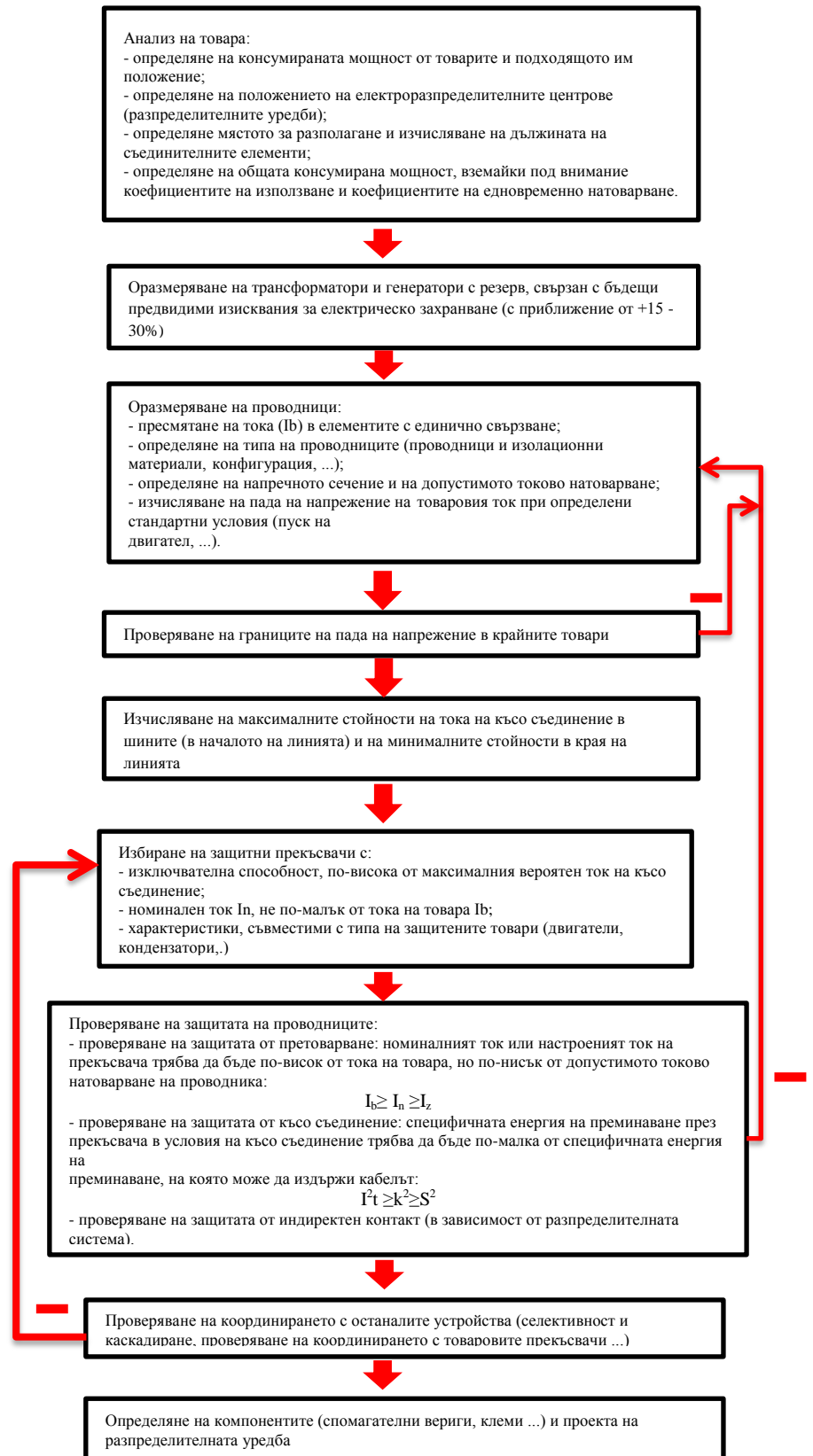
Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Оразмеряване на инсталации

На блок схемата по-долу е показана процедура, която може да се следва за правилно оразмеряване на една инсталация.



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

2. Защита на захранващи линии

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

За правилното оразмеряване на кабелите е необходимо:

- да се избере типа кабели и метода на полагане в зависимост от средата;
- да се избере сечение в зависимост от тока на товара;
- да се провери пада на напрежение

2.2.1 Допустимо токово натоварване и методи на полагане

Избиране на кабелите

Международният стандарт, определящ полагането и изчисляването на допустимото токово натоварване на кабели в жилищни и промишлени сгради, е IEC 60364-5-52 “Електрически инсталации на сгради – Част 5-52 Избор и монтаж на кабелни системи за електрическо оборудване”. При избиране типа на кабела се използват следните параметри:

- проводящ материал (мед или алуминий): изборът зависи от изискванията за цена, размер и тегло, устойчивост на корозивни среди (химически реагенти или оксидиращи елементи). Най-общо казано, допустимото токово натоварване на медните проводници е около 30% по-голямо от допустимото токово натоварване на алуминиевите проводници със същото сечение. Алуминиевите проводници със същото сечение имат електрическо съпротивление около 60% по-голямо и тегло половин или една трета по-малко от тези на медните проводници.

- изолационен материал (без такъв, PVC, XLPE-EPR): изолационният материал влияе върху максималната температура при нормални условия и при условия на късо съединение и следователно на размера на сечението на кабела (виж Глава 2.4 “Защита от късо съединение”).

- типът на проводника (неизолиран проводник, едножилен кабел без защитна обвивка, едножилен кабел със защитна обвивка, многожилен кабел) се избира според механичната устойчивост, степента на изолация, и сложността на инсталацията (завои, връзки по трасето, бариери ...), характерни за метода на полагане.

В таблица 1 са показани типовете проводници, разрешени за различните методи на полагане.

Таблица 1: Избиране на проводникови системи

Проводници и кабели	Метод на полагане								
	Без крепежни елементи	Директно закрепен	Тръба	Кабелни скари (включително сепарирани скари, скрити в пода скари)	Кабелен канал в строителна кухина	Кабелни лавици - вертикални и хоризонтални	На кабелни скоби	На изолатори	Носещо въже
Неизолирани проводници	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Изолирани проводници	-	-	+	+	+	-	+	+	-
Кабели със защитна обвивка (включително бронирани и кабели с минерална изолация)	Многожилни	+	+	+	+	+	+	0	+
	Едножилни	0	+	+	+	+	+	0	+

0 Неприложимо или обикновено неизползвано в практиката
+ Разрешено
- Неразрешено

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическият ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

2 Защита на захранващи линии

За промишлени инсталации рядко се използват многожилни кабели със сечение, по-голямо от 95 мм².

Методи на полагане

За да се определи допустимото токово натоварване на проводника и по този начин да се намери подходящото сечение за тока на товара трябва измежду методите на полагане, описани в споменатите стандарти, да се определи този метод, който най-пълно съответства на действителното изпълнение на полагането.

От таблици 2 и 3 може да се определи идентификационния номер на инсталацията, метода на полагане (A1, A2, B1, B2, C, D, E, F, G) и таблиците за определяне на теоретично допустимото токово натоварване на проводника и всички корекционни коефициенти, необходими за конкретната околна среда и изпълнението на полагането.

Таблица 2: Метод на полагане

Изпълнение на полагането	Без крепежни елементи	С крепежни елементи	Тръба	Кабелни скрели (включително сепарирани канали, скрити в пода канали)	Кабелен канал в строителна кухня	Кабелни лавици - вертикални и хоризонтални кабелни скоби	На изолатори	Носещо въже
Строителни кухни	40, 46 15, 16	0	15, 16	-	0	0, 31, 32, 33, 34	-	-
Кабелен канал	56	56	54, 55	0	44	30, 31, 3, 33, 34	-	-
Положени в земя	72, 73	0	70, 71	-	70.71	0	-	-
Вградени к-цията	57, 58	3	1, 2, 59, 60	50, 51, 52, 53	44, 5	0	-	-
Повърхностен монтаж	-	20, 21	4, 5	6, 7, 8, 9, 12, 13, 14	6, 7, 8,	30, 31, 32, 33, 34	36	35

Числото във всяка клетка показва номера на метода на полагане в Таблица 3
“0” Неприложимо или обикновено не се използва в практиката
“-” Неразрешено

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Метод на полагане	№	Описание	Референтен метод на полагане
 Room	1	Изолирани проводници или едножилни кабели в тръба в термично изолирана стена	A1
 Room	2	Многожилни кабели в тръба в термично изолирана стена	A2
 Room	3	Многожилни кабели директно в термично изолирана стена	A1
	4	Изолирани проводници или едножилни кабели в тръба върху дървена или зидана стена и на разстояние от нея по-малко от 0,3 пъти диаметъра на тръбата	B1
	5	Многожилен кабел в тръба върху дървена или зидана стена и на разстояние от нея по-малко от 0,3 пъти диаметъра на тръбата	B2
	7	Изолирани проводници или едножилни кабели в кабелен канал върху дървена стена - положени хоризонтално (6) - положени Вертикално (7)	B1
	8	Изолирани проводници или едножилни кабели в окачен кабелен канал (8)	B1 (3)
	9	Многожилен кабел в окачен кабелен канал (9)	или B2 (9)
	12	Изолирани проводници или едножилни кабели, положени в корнизи	A1
	13	Изолирани проводници или едножилни кабели в сепариран канал (13)	B1 (13)
	14	Многожилен кабел в сепариран канал (14)	или B2 (14)
	5	Изолирани проводници или многожилен кабел в архитрав	A1
	16	Изолирани проводници в тръба или едножилен многожилен кабел рамка за прозорец	A
	20	Едножилни или многожилни кабели: - закрепени на, или на разстояние от дървена стена (20) по-малко от 0,3 пъти диаметъра на кабела	C
	21	- закрепени директно под дървен таван (21)	

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

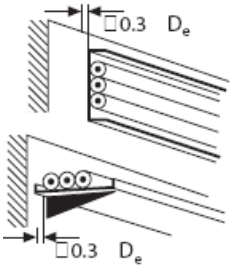
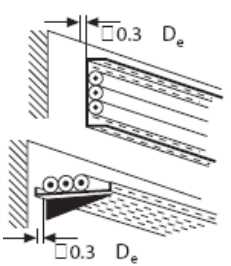
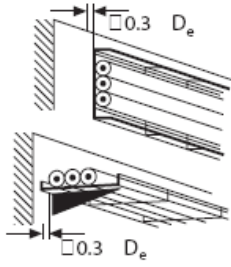


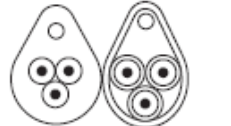

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

	30	Върху неперфорирана лавица	С
	31	Върху перфорирана лавица	Е или F
	32	На скоби или носеща мрежа	Е или F
	3	На разстояние от стената повече от 0,3 пъти диаметъра на кабела	Е F или G
	34	На вертикална скара	Е или F
	35	Еждножилен или многожилен кабел окачен на или съдържащ носещо въже	Е или F
	36	Неизолирани или изолирани проводници Върху изолатори	G

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

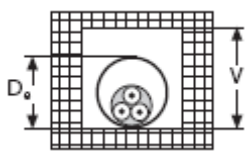
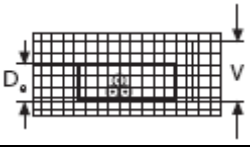
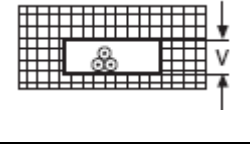
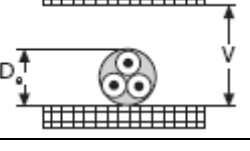
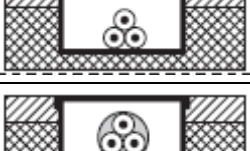
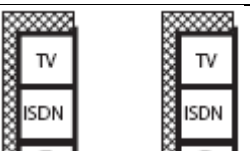

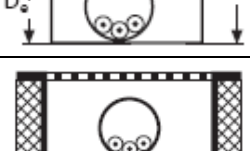
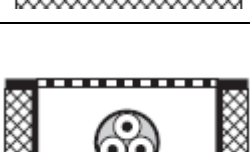


6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

	40	Едножилен или многожилен кабел в строителна кухня	$1.5 D_e < V < 20 D_e$ B2 $V > 20 D_e$ B1
	24	Изолирани проводници в кабелен канал строителна кухня	$1.5 D_e < V < 20 D_e$ B2 $V > 20 D_e$ B1
	4	Изолирани проводници в кабелен канал в зидана стена със специфично термично съпротивление не по-голямо от 2 Km/W	$1.5 D_e < V < 5 D_e$ B2 $5 D_e < V < 50 D_e$ B1
	46	Едножилен или многожилен кабел: - в окачен таван - в повдигнат под ¹⁾	$1.5 D_e < V < 5 D_e$ B2 $5 D_e < V < 50 D_e$ B1
	50	Изолирани проводници или едножилен кабел в скрит кабелен канал в пода	B1
	51	Многожилен кабел в скрит кабелен канал в пода	B2
	52	Изолирани проводници или едножилни кабели във вграден кабелен канал (52) Многожилен кабел във вграден кабелен канал (53)	B1 (52) или B2 (53)
	53		
	54	Изолирани проводници или едножилни кабели в кабелен канал без вентилация, положен хоризонтално или вертикално ²⁾	$1.5 D_e < V < 20 D_e$ B2 $V > 20 D_e$ B1
	55	Изолирани проводници в тръба в отворен кабелен канал или кабелен канал с вентилация в пода	B1
	56	Едножилен или многожилен кабел със защитна обвивка в отворен кабелен канал или кабелен канал с вентилация, положен хоризонтално или вертикално	B1

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

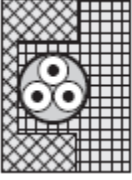

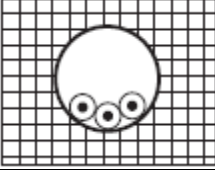
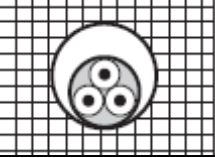

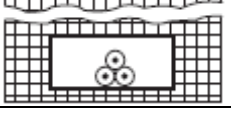
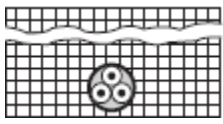
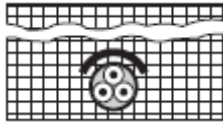
6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

	57	Едножилен или многожилен кабел положен директно в зидана стена с термична устойчивост не по-голяма от 2 Km/W Без допълнителна механична защита	C
	58	Едножилен или многожилен кабел положен директно в зидана стена с термична устойчивост не по-голяма от 2 Km/W С допълнителна механична защита	C
	59	Изолирани проводници или едножилни кабели в тръба в зидана стена	B1
	60	Многожилни кабели в тръба в зидана стена	B2
	70	Многожилен кабел в тръба или кабелен канал в земята	D
	71	Едножилен кабел в тръба или кабелен канал в земята	D
	2	Едножилни или многожилни кабели със защитна обвивка директно в земята - без допълнителна механична защита	D
	73	Едножилни или многожилни кабели със защитна обвивка директно в земята - с допълнителна механична защита	D

1) D_e е външният диаметър на многожилен кабел:

- $2,2 \times$ диаметъра на кабела, когато три едножилни кабела са свързани в триъгълник, или

- $3 \times$ диаметъра на кабела, когато три едножилни кабела са положени в равнинно разположение.

2) D_e е външният диаметър на тръба или вертикалната дълбочина на кабелен канал

V е по-малкият размер или диаметър на канал в зидана стена или кухня, вертикалната дълбочина на правоъгълен канал, кухня в под или таван.

Дълбочината на канала е по-важна от ширината му.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Инсталации неположени в земята: избиране на сечение в зависимост от допустимото токово натоварване и типа на полагането

Допустимото токово натоварване на кабел, който не е положен в земята, се получава по формулата:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 = I_0 k_{tot}$$

където:

- I_0 е допустимото токово натоварване на единичен проводник при 30° С температура на околната среда;
- k_1 е корекционния коефициент за температура на околната среда, различна от 30° С;
- k_2 е корекционния коефициент за кабели, полагани в редове или снопове на няколко опори.

Корекционен коефициент k_1

Допустимото токово натоварване на кабелите, които не са положени в земята, се отнася за околна температура 30° С. Ако околната температура на мястото на полагане е различна от тази температура, трябва да се използва корекционния коефициент k_1 от Таблица 4 в зависимост от изолационния материал.

Таблица 4: Корекционен коефициент за температура на околния въздух, различна от 30° С

Околна температура ^(a) °С	Поливинилхлорид (ВЦ	Изолация		
		XLPE и EPR	Минерална	
			С покритие от поливинилхлорид или неизолиран и достъпен за допир 70°С	Неизолиран и недостъпен за допир 105°С
1	1.22	1.15	1.26	1.14
15	1.17	1.12	1.2	1.1
20	1.1	1.08	1.14	1.07
25	1.06	1.04	1.07	1.04
35	0.94	0.96	0.93	0.96
40	0.7	0.91	0.85	0.92
45	0.79	0.87	0.87	0.88
50	0.7	0.82	0.67	0.84
55	0.61	0.76	0.57	0.8
60	0.5	0.71	0.45	0.75
65	-	0.65	-	0.7
70	-	0.58	-	0.65
75	-	0.5	-	0.6
80	-	0.41	-	0.54
85	-	-	-	0.47
90	-	-	-	0.4
95	-	-	-	0.32

^(a) За по-високи стойности на околната температура се консултирайте с производителя

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

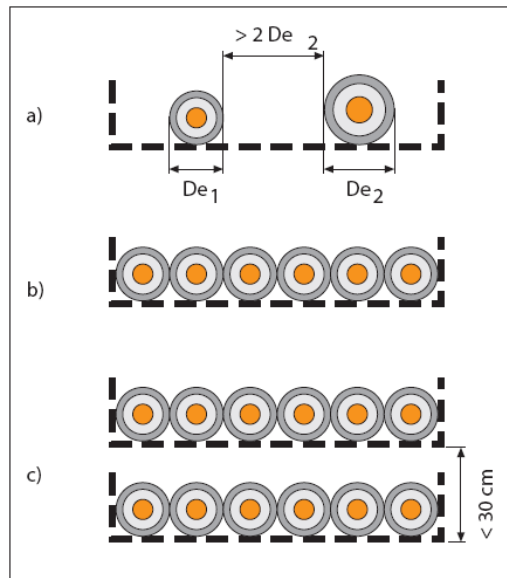
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Корекционен коефициент k_2

Допустимото токово натоварване се влияе от наличието на други кабели инсталирани в близост. Разсейването на топлината от единичен кабел е различно от това на същия кабел, положен близо до други проводници. Коефициентът k_2 е определен в зависимост от начина на полагане на кабели, разположени близко един до друг в ред или в сноп.

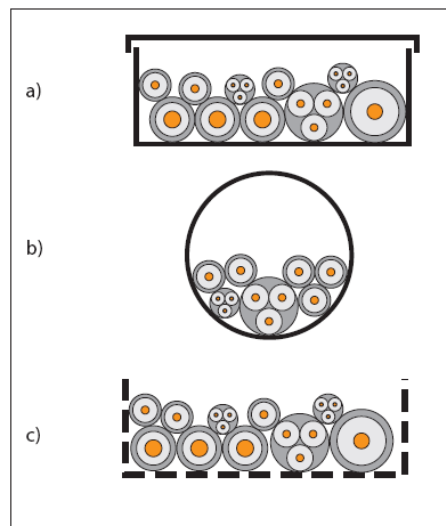
Определение на „кабели разположени в ред или в сноп“

В ред: Няколко кабелни вериги, положени успоредно една до друга, на разстояние или плътно, хоризонтално или вертикално. Кабели в ред се полагат на стена, лавица, таван, под или на вертикална кабелна скара;



Кабели в редове: а) на разстояние; б) плътно; в) на два реда

В сноп: Няколко кабелни вериги, които са една до друга и не са положени в ред. Няколко реда, положени върху една и съща опора (например лавица) се считат за сноп.



Кабелен сноп: а) в канал; б) в тръба; в) върху перфорирана лавица

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Стойността на корекционния коефициент k_2 е 1, когато:

- кабелите са на разстояние един от друг:

- два едножилни кабели, принадлежащи към различни вериги са на разстояние един от друг, ако разстоянието между тях е по-голямо от два пъти външния диаметър на кабела с по-голямото сечение;

- два многожилни кабели са на разстояние един от друг, когато разстоянието между тях е най-малко равно на външния диаметър на по-големия кабел;

- съседните кабели са натоварени по-малко от 30% от допустимото им токово натоварване.

Корекционните коефициенти за кабели в снопове или кабели в редове се изчисляват, като се приема, че сноповете се състоят от подобни кабели, които са еднакво натоварени. Група от кабели се счита, че се състои от подобни кабели, когато изчисляването на допустимото токово натоварване е базирано на същата максимална допустима работна температура и когато сечението на проводниците е в границите на три прилежащи стандартни сечения (т.е. от 10 до 25 мм²).

Коефициентът на редукия за сноп, съдържаща изолирани кабели с различни сечения или за кабели в тръби, кабелни канали или кабелни лавици е:

$$k_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

където:

- k_2 е редукиционния коефициент на групата;
- n е броя на веригите в снопа.

Полученият по тази формула редукиционен коефициент намалява опасността от претоварване на кабели с по-малко напречно сечение, но може да доведе до непълно оползотворяване на кабели с по-голямо напречно сечение. Такова непълно оползотворяване може да се избегне, ако не се смесват в една група кабели с голямо и с малко сечение.

В следващите таблици е показан редукиционният коефициент (k_2).

№	Разполагане (кабелите са допрени един до друг)	Брой на вериги или многожилни кабели											Да се използва с допустимото токово натоварване	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16		20
1	В снопове във въздуха, върху повърхност, вградени или в обвивка	1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38	Методи А до F
2	Единичен ред кабели на стена, под или неперфорирани лавица	1.00	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70				Метод С
3	Единичен ред кабели, закрепен директно под дървен таван	0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	Не е необходимо понататъшно редуциране за повече от 9 вериги или многожилни кабели			
4	Единичен ред кабели на перфорирани хоризонтална или вертикална лавица	1.00	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72				Методи Е и F
5	Единичен ред кабели на кабелна скара или рейка и т.н.	1.00	0.87	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78				

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

ЗАБЕЛЕЖКА 1 Тези коефициенти са приложими за унифициране на групи от кабели с еднакво натоварване.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 Когато хоризонталното разстояние между

прилежащите кабели превиши два пъти техния външен диаметър, не е необходимо да се прилага редуциционен коефициент

ЗАБЕЛЕЖКА 3 Едни и същи коефициенти се прилагат за:

- групи от два или три едножилни кабела;


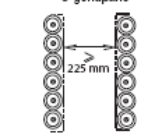

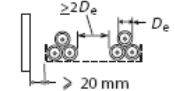
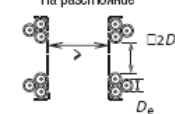
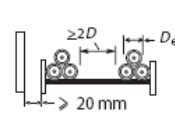
- многожилни кабели.

ЗАБЕЛЕЖКА 4 Ако системата се състои от двужилни и от трижилни

кабели, се взема общия брой на кабелите за брой на веригите и за

двужилните кабели се прилага съответния коефициент от таблиците за два натоварени проводника, а за трижилните кабели от таблиците за

три натоварени проводника.

	3	Брой на лавиците	Брой на трифазните вериги (Забележка 4)			Да се използва като множител за оразмеряване за	
			1	2	3		
Перфорирани лавици (Забележка 2)	31		1 2 3	0.98 0.96 0.95	0.91 0.87 0.85	0.87 0.81 0.78	Три кабела хоризонтално разположени
Вертикални перфорирани лавици (Забележка 3)	31		1 2	0.96 0.95	0.86 0.84	- -	Три кабела вертикално разположени
Скари, редки и т.н. (Забележка 2)	32 33 34		1 2 3	1.00 0.98 0.97	0.97 0.93 0.90	0.96 0.89 0.86	Три кабела хоризонтално разположени
Перфорирани лавици (Забележка 2)	31		1 2 3	1.00 0.97 0.96	0.98 0.93 0.92	0.96 0.89 0.86	
Вертикални перфорирани лавици (Забележка 3)	31		1 2	1.00 1.00	0.91 0.90	0.89 0.86	Три кабела в триъгълна група
Скари, редки и т.н. (Забележка 2)	32 33 34		1 2 3	1.00 0.97 0.96	1.00 0.95 0.94	1.00 0.93 0.90	

ЗАБЕЛЕЖКА 1 Коефициентите са дадени за единични редове кабели (или за триъгълни групи), както е показано в таблицата, и не се отнасят за кабели, положени в повече от един ред доприращи се един до друг. Стойностите за такава инсталация могат да бъдат значително по-ниски и трябва да се определят по подходящ метод.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 Стойностите са дадени за вертикално разстояние между лавиците 300 мм. За по-малко разстояние коефициентите трябва да бъдат редуцирани.

ЗАБЕЛЕЖКА 3 Стойностите са дадени за хоризонтално разстояние между лавиците 225 мм с монтирани лавици гръб към гръб и най-малко 20 мм между лавица и стена. За по-малки разстояния коефициентите трябва да бъдат редуцирани.

ЗАБЕЛЕЖКА 4 За вериги с повече от един кабел в паралел на фаза, всеки трифазен набор от проводници трябва да се разглежда като верига при прилагане на тази таблица.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

	3	Брой на лавиците	Брой кабели						
			1	2	3	4	6	9	
Перфориранни лавици (Забележка 2)	31	С допиране	1	1.00	0.88	0.82	0.79	0.76	0.73
			2	1.00	0.87	0.80	0.77	0.73	0.68
			3	1.00	0.86	0.79	0.76	0.71	0.66
		На разстояние	1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	-
			2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87	-
			3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85	-
Вертикални перфориранни лавици (Забележка 3)	31	С допиране	1	1.00	0.88	0.82	0.78	0.73	0.72
			2	1.00	0.88	0.81	0.76	0.71	0.70
		На разстояние	1	1.00	0.91	0.89	0.88	0.87	-
			2	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85	-
			3	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85	-
			4	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85	-
Скари, редки и т.н. (Забележка 2)	32	С допиране	1	1.00	0.87	0.82	0.80	0.79	0.78
			2	1.00	0.86	0.80	0.78	0.76	0.73
			3	1.00	0.85	0.79	0.76	0.73	0.70
	33 34	На разстояние	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
			2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	-
			3	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93	-

ЗАБЕЛЕЖКА 1 Коефициентите са дадени за единични редове кабели, както е показано по-горе, и не се отнасят за кабели, положени в повече от един ред, допиращи се един до друг. Стойностите за такава инсталация могат да бъдат значително по-ниски и трябва да се определят по подходящ метод.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 Стойностите са дадени за вертикално разстояние между лавиците 300 мм и най-малко 20 мм между лавица и стена. За по-малко разстояние коефициентите трябва да бъдат редуцирани.

ЗАБЕЛЕЖКА 3 Стойностите са дадени за хоризонтално разстояние между лавиците 225 мм с монтирани лавици гръб към гръб. За по-малки разстояния коефициентите трябва да бъдат редуцирани.

Обобщение:

За определяне сечението на кабелите се използват следните процедури:

1. От Таблица 3 се определя метода на полагане;
2. От Таблица 4 се определя корекционния коефициент k_1 в зависимост от изолационния материал и температурата на околната среда;
3. Използва се Таблица 5 за кабели, положени в ред или сноп, Таблица 6 за едножилни кабели в ред на няколко опори, Таблица 7 за многожилни кабели в ред на няколко опори или се използва формулата, дадена за случая на група кабели с различни сечения за определяне корекционния коефициент k_2 , съответстващ на броя на веригите или многожилните кабели;
4. Изчислява се стойността на тока I'_b като се раздели тока на товара I_b (или номиналният ток на защитното устройство) на произведението на изчислените корекционни коефициенти:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = \frac{I_b}{I_{tot}}$$

5. От Таблица 8 или Таблица 9 в зависимост от метода на полагане, изолацията и проводящия материал и от броя на проводниците под напрежение се определя сечението на кабела с токово натоварване $I_0 \geq I'_b$;

6. Действителното допустимо токово натоварване на кабела се изчислява като $I_z = I_0 k_1 k_2$.

Таблица 9: Допустимо токово натоварване на кабели с минерална изолация

	Метод на полагане	C						E или F						G				
		Температура на металната защитна обвивка 70°C			Температура на металната защитна обвивка 105°C			Температура на металната защитна обвивка 70°C			Температура на металната защитна обвивка 105°C			Температура на металната защитна обвивка 70°C		Температура на металната защитна обвивка 105°C		
		Покрити с поливинилхлорид или неизолирани достъпни за допир			Неизолирани кабели недостъпни за допир			Покрити с поливинилхлорид или неизолирани достъпни за допир			Неизолирани кабели недостъпни за допир			Покрити с поливинилхлорид или неизолирани достъпни за допир		Неизолирани кабели недостъпни за допир		
	Натоварени проводници																	
	s [mm ²]	2	3	3	2	3	3	2	3		3	2	3	3	3	3	3	3
500 V	1.5	23	19	21	28	24	27	25	21		23	31	26	29	26	29	33	37
	2.5	31	26	29	38	33	36	33	28		31	41	35	39	34	39	43	49
	4	40	35	38	51	44	47	44	37		41	54	46	51	45	51	56	64
	6	45	37	41	55	47	53	47	40		45	60	50	56	49	56	61	70
750 V	1.5	25	21	23	31	26	30	26	22		26	33	28	32	28	32	35	40
	2.5	34	28	31	42	35	41	36	30		34	45	38	43	37	43	47	54
	4	45	37	41	55	47	53	47	40		45	60	50	56	49	56	61	70
	6	57	48	52	70	59	67	60	51		57	76	64	71	62	71	78	89
	10	77	65	70	96	81	91	82	69		77	104	87	96	84	95	105	120
	16	102	86	92	127	107	119	109	92		102	137	115	127	110	125	137	157
	25	133	112	120	166	140	154	142	120		132	179	150	164	142	162	178	204
	35	163	137	147	208	171	187	174	147		161	220	184	200	173	197	216	248
	50	202	169	181	251	212	230	215	182		198	272	228	247	213	242	266	304
	70	247	207	221	307	260	280	264	223		241	333	279	300	259	294	323	370
	95	296	249	264	369	312	334	317	267		289	400	335	359	309	351	385	441
	120	340	286	303	424	359	383	364	308		331	460	385	411	353	402	441	505
	150	388	327	346	485	410	435	416	352		377	526	441	469	400	454	498	565
185	440	371	392	550	465	492	472	399		426	596	500	530	446	507	557	629	
240	514	434	457	643	544	572	552	466		496	697	584	617	497	565	624	704	

ЗАБЕЛЖЕКА 1 При едножилни кабели защитната обвивка на кабелите във веригата е монолитна.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 При голи кабели достъпни за допир стойностите трябва да се умножат с 0,9.

ЗАБЕЛЕЖКА 3 D_e е външният диаметър на кабела.

ЗАБЕЛЕЖКА 4 При температура на металната защитна обвивка 105°C не се прави корекция за групиране

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Полагане в земята: избиране на сечение в зависимост от допустимото токово натоварване и типа на полагане
Допустимото токово натоварване на кабел, положен в земята, се изчислява по следната формула:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3 = I_0 k_{tot}$$

където:

- I_0 е допустимото токово натоварване на единичен проводник за полагане в земя при 20°C температура;
- k_1 е корекционният коефициент за температурата на земята, различна от 20°C;
- k_2 е корекционният коефициент за близко положени кабели;
- k_3 е корекционният коефициент, ако специфичното топлинно съпротивление на почвата е различно от приетата стойност 2,5 Km/W.

Корекционен коефициент k_1

Допустимото токово натоварване на кабели, положени в земята, се отнася за температура на почвата 20°C. Ако температурата на почвата е различна от тази стойност, трябва да се използва корекционния коефициент k_1 , показан в Таблица 10 в зависимост от изолационния материал.

Таблица 10: Корекционни коефициенти за температура на почвата, различна от 20°C

Температура на почвата °C	Изолация	
	Поливинилхлорид	XLPE и EPR
10	1	1.07
15	1.05	1.04
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.8
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
6	-	0.6
70	-	0.53
5	-	0.46
80	-	0.38

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k_2 S_2$)

Корекционен коефициент k_1

Допустимото токово натоварване се влияе от наличието на други кабели, положени в близост. Разсейването на топлината от единичен кабел е различно от това на същия кабел, положен близо до други проводници.

Корекционният коефициент k_2 се получава по следната формула:

$$k_2 = k_2' k_2''$$

В Таблицы 11, 12 и 13 са показани стойностите на k^2 за едножилни и многожилни кабели, които са положени директно в земята, или които са положени в заровени тръби в зависимост от разстоянието им до други кабели или разстоянието между тръбите.

Таблица 11: Редукционни коефициенти за кабели, положени директно в земята

Бой на веригите	Разстояния от кабел до кабел а)				
	Нула (допиране на кабелите)	Един кабелен диаметър	0.125 m	0.25 m	0.5 m
2	0.75	0.8	0.85	0.9	0.9
	.65	0.7	0.75	0.8	0.8
4	0.6	0.6	0.7	0.75	0.8
5	0.55	.55	0.6	0.7	0.8
6	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8

Многожилни кабели:



Едножилни кабели:



ЗАБЕЛЕЖКА Дадените стойности се отнасят за дълбочина на полагане 0,7 m и специфично топлинно съпротивление на почвата 2,5 Km/W .

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

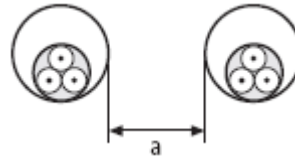
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 12: Редукционни коефициенти за многожилни кабели, положени в единични кабелни канали в земята

Брой на веригите	Разстояние от кабел до кабел (a)			
	Нула (допиране на кабелите)	0.25 m	0.5 m	1.0 m
2	0.85	0.9	0.95	0.95
3	0.75	0.85	0.9	0.95
4	0.7	0.8	0.85	0.9
	0.65	0.8	0.85	.9
6	0.6	0.8	0.8	0.

Многожилни кабели



ЗАБЕЛЕЖКА Дадените стойности се отнасят за дълбочина на полагане 0,7 m и топлинно специфично съпротивление на почвата 2,5 Km/W.

Таблица 13: Редукционни коефициенти за едножилни кабели, положени в единични кабелни канали в земята

Брой едножилни вериги от два или три кабела	Разстояние от ръба до ръба (a)			
	Нула (допиране на тръбите)	0.25 m	0.5 m	1.0 m
2	0.8	0.9	0.9	0.95
3	0.7	0.8	0.85	0.9
4	0.65	0.75	0.8	0.9
5	0.6	0.7	0.8	0.9
6	0.6	0.7	0.	0.9

Едножилни кабели:



ЗАБЕЛЕЖКА Дадените стойности се отнасят за дълбочина на полагане 0,7 m и топлинно специфично съпротивление на почвата 2,5 Km/W.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

За корекционен коефициент k_2''

• За кабели, положени директно в земята, или ако няма други проводници в същата тръба, стойността на k_2'' е 1;

• Ако няколко проводника с подобни размери се намират в една и съща тръба (значението на “група от подобни проводници” вижте по-горе), k_2'' се получава от първия ред на Таблица 5;

• Ако проводниците са с различни размери, корекционният коефициент се изчислява по формулата:

$$k_2'' = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

където

n е броят на веригите в тръбата.

Корекционен коефициент k_3

Специфичното топлинно съпротивление на почвата оказва влияние на разсейването на топлината в нея.

Почви с ниско специфично топлинно съпротивление спомагат за разсейването на топлината, докато почви с

високо топлинно съпротивление ограничават разсейването на топлината. В IEC 60364-5-52 е дадена референтна стойност за специфичното топлинно съпротивление на почвата 2,5 Km/W.

Таблица 14: Корекционни коефициенти за специфично топлинно съпротивление на почвата, различно от 2,5 Km/W

Специфично топлинно съпротивление Km/W	1.5	2	2.5	3	
Корекционен коефициент	1.18	1.1	1.05	1	0.96

ЗАБЕЛЕЖКА 1: Общата точност на корекционните коефициенти е в границите 5%.

ЗАБЕЛЕЖКА 2: Корекционните коефициенти са приложими за кабели, изтеглени в положени в земята тръби; за кабели, положени директно в земята, корекционните коефициенти за специфично топлинно съпротивление по-малко от 2,5 Km/W, ще бъдат по-големи. Когато са необходими по-точни стойности, те могат да се изчислят по методите, описани в IEC 60287.

ЗАБЕЛЕЖКА 3: Корекционните коефициенти се прилагат за тръби, положени на дълбочина до 0,8 м.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Като обобщение:

За определяне сечението на кабелите се използва следната процедура:

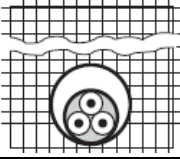
1. От Таблица 10 се определя корекционния коефициент k_1 в зависимост от изолационния материал и температурата на почвата;
2. От Таблица 11, Таблица 12, Таблица 13 или от формулата за групи кабели с различни размери се определя корекционния коефициент k_2 в зависимост от разстоянието между кабелите или тръбите;
3. От Таблица 14 се определя корекционния коефициент k_3 , съответстващ на специфичното топлинно съпротивление на почвата;
4. Изчислява се стойността на тока I'_b като се раздели тока на товара I_b (или номиналният ток на защитното устройство) на произведението на изчислените корекционни коефициенти:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2 k_3} = \frac{I_b}{k_{tot}}$$

5. От Таблица 15 се определя сечението на кабелите с $I_0 > I'_b$ в зависимост от метода на полагане, изолацията, проводящия материал и броя на проводниците под напрежение;
6. Действителното допустимо токово натоварване се изчислява чрез:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3$$

Таблица 15: Допустимо токово натоварване на кабели, положени в земята

S[mm ²]	Метод на полагане	D							
									
	Проводник	Cu				Al			
		Изолаци		PVC		XLPE EPR		PVC	
Натоварени проводници	2	3	2	3	2	3	2	3	
1.5		26	22	22	18				
2.5		34	9	29	24	26	22	22	18.5
4		44	37	38	31	34	2	29	4
6		6	46	47	39	42	36	36	30
0		73	61	63	52	56	47	48	40
16		95	79	81	67	73	61	62	52
5		121	101	104	86	93	78	80	66
35		146	122	125	03	112	94	96	80
50		173	144	148	122	132	112	113	94
70		213	178	183	151	163	138	140	117
95		252	211	216	179	193	164	166	138
120		287	240	246	203	220	186	189	157
150		324	271	278	230	249	210	213	178
185		363	304	312	258	279	236	240	200
240		419	351	361	297	322	272	277	230
300		474	396	408	336	364	308	313	260

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

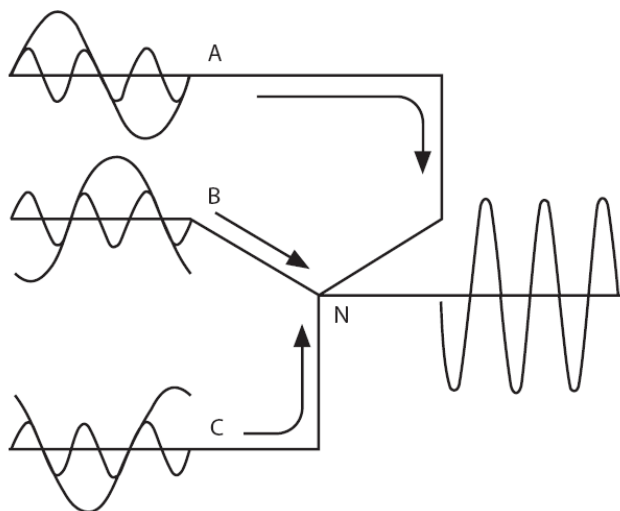
Забележки относно таблиците за допустимо токово натоварване на проводници

Таблицы 8, 9 и 15 дават допустимото токово натоварване на проводници, провеждащи ток при нормални работни условия. В еднофазните вериги броят на натоварените проводници е два. В балансираните или леко небалансирани трифазни вериги броят на натоварените проводници е три, тъй като токът в нулевия проводник е пренебрежим. В трифазните системи с голям дисбаланс, нулвият проводник провежда ток, получен от дисбаланса във фазовите токове. Увеличението на температурата, дължащо се на тока в нулвата, се коменсира от намаляването на топлината генерирана от един или повече от фазовите проводници. В този случай размерът на проводника трябва да се избере на базата на най-високия фазов ток. Във всички случаи нулвият проводник трябва да има подходящо сечение.

Въздействие на хармоничните токове върху балансираните трифазни системи: редуциционни коефициенти за хармонични токове в четирижилни и петжилни кабели с четири токопроводящи жила

Когато нулвият проводник провежда ток без съответна редукция в товара на фазовите проводници, токът, протичащ в нулвия проводник, трябва да бъде взет предвид при определяне на допустимото токово натоварване на веригата.

Този ток в нулвата се дължи на фазовите токове, съдържащи хармоници, които не се компенсират взаимно в нулвия проводник. Най-значителният хармоник, който не се анулира в нулвата, обикновено е третият хармоник. Стойността на тока в нулвата, дължащ се на третия хармоник, може да превиши стойността на тока със зададената честота. В такъв случай тока в нулвата ще има значително въздействие върху допустимото токово натоварване на веригата.



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Устройствата, които често създават значителни хармонични токове, са например флуоресцентните лампи и постоянно-токовите захранващи блокове, като тези използвани в компютрите (повече информация относно хармоничните смущения вижте в IEC 61000).

Редукционните коефициенти, дадени в Таблица 16, се отнасят само за балансираните трифазни вериги (токът в четвъртия проводник се дължи само на хармониците) и за кабели, където неутралният проводник е вътре в четирижилен или петжилен кабел, от същия материал е и е със същото сечение като фазовите проводници. Тези редуционни коефициенти са изчислени на базата на третия хармоничен ток. Ако се очакват значителни, т.е. повече от 10%, високи хармоници (например 9-ти, 12-ти и т.н.) или има изместване на фазите с повече от 50%, то могат да се прилагат по-малки редуционни коефициенти: тези коефициенти могат да се изчислят само като се вземе предвид реалната форма на тока в натоварените фази.

Когато се очаква неутралният ток да е по-висок от фазовия ток, то сечението на кабела трябва да се избере на базата на неутралния ток.

Когато изборът на сечението на кабела се базира на неутралния ток, който не е значително по-висок от фазовия ток, е необходимо да се редуцира табличното допустимо токово натоварване за трите натоварени проводника.

Ако неутралният ток е повече от 135% от фазовия ток и размерът на кабела е избран на базата на неутралния ток, тогава трите фазови проводника няма да бъдат напълно натоварени. Редукцията в топлината, генерирана от фазовите проводници, ще компенсира топлината, генерирана от неутралния проводник до степен, че няма да е необходимо да се прилага редуционен коефициент към допустимото токово натоварване за трите натоварени проводника.

Таблица 16: Редуционни коефициенти за хармонични токове в четирижилни и петжилни кабели

%	Изборът на размера се базира на фазов ток	Ток, който трябва да се вземе предвид за избора на кабел I_b'	Изборът на размера се базира на неутрален ток	Ток, който трябва да се вземе предвид за избора на кабел I_b'
0-15	1	$I_b' = \frac{I_b}{k_{tot}}$	-	-
15-30	0.86	$I_b' = \frac{I_b}{k_{tot} \cdot 0.86}$	-	-
33-45	-	-	0.86	$I_b' = \frac{I_N}{0.86}$
>45	-	-	1	$I_b' = I_N$

Където I_N е токът, протичащ в неутралата, изчислен по формулата:

$$I_N = \frac{I_b}{k_{tot}} \cdot 3 \cdot k_{III}$$

I_b е тока на товара; k_{tot} е крайния корекционен коефициент; k_{III} е съдържанието на третия хармоник във фазовия ток;

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Пример за оразмеряване на кабел в балансирана трифазна верига без хармоници

Оразмеряване на кабел със следните характеристики:

Материал на проводника: мед

• Материал на изолацията: поливинилхлорид

• Тип на кабела: многожилен

• Полагане: в кабелен сноп върху хоризонтална перфорирана лавица

Условия на средата:

• Ток на товара: 100 А

• Околна температура: 40°C

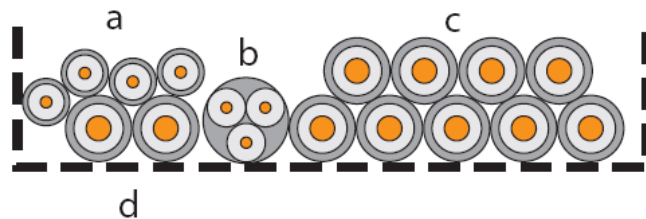
• Съседни вериги с

а) трифазна верига, състояща се от 4 едножилни кабела, 4 x 50 мм²;

б) трифазна верига, състояща се от един многожилен кабел, 1x(3x50)мм²;

с) трифазна верига, състояща се от 9 едножилни (по 3 на фаза) кабела, 9x95 мм²;

д) еднофазна верига, състояща се от 2 едножилни кабела, 2x70 мм².



Процедура:

Тип на полагане:

В Таблица 3 може да се намери номера и метода на полагане, който да се използва при изчисленията.

В този пример номера е 31, който отговаря на метод Е (многожилен кабел върху лавица).

Корекционен коефициент за температура k_1

От Таблица 4 за температура 40°C и материал на изолация поливинилхлорид, $k_1=0.87$.

$$k_1=0.87$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k_2 S_2$)

За многожилни кабели, групирани върху перфорирана лавица, вижте Таблица 5. Като първа стъпка трябва да се определи броя на веригите или многожилните кабели като се има предвид, че:

- Всяка от веригите а), б) и д) образува отделна собствена верига;
- Веригата с) се състои от три вериги, тъй като е съставена от по три паралелни кабели за фаза;
- Кабелът, който трябва да се оразмери, е многожилен кабел и следователно представлява единична верига; общият брой на веригите е 7.

Като засечем в таблицата реда за типа разполагане (кабели в сноп) и колоната за броя на веригите (7), получаваме:

$$k_2=0.54$$

След като са определени k_1 и k_2 , I'_b се изчислява по формулата:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = \frac{100}{0.87 \cdot 0.54} = 212.85 \text{ A}$$

От Таблица 8 за многожилен меден кабел с поливинилхлоридна изолация, метод на полагане Е и с три натоварени проводника, се получава сечение с допустимо токово натоварване $I_0 > I'_b = 212.85 \text{ A}$. Кабел със сечение 95 mm^2 може да провежда 238 A при съответните условия съгласно стандарта.

Допустимото токово натоварване в зависимост от действителните условия на инсталацията е $I_z = 238 \cdot 0,87 \cdot 0,54 = 111,81 \text{ A}$.

Пример за оразмеряване на кабел в балансирана трифазна верига със значително съдържание на трети хармоник

Оразмеряване на кабел със следният характер стики:

Материал на проводника:	мед
• Материал на изолацията:	поливинилхлорид
• Тип на кабела:	многожилен
• Полагане:	ред върху хоризонтална перфорирана лавица

Условия на средата:

- Ток на товара: 115 A
- Околна температура: 30°C
- Без съседни вериги.

Процедура:

Тип на полагане:

В Таблица 3 може да се намери номера и метода на полагане, който да се използва при изчисленията.

В този пример номера е 31, който отговаря на метод Е (многожилен кабел върху лавица).

Корекционен коефициент за температура k_1

От Таблица 4 за температура 30°C и материал на изолация поливинилхлорид, $k_1=1$.

$$k_1=1$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Корекционен коефициент за съседни кабели k_2

Тъй като няма съседни кабели, то $k_2 = 1$.

$$k_2 = 1$$

След като са определени k_1 и k_2 , I'_b се изчислява по формулата:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = 115 \text{ A}$$

Ако няма хармоници, от Таблица 8 за многожилен меден кабел с поливинилхлоридна (PVC) изолация, метод на полагане Е и с три натоварени проводника, се получава сечение с допустимо токово натоварване $I_0 > I'_b = 115 \text{ A}$.

Кабел със сечение 35 mm^2 може да провежда 126 A при референтни условия съгласно стандарта.

Допустимото токово натоварване в зависимост от действителните условия на инсталацията е също 126 A , тъй като коефициентите k_1 и k_2 имат стойност 1.

Нека приемем, че съдържанието на третия хармоник е 28%.

От Таблица 16 се вижда, че при съдържание на третия хармоник от 28% кабелът трябва да е оразмерен за тока, който тече по фазовите проводници, но корегирани с корекционен коефициент равен на 0.86. Токът I'_b става:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2 \cdot 0.86} = \frac{115}{0.86} = 133.7 \text{ A}$$

От Таблица 8 трябва да се избере кабел с напречно сечение равно на 50 mm^2 с допустимо токово натоварване 153 A .

Ако съдържанието на третия хармоник е 40%, от Таблица 16 се вижда, че кабелът трябва да се оразмери в зависимост от тока в неутралния проводник и трябва да се приложи редукиционен коефициент равен на 0.86.

Токът в неутралния проводник е:

$$I_N = \frac{I_b}{k_{tot}} \cdot 3 \cdot k_{III} = 115 \cdot 3 \cdot 0.4 = 138 \text{ A}$$

а стойността на тока I'_b е:

$$I'_b = \frac{I_N}{0.86} = \frac{138}{0.86} = 160.5 \text{ A}$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

2.2.2 Пад на напрежение

В една електрическа инсталация е важно да се знаят падовете на напрежение от точката на захранване до товара.

Работните характеристики на устройствата могат да бъдат влошени, когато напрежението е различно от номиналното. Например:

- **Двигатели:** въртящият момент е пропорционален на квадрата на напрежението на захранването; следователно при спадане на напрежението пусковият въртящ момент също ще спадне, това създава трудности при пускане на двигателя; максималният въртящ момент също ще се понижи;
- **Лампи с нажежаема жичка:** колкото повече спадне напрежението, толкова по-слаб става лъчът и светлината придобива червен оттенък;
- **Газоразрядни лампи:** по принцип те не са много чувствителни към малки промени в напрежението, но в определени случаи големите промени могат да причинят изгасването им;
- **Електронни уреди:** те са много чувствителни към промените в напрежението и поради това са оборудвани със стабилизатори;
- **Електромеханични устройства:** съответният стандарт определя, че за устройства като контактори и спомагателни защитни блокове има минимално напрежение, под което техните работни характеристики не могат да бъдат гарантирани. За контакторите например задържането на контактите става ненадежно при напрежение под 85% от номиналното.

За ограничаване на тези проблеми стандартите задават следните граници:

- IEC 60364-5-52 “Електрически инсталации на сгради. Избор и монтаж на електрическо оборудване – Проводникови системи” Член 525 гласи, че “при отсъствие на други съображения се препоръчва на практика падът на напрежение между източника на захранване и оборудването да не бъде по-голям от 4% от номиналното напрежение на инсталацията”. Други съображения включват пусковото време на двигатели и друго оборудване с висок пусков ток. Временни условия като преходни напрежения и промени в напрежението при аномална работа могат да не бъдат разглеждани.
- IEC 60204-1 “Безопасност на машини – Електрическо оборудване на машини – Общи изисквания” Член 13.5 препоръчва: “Падът на напрежение от точката на захранване до товара не трябва да превишава 5% от номиналното напрежение при нормални условия на работа”.
- IEC 60364-7-714 “Електрически инсталации на сгради – Изисквания за специални инсталации или места – Външни осветителни инсталации” Член 714.512 изисква: ”Падът на напрежение при нормална работа трябва да съответства на условията, произтичащи от пусковия ток на лампите”.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Изчисляване пада на напрежение

За електрически проводник с импеданс Z падът на напрежение се изчислява по следната формула:

$$\Delta U = kZI_b = kI_b \frac{L}{n} (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \text{ [V]} \quad (1)$$

където

- k е коефициент, равен на
 - 2 за еднофазни и двуфазни системи;
 - 3 за трифазни системи;
- I_b [A] е тока на товара; ако няма такава информация, се взема допустимото токово натоварване на кабела;
- L [km] е дължината на проводника;
- n е броят на паралелните проводници за фаза;
- r [Ω /km] е активното съпротивление на единичния кабел за километър;
- x [Ω /km] е реактивното съпротивление на единичния кабел за километър;
- $\cos \varphi$ е фактора на мощността на товара:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$$

Обикновено процентната стойност по отношение на номиналната стойност U_r се изчислява по следния начин:

$$\Delta u \% = \frac{\Delta U}{U_r} 100 \quad (2)$$

Стойностите на активното и реактивно съпротивления за единица дължина се определят в следващата таблица според площта на сечението и състава на кабела за 50 Hz; в случай на 60 Hz, реактивното съпротивление трябва да се умножи на 1,2.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 1: Съпротивление и реактивно съпротивление за единица дължина на медни кабели

S [mm ²]	едножилни кабели		дву/ трижилни кабели	
	r [Ω /km] @80 [°C]	x [Ω /km]	r [Ω /km] @80 [°C]	x [Ω /km]
1.5	14.8	0.16	15.1	0.118
2.5	8.91	0.156	9.08	0.109
4	5.57	0.143	5.68	0.101
6	3.71	0.135	3.78	0.0955
10	2.24	0.119	2.27	0.0861
16	1.41	0.112	1.43	0.0817
25	0.889	0.106	0.907	0.0813
35	0.641	0.101	0.654	0.0783
50	0.473	0.10	0.483	0.0779
70	0.328	0.0965	0.334	0.0751
95	0.236	0.0975	0.241	0.0762
120	0.188	0.0939	0.191	0.074
150	0.153	0.0928	0.157	0.0745
185	0.123	0.0908	0.125	0.0742
240	0.0943	0.0902	0.0966	0.0752
300	0.0761	0.0895	0.078	0.075

Таблица 2: Съпротивление и реактивно съпротивление за единица дължина на алуминиеви кабели

S [mm ²]	едножилни кабели		дву/ трижилни кабели	
	r [Ω /km] @80 [°C]	x [Ω /km]	r [Ω /km] @80 [°C]	x [Ω /km]
1.5	24.384	0.168	24.878	0.118
2.5	14.68	0.156	14.96	0.10
4	9.177	0.143	9.358	0.101
6	6.112	0.135	6.228	0.0955
10	3.691	0.119	3.74	0.0861
16	2.323	0.112	2.356	0.0817
25	1.465	0.106	1.494	0.0813
35	1.056	0.101	1.077	0.0783
50	0.779	0.101	0.796	0.0779
70	0.54	0.0965	0.55	0.0751
95	0.389	0.0975	0.397	0.0762
120	0.31	0.0939	0.315	0.074
150	0.252	0.0928	0.259	0.0745
185	0.203	0.0908	0.206	0.0742
240	0.155	0.0902	0.159	0.0752
300	0.125	0.0895	0.129	0.075

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В следващата таблица са показани стойностите на $\Delta U_x [V/(A.km)]$ според площта на сечението и състава на кабела за най-често срещаните стойности на $\cos \varphi$.

Таблица 3: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 1$ за медни кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 1$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	29.6	25.63	30.2	26.1
2.5	17.82	15.43	18.16	15.73
4	11.14	9.65	11.36	9.84
6	7.42	6.43	7.56	6.55
10	4.48	3.88	4.54	3.93
16	2.82	2.44	2.86	2.48
25	1.78	1.54	1.81	1.57
35	1.28	1.11	1.31	1.3
50	0.95	0.82	0.97	0.84
70	0.66	0.57	0.67	0.58
95	0.47	0.41	0.48	0.42
120	0.38	0.33	0.38	0.33
150	0.31	0.27	0.31	0.27
185	0.25	0.21	0.25	0.22
240	0.19	0.16	0.19	0.17
300	0.15	0.13	0.16	0.14

Таблица 4: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0,9$ за медни кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 0,9$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	26.79	23.2	27.28	23.63
2.5	16.17	14.01	16.44	14.24
4	10.15	8.7	10.31	8.93
6	6.8	5.89	6.89	5.96
10	4.14	3.58	4.16	3.
16	2.64	2.28	2.65	2.29
25	1.69	1.47	1.	1.48
35	1.24	1.08	1.25	1.08
50	0.94	0.81	0.94	0.81
70	0.67	0.58	0.67	0.58
95	0.51	0.44	0.5	0.43
120	0.42	0.36	0.41	0.35
150	0.36	0.31	0.35	0.3
185	0.3	0.26	0.29	0.25
240	0.25	0.22	0.24	0.21
300	0.22	0.19	0.21	0.18

Таблица 5: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0.85$ за медни

Съдържание Част 1

кабели

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

$\cos \varphi = 0.85$

S [mm ²]	едножилни кабели		дву или трижилни кабели	
	еднофазни	трифазни	кабели	
			кабели	
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	25.34	21.94	25.79	22.34
2.5	15.31	13.26	15.55	13.47
4	9.62	8.33	9.76	8.45
6	6.45	.59	6.53	5.65
10	3.93	3.41	3.95	3.42
16	.51	2.18	2.52	2.18
25	1.62	1.41	1.63	1.41
35	1.2	1.04	1.19	1.03
50	0.91	0.79	0.9	0.78
70	0.66	0.57	0.65	0.56
95	0.5	0.44	0.49	0.42
120	0.42	0.36	0.4	0.35
150	0.36	0.31	0.35	0.3
185	0.3	0.26	0.29	0.25
240	0.26	0.22	0.24	0.21
300	0.22	0.19	0.21	0.18

Таблица 6: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0,8$ за медни кабели

$\cos \varphi = 0,8$

S [mm ²]	едножилни кабели		двужилни трижилни кабели	
	еднофазни	трифазни	кабели	
			кабели	
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	23.88	20.68	24.3	21.05
2.5	14.44	12.51	14.66	12.69
4	9.08	7.87	9.21	7.98
6	6.1	5.28	6.16	5.34
10	3.7	3.23	3.74	3.23
16	2.39	2.07	2.39	2.07
25	1.55	1.34	1.55	1.34
35	1.15	0.99	1.14	0.99
50	0.88	0.76	0.87	0.75
70	0.64	0.55	0.62	0.54
95	0.49	0.43	0.48	0.41
120	0.41	0.36	0.39	0.34
150	0.36	0.31	0.34	0.29
185	0.31	0.26	0.29	0.25
240	0.26	0.22	0.24	0.21
300	0.23	0.2	0.21	0.19

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 7: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0.75$ за медни кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 0.75$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	22.42	19.42	22.81	19.75
2.5	13.57	11.75	13.76	11.92
4	8.54	7.4	8.65	7.49
6	5.74	4.7	5.8	5.02
10	0.352	3.05	3.52	3.05
16	2.26	1.96	2.25	1.95
25	1.47	1.28	1.47	1.27
35	1.1	0.95	1.08	0.94
50	0.84	0.73	0.83	0.72
70	0.62	0.54	0.6	0.52
95	0.48	0.42	0.46	0.4
120	0.41	0.35	0.38	0.33
150	0.35	0.31	0.33	0.29
185	0.3	0.26	0.29	0.25
240	0.26	0.23	0.24	0.21
300	0.23	0.2	0.22	0.19

Таблица 8: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 1$ за алуминиеви кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 1$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	48.77	42.23	49.76	43.09
2.5	29.36	25.43	29.92	25.91
4	18.35	15.9	18.72	16.21
6	12.22	10.59	12.46	10.9
10	7.36	6.39	7.48	6.48
16	4.65	4.02	4.71	4.08
25	2.93	2.54	2.99	2.59
35	2.11	1.83	2.15	1.87
50	1.56	1.35	1.59	1.38
70	1.08	0.94	1.1	0.95
95	0.78	0.67	0.79	0.69
120	0.62	0.54	0.63	0.55
150	0.5	0.44	0.52	0.45
185	0.41	0.35	0.41	0.36
240	0.31	0.27	0.32	0.28
300	0.25	0.22	0.26	0.22

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 9: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0.9$ за алуминиеви кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 0.9$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	44.04	38.14	44.88	38.87
2.5	25.56	23	27.02	23.4
4	16.64	14.41	16.93	14.66
6	11 12	9.63	11.29	9.78
10	6.75	5.84	6.81	5.8
16	4.28	3.71	4.31	3.73
25	2.73	2.36	2.76	2.39
35	1.99	1.72	2.01	1.74
50	1.49	1.29	1.5	1.3
70	1.06	0.92	1.06	0.91
95	0.78	0.68	0.78	0.68
120	0.64	0.55	0.63	0.55
150	0.53	0.46	0.53	0.46
185	0.44	0.38	0.44	0.38
240	0.36	0.31	0.35	0.3
300	0.3	0.26	0.3	0.26

Таблица 10: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0.85$ за алуминиеви кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 0.85$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	41.63	36.05	42.42	36.73
2.5	25.12	21.75	25.55	22.12
4	15 75	13.64	16.02	13.87
6	10.53	9.12	10.69	9.26
10	6.4	5.54	6.45	5.58
16	4.07	3.52	4.09	3.54
25	2.6	2.25	2.63	2.27
35	1.9	1.65	1.91	1.66
50	1.43	1.24	1.43	1.24
70	1.02	0.88	1.01	0.88
95	0.76	0.66	0.76	0.65
120	0.63	0.54	0.61	0.53
150	0.53	0.46	0.52	0.45
185	0.44	0.38	0.43	0.37
240	0.36	0.31	0.35	0.3
300	0.31	0.27	0.3	0.26

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 11: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0.8$ за алуминиеви кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 0.8$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	39.22	33.96	39.95	34.59
2.5	23.67	20.5	24.07	20.84
4	14.85	12.86	15.09	13.07
	9.94	8.61	10.08	8.73
10	6.05	5.24	6.09	.27
16	3.85	3.34	3.87	3.35
25	2.47	2.14	2.49	2.16
35	1.81	1.57	1.82	1.57
50	1.37	1.18	1.37	1.18
70	0.98	0.85	0.97	0.84
95	0.74	0.64	0.73	0.63
120	0.61	0.53	0.59	0.51
150	0.51	0.45	0.5	0.44
185	0.43	0.38	0.42	0.36
240	0.36	0.31	0.34	0.3
300	0.31	0.27	0.3	0.26

Таблица 12: Специфичен пад на напрежение при $\cos \varphi = 0.75$ за алуминиеви кабели

S [mm ²]	$\cos \varphi = 0.75$			
	едножилни кабели		двужилни кабели	трижилни кабели
	еднофазни	трифазни	еднофазни	трифазни
1.5	36.8	31.87	37.47	32.45
2.5	22.23	19.25	22.58	19.56
4	13.5	12.08	14.17	12.27
6	9.35	8.09	9.47	8.2
10	5.69	4.93	5.72	4.96
16	3.63	3.15	3.64	3.15
25	2.34	2.02	2.35	2.03
35	1.72	1.49	1.72	1.49
50	1.3	1.13	1.3	1.12
70	0.94	0.81	0.92	0.8
95	0.71	0.62	0.7	0.6
120	0.59	0.51	0.57	0.49
150	0.5	0.43	0.49	0.42
185	0.42	0.37	0.41	0.35
240	0.35	0.31	0.34	0.29
300	0.31	0.27	0.29	0.25

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Пример 1

Да се изчисли падът на напрежение на трифазен кабел със следните спецификации:

- номинално напрежение: 400 V;
- дължина на кабела: 25 м;
- състав на кабела: едножилен меден кабел, 3x50 мм²;
- ток на товара I_b : 100 A;
- коефициента на мощност $\cos \varphi$: 0,9.

От Таблица 4, за 50 мм² едножилен кабел може да се намери, че U_x пад на напрежението съответства на 0,81 V/(A.km). Като умножим тази стойност с дължината в km и по тока в A, получаваме:

$$\Delta U = \Delta U_x \cdot I_b \cdot L = 0,81 \cdot 100 \cdot 0,025 = 2,03 \text{ V}$$

което съответства на следното процентно изражение:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} 100 = \frac{2,03}{400} \cdot 100 = 0,51\%$$

Пример 2

Да се изчисли падът на напрежение на трифазен кабел със следните спецификации:

- номинално напрежение: 690 V;
- дължина на кабела: 50 м;
- състав на кабела: многожилен меден кабел, 2x(3x10) мм²;
- ток на товара I_b : 50 A;
- коефициент на мощност $\cos \varphi$: 0,85.

От Таблица 5, за многожилен кабел 10 мм² може да се намери, че U_x пад на напрежението съответства на 3,42 V/(A.km). Като умножим тази стойност с дължината в km и по тока в A, и разделим на броя на паралелните кабели, получаваме:

$$\Delta U = \Delta U_x \cdot I_b \cdot \frac{L}{2} = 3,42 \cdot 50 \cdot \frac{0,05}{2} = 4,28 \text{ V}$$

което съответства на следното процентно изражение:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} 100 = \frac{4,28}{690} \cdot 100 = 0,62\%$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Метод на определяне на сечение на проводници в зависимост от пада на напрежение в случаите на дълги кабели

В случаите на дълги кабели или ако конкретни проекти налагат ниски граници за максимален пад на напрежение, тогава проверката, при която се използва като отправна стойност сечението на кабела, изчислено на базата на термичните съображения (съгласно глава 2.2.1 „Допустимо токово натоварване и методи на полагане”), може да има отрицателен резултат.

За да се определи правилното сечение се сравнява максималната стойност $\Delta U_{x\max}$, изчислена по формулата:

$$\Delta U_{x\max} = \frac{\Delta u\% \cdot U_r}{100 \cdot I_b \cdot L}$$

със съответната стойност от Таблицы 4÷12 като се избира най-малкото сечение със стойност U_x по-ниска от $U_{x\max}$.

Пример:

Захранване на трифазен товар с $P_u = 35 \text{ kW}$ ($U_r = 400 \text{ V}$, $f_r = 50 \text{ Hz}$, $\cos\varphi = 0,9$) с проводник с дължина 140 м, положен върху перфорирана лавица, състоящ се от многожилен меден кабел с изолация от EPR.

Максимално допустим пад на напрежение равен на 2%.

Токът на товара I_b е:

$$I_b = \frac{P_u}{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos\varphi} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 56 \text{ A}$$

От Таблица 8 на глава 2.2.1 се вижда, че $S = 10 \text{ mm}^2$.

От Таблица 4 за многожилен кабел 10 mm^2 може да се провери, че специалният пад на напрежение за А по km е $3,60 \text{ V}/(\text{A} \cdot \text{km})$. Чрез умножаване на тази стойност с дължината в km и с тока в А, се получава:

$$\Delta U = 3.60 \cdot I_b \cdot L = 3.6 \cdot 56 \cdot 0.14 = 28.2 \text{ V}$$

което съответства на следната процентна стойност:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} \cdot 100 = \frac{28.2}{400} \cdot 100 = 7.05\%$$

Тази стойност е твърде висока.

Формула (3) показва:

$$\Delta U_{x\max} = \frac{\Delta u\% \cdot U_r}{100 \cdot I_b \cdot L} = \frac{2\% \cdot 400}{100 \cdot 56 \cdot 0.14} = 1.02 \text{ V}/(\text{A} \cdot \text{km})$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

От Таблица 4 може да се избере сечение 50 mm^2 .

За това сечение $U_x = 0,81 < 1,02 \text{ V}/(\text{A}\cdot\text{km})$.

Като използваме тази стойност се получава:

$$\Delta U = \Delta U_x \cdot I_b \cdot L = 0.81 \cdot 56 \cdot 0.14 = 6.35 \text{ V}$$

Това съответства на следната процентна стойност:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} \cdot 100 = \frac{6.35}{400} \cdot 100 = 1.6\%$$

2.2.3 Загуби от ефекта на Джаул

Загубите от ефекта на Джаул се дължат на електрическото съпротивление на кабела. Изгубената енергия се разсейва като топлина и допринася за нагряването на проводника и на околната среда.

Първо приближение на трифазните загуби е:

$$P_j = \frac{3 \cdot r \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} [\text{W}]$$

като еднофазните загуби са:

$$P_j = \frac{2 \cdot r \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} [\text{W}]$$

където:

- I_b е токът на товара [A];
- r е фазовото съпротивление на единица дължина на кабела при 80°C [Ω/km] (виж Таблица 1);
- L е дължината на кабела [m].

Таблица 1: Стойности на съпротивлението [Ω/km] на едножилни и многожилни кабели от мед и алуминия при 80°C

S [mm^2]	едножилни кабели		дву/ трижилни кабели	
	Cu	Al	Cu	Al
1.5	14.8	24.3	15.1	24.878
2.5	8.91	14.68	9.08	14.96
4	5.57	9.177	5.68	9.358
6	3.71	6.112	3.78	6.228
10	2.24	3.691	2.27	3.74
16	1.41	2.32	1.43	2.356
25	0.889	1.465	0.907	1.494
35	0.641	1.056	0.654	1.077
50	0.473	0.779	0.483	0.796
70	0.328	0.54	0.334	0.55
95	0.236	0.389	0.241	0.397
120	0.188	0.31	0.191	0.315
150	0.153	0.252	0.157	0.259
185	0.123	0.203	0.125	0.206
240	0.0943	0.155	0.0966	0.159
300	0.0761	0.125	0.078	0.129

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

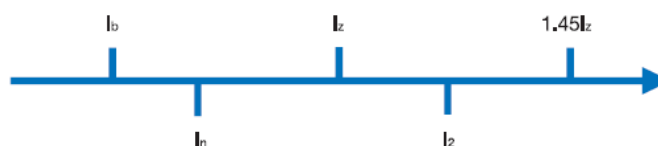
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Стандартът IEC 60364-4-43 “Електрически инсталации на сгради – защита от свръхток” определя координирането между проводниците и устройствата за защита от претоварване (поставени обикновено в началото на проводника, който трябва да бъде защитен), така че да са изпълнение следните две условия:

където:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$
$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

- I_b е токът, за който е оразмерена веригата;
- I_z е продължителното допустимо токово натоварване на кабела;
- I_n е номиналният ток на защитното устройство; за настройваеми защитни блокове I_n е настроенният ток;
- I_2 е токът, осигуряващ ефективна работа на защитното устройство за определен период от време.



Съгласно условие (1) за да се избере правилно защитното устройство е необходимо да се провери, че прекъсвачът има номинален (или настроен) ток, който е:

- по-висок от тока на товара за да се предотврати нежелано изключване;
- по-нисък от допустимото токово натоварване на кабела за да се предотврати претоварване на кабела.

Стандартът позволява ток на претоварване, който може да е с до 45% по-голям от допустимото токово натоварване на кабела, но само за ограничен период от време (установеното време на изключване на защитното устройство).

Проверката на условие (2) не е необходима в случай на използване на прекъсвач, защото защитното устройство изключва автоматично, ако:

- $I_2 = 1,3 I_n$ за прекъсвачи, съответстващи на IEC 60947-2 (прекъсвачи за промишлено приложение);
- $I_2 = 1,45 I_n$ за прекъсвачи, съответстващи на IEC 60898 (прекъсвачи за битови и подобни инсталации).

Следователно за прекъсвачи, ако $I_n \leq I_z$, формулата $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$ също ще бъде изпълнена.

Когато защитното устройство е стояем предпазител, важно е също така да се провери формула (2), защото IEC 60269-2-1 за “Стопяеми предпазител за ниско напрежение” определя, че ток с големина $1,6 \cdot I_n$ трябва автоматично да стопи предпазителя. В този случай формула (2) става $1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z$ или $I_n \leq 0,9 \cdot I_z$ □

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

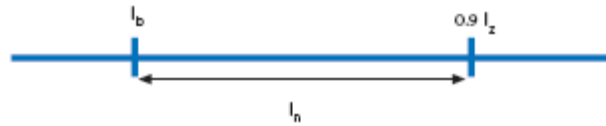
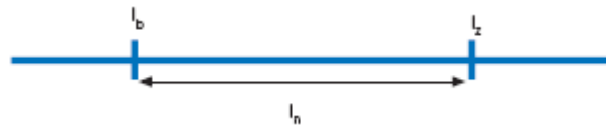
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Да обобщим: За да се осигури защита от претоварване със стопяем предпазител, трябва да се постигне следното:

$$I_b \leq I_n \leq 0.9 \cdot I_z$$

и това означава, че кабелът не се експлоатира изцяло.



Когато не е възможно използване на единичен проводник за фаза и токовете в паралелните проводници не са равни, проектният ток и изискванията за защита от претоварване за всеки проводник трябва да се разглеждат поотделно.

Примери

Пример 1

Спецификации на товара:

$P_r = 70\text{kW}$; $U_r = 400\text{ V}$; $\cos \varphi = 0,9$; трифазен товар с $I_b = 112\text{ A}$

Спецификации на кабела:

$I_z = 134\text{ A}$

Спецификации на защитното устройство:

T1B160 TMD $I_n 125$; настроен ток $I_1 = 125\text{ A}$

Пример 2

Спецификации на товара:

$P_r = 80\text{kW}$; $\cos \varphi = 0,9$; $U_r = 400\text{ V}$; трифазен товар с $I_b = 128\text{ A}$

Спецификации на кабела:

$I_z = 171\text{ A}$

Спецификации на защитното устройство:

T2N160 PR221DS-LS $I_n 160$; настроен ток $I_1 = 0,88 \times I_n = 140,8\text{ A}$

Пример 3

Спецификации на товара:

$P_r = 100\text{kW}$; $\cos \varphi = 0,9$; $U_r = 400\text{ V}$; трифазен товар с $I_b = 160\text{ A}$

Спецификации на кабела:

$I_z = 190\text{ A}$

Спецификации на защитното устройство:

T3N250 TMD $I_n 1=200$; настроен ток $I_1 = 0,9 \times I_n = 180\text{ A}$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k^2S^2)

2.4 Защита от късо съединение

Един кабел е защитен от късо съединение, ако специфичната енергия на преминаване на защитното устройство (I^2t) е по-малка или равна на енергията, която кабелът може да понесе (k^2S^2):

$$I^2t \leq k^2S^2 \quad (1)$$

където

- I^2t е специфичната енергия на преминаване на защитното устройство, която може да се определи от характеристиките, предоставени от производителя (виж Ръководство за електрически инсталации, Част 2, Глава 2.3 “Характеристики на специфичната енергия на преминаване”) или с директно изчисляване в случай на устройства, които нямат ограничаване и времезакъснение;

- S е сечението на кабела [mm^2]; в случай на паралелни проводници това е сечението на отделния проводник;

- k е коефициент, който зависи от изолацията на кабела и от проводящия материал. Стойностите за най-често срещаните изолации са показани в Таблица 1; за по-детайлно изчисление вижте Приложение С.

Таблица 1: Стойности за k за фазов проводник

	Изолация на проводника					
	ПВЦ <300 mm^2	ПВЦ >300 mm^2	EPR XLPE	Каучук 60°C	Минерална	
					ПВЦ	Неизолиран
Начална температура °C	70	70	90	60	70	105
Крайна температура °C	160	140	250	200	160	250
Материал на проводника:						
Мед	115	103	143	141	115	135/115 ^a
Алуминий	76	69	94	93	-	-
калаено споени връзки в медни проводници	115	-	-	-	-	-

a) Тази стойност трябва да се използва за неизолирани проводници, достъпни за допир

ЗАБЕЛЕЖКА 1 Други стойности на k се разглеждат за:

- малки проводници (особено при сечение по-малко от 10 mm^2);

- продължителност на късото съединение превишаваща 5 сек.;

- други видове връзки в проводника;

- неизолирани проводници.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 Номиналният ток на устройството за защита от късо съединение може да бъде по-голям от допустимото токово натоварване на кабела.

ЗАБЕЛЕЖКА 3 Горните коефициенти са на базата на IEC 60724.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В Таблица 2 е показана максималната енергия, на която кабелът може да издържи, в зависимост от сечението, материала на проводника и вида на изолацията, които се изчисляват като се използват параметрите от Таблица 1.

Таблица 2: Максимална енергия за кабели $k2S2$ [(kA)2s]

Кабел	k	Сечение на кабела [mm ²]							
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35
PVC	Cu 115	$2.98 \cdot 10^{-2}$	$8.27 \cdot 10^{-2}$	$2.12 \cdot 10^{-1}$	$4.76 \cdot 10^{-1}$	1.32	3.39	8.27	$1.62 \cdot 10^1$
	Al 76	$1.30 \cdot 10^{-2}$	$3.61 \cdot 10^{-2}$	$9.24 \cdot 10^{-2}$	$2.08 \cdot 10^{-1}$	$5.78 \cdot 10^{-1}$	1.48	3.61	7.08
EPR/XLPE	Cu 143	$4.60 \cdot 10^{-2}$	$1.28 \cdot 10^{-1}$	$3.27 \cdot 10^{-1}$	$7.36 \cdot 10^{-1}$	2.04	5.23	$1.28 \cdot 10^1$	$2.51 \cdot 10^1$
	Al 94	$1.99 \cdot 10^{-2}$	$5.52 \cdot 10^{-2}$	$1.41 \cdot 10^{-1}$	$3.18 \cdot 10^{-1}$	$8.84 \cdot 10^{-1}$	2.26	5.52	$1.08 \cdot 10^1$
Rubber	Cu 141	$4.47 \cdot 10^{-2}$	$1.24 \cdot 10^{-1}$	$3.18 \cdot 10^{-1}$	$7.16 \cdot 10^{-1}$	1.99	5.09	$1.24 \cdot 10^1$	$2.44 \cdot 10^1$
	Al 93	$1.95 \cdot 10^{-2}$	$5.41 \cdot 10^{-2}$	$1.38 \cdot 10^{-1}$	$3.11 \cdot 10^{-1}$	$8.65 \cdot 10^{-1}$	2.21	5.41	$1.06 \cdot 10^1$

Кабел	k	Сечение на кабела [mm ²]							
		50	70	95	120	150	185	240	300
PVC	Cu 115	$3.31 \cdot 10^1$	$6.48 \cdot 10^1$	$1.19 \cdot 10^2$	$1.90 \cdot 10^2$	$2.98 \cdot 10^2$	$4.53 \cdot 10^2$	$7.62 \cdot 10^2$	$1.19 \cdot 10^3$
	Al 76	$1.44 \cdot 10^1$	$2.83 \cdot 10^1$	$5.21 \cdot 10^1$	$8.32 \cdot 10^1$	$1.30 \cdot 10^2$	$1.98 \cdot 10^2$	$3.33 \cdot 10^2$	$5.20 \cdot 10^2$
EPR/XLPE	Cu 143	$5.11 \cdot 10^1$	$1.00 \cdot 10^2$	$1.85 \cdot 10^2$	$2.94 \cdot 10^2$	$4.60 \cdot 10^2$	$7.00 \cdot 10^2$	$1.18 \cdot 10^3$	$1.84 \cdot 10^3$
	Al 94	$2.21 \cdot 10^1$	$4.33 \cdot 10^1$	$7.97 \cdot 10^1$	$1.27 \cdot 10^2$	$1.99 \cdot 10^2$	$3.02 \cdot 10^2$	$5.09 \cdot 10^2$	$7.95 \cdot 10^2$
G2	Cu 141	$4.97 \cdot 10^1$	$9.74 \cdot 10^1$	$1.79 \cdot 10^2$	$2.86 \cdot 10^2$	$4.47 \cdot 10^2$	$6.80 \cdot 10^2$	$1.15 \cdot 10^3$	$1.79 \cdot 10^3$
	Al 93	$2.16 \cdot 10^1$	$4.24 \cdot 10^1$	$7.81 \cdot 10^1$	$1.25 \cdot 10^2$	$1.95 \cdot 10^2$	$2.96 \cdot 10^2$	$4.98 \cdot 10^2$	$7.78 \cdot 10^2$

Формула (1) трябва да бъде проверена по цялата дължина на кабела. Поради формата на токоограничителната крива на специфичната енергия на преминаване на прекъсвачите, по принцип е достатъчно да се провери формула (1) само за максималния и минималния ток на късо съединение, които могат да възникнат в кабела. Максималната стойност е обикновено стойността на трифазния ток на късо съединение в началото на линията, докато минималната стойност е стойността на тока на късо съединение фаза към неутрала (фаза към фаза, при липса на неутрален проводник) или фаза към земя в края на кабела.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

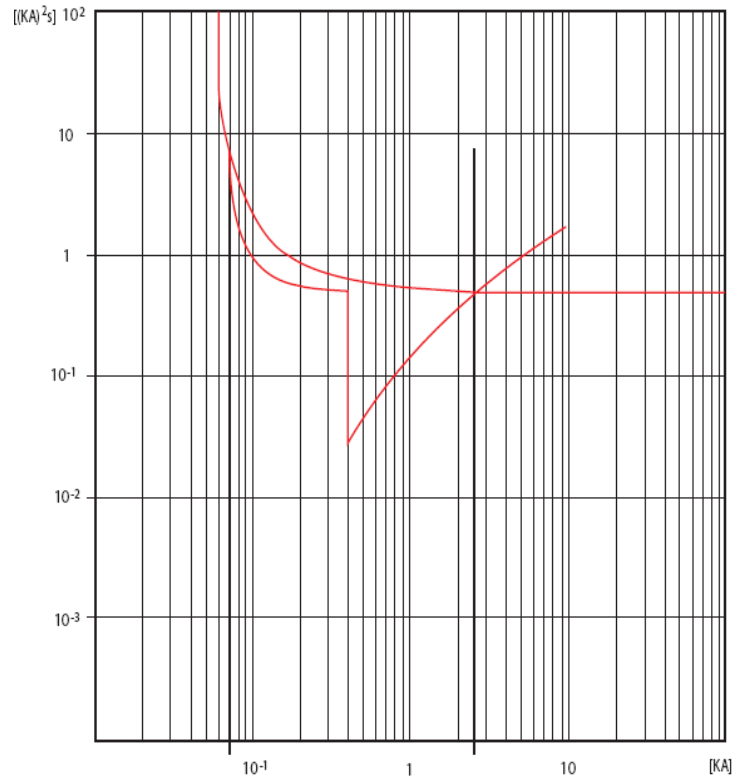
6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)



Тази проверка може да се опрости, като се сравнят само стойностите на специфичната енергия на преминаване на прекъсвача при максималния ток на късо съединение с енергията, на която кабелът може да издържи и като се провери, че прекъсвачът изключва моментално при минималния ток на късо съединение. Защитата от късо съединение (като се вземат предвид толерансите) трябва да бъде настроена на стойност по-ниска от стойността на минималния ток на късо съединение в края на проводника.

Следващите страници съдържат таблици, които са валидни за напрежение равно на 400 V и показват минималните сечения на медни кабели, защитени от късо съединение, като функция от тока на прекъсвача и тока на късо съединение, равен на изключвателната способност на самия прекъсвач.

Тези таблици не се отнасят за защитата на кабели от претоварване. Освен това тези таблици показват норма на оразмеряване на минималното сечение, което може да се използва; във фазата на проектиране обаче е необходимо проводниците да се оразмеряват съгласно реалните характеристики на инсталацията (ток на късо съединение, състояние на неутралата и т.н.) като се анализират времетоковите криви на изключване на използвания прекъсвач.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k^2S^2)

Прекъсвач			Фазов проводник с PVC изолация	
T_{un}	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	k^2s^2
T1 160	B=16 C=25	16*-32	6	476100
		40**-160	10	1322500
T1 160	N=36	32-160	10	1322500

Прекъсвач			Фазов проводник с EPR изолация	
T_{un}	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	k^2s^2
T1 160	B=16 C=25	16*-20	4	327184
		25-160	6	736164
T1 160	N=36	32-100	6	736164
		125-160	10	2044900

* $I_n = 16$ и $I_n = 20$ само за T1B

** с прекъсвачи тип T1B $I_n = 40/50/63$ е възможно да се използва кабел $6 mm^2$, с ПВЦ изолация.

Прекъсвач			Фазов проводник с PVC изолация	
T_{un}	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	k^2s^2
T2 160	N=36kA S=50kA H=70kA	1-4	1,5	29756,25
		5*-8	2,5	82656,25
		10-50	4	211600
		63-160	6	476100
	L=85kA	1-3.2	1,5	29756,25
		4-8	2,5	82656,25
		10-32	4	211600
		40-160	6	476100

Прекъсвач			Фазов проводник с EPR изолация	
T_{un}	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	k^2s^2
T2 160	N=36kA S=50kA H=70kA	1-6.3	1,5	46010,25
		8**-10	2,5	127806,25
		12.5-63	4	327184
		80-160	6	736164
	L=85kA	1-5	1,5	46010,25
		6.3-10	2,5	127806,25
		12.5-50	4	327184
		63-160	6	736164

* за прекъсвачи тип T2N $I_n = 5A$ е възможно да се използва кабел $1.5 mm^2$, с PVC изолация

** за прекъсвачи тип T2N $I_n = 8A$ и T2S $R = 8A$ е възможно да се използва кабел $1.5 mm^2$, с EPR изолация

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k^2S^2)

	Прекъсвач		Фазов проводник с PVC изолация		Фазов проводник с EPR изолация	
	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	K^2S^2	Фазов проводник (mm^2)	K^2S^2
T3	N=36 S=50	63-250	16	3385600	10	2044900

	Прекъсвач		Фазов проводник с PVC изолация	
	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)
T4	N=36 S=50 H=70 L=120 V=200	20-50	6	476100
		80-250	10	1322500

	Прекъсвач		Фазов проводник с EPR изолация	
	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)
T4	N=36 S=50 H=70 L=120 V=200	20	4	327184
		32-80	6	736164
		100-250	10*	2044900

* за прекъсвачи тип T4N е възможно да се използва кабел $6 mm^2$, с EPR изолация

	Прекъсвач		Фазов проводник с PVC изолация		Фазов проводник с EPR изолация	
	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)
T5	N=36 S=50	320-630	16	3385600	16	5234944
T5	H=70 L=120 V=200	320-630	25	8265625		

	Прекъсвач		Фазов проводник с PVC изолация		Фазов проводник с EPR изолация	
	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)
T6	N=36 S=50 H=70 L=100	630*	35	16200625	35	25050025
		800**	50	33062500		
		1000**				

* с прекъсвачи тип T6N ($I_{cu}=36 kA$) е възможно да се използва кабел $25 mm^2$, с EPR изолация

** с прекъсвачи тип T6N ($I_{cu}=36 kA$) е възможно да се използва кабел $35 mm^2$, с PVC изолация

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Тип	Прекъсвач		Фазов проводник с PVC изолация		Фазов проводник с EPR изолация	
	I_{cu} (kA)	Номинален ток (A)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)	Фазов проводник (mm^2)	Максимална енергия (I^2t)
T7	S=50 H=70 V=150	400-1250	50	33062500	50*	51122500
T7	L=120	400-1600	70	64802500	50	51122500

* с прекъсвачи тип T7S ($I_{cu}=50kA$) е възможно да се използва кабел 35 mm^2 , с EPR изолация

Изчисляване на тока на късо съединение в края на проводника

Минималният ток на късо съединение може да бъде изчислен чрез следните приблизителни формули:

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_r \cdot k_{sec} \cdot k_{par}}{1.5 \cdot \rho \cdot \frac{2L}{S}}$$

когато захранващата мрежа е без неутрален проводник (2.1)

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot k_{sec} \cdot k_{par}}{1.5 \cdot \rho \cdot (1 + m) \cdot \frac{L}{S}}$$

когато захранващата мрежа е с неутрален проводник (2.2)

където:

- I_{kmin} е минамалната стойност на вероятният ток на късо съединение [kA];
- U_r е напрежението на захранването [V];
- U_0 е напрежението между фаза към земя [V];
- ρ е специфичното съпротивление на материала на проводника в $\Omega mm^2/m$ при 20°C и е:
 - 0,018 за мед;
 - 0,027 за алуминий;
- L е дължината на защитения проводник [m];
- S е сечението на проводника [mm^2];
- k_{sec} е корекционният коефициент, който отчита реактивното съпротивление на кабели със сечение по-голямо от 95 mm^2 :

S [mm^2]	120	150	185	240	300
k_{sec}	0.9	0.85	0.80	0.75	0.72

- k_{par} е корекционният коефициент за паралелни проводници:

Брой паралелни проводници	2	3	4	5
k_{par}^*	2	2.7	3	3.2

* $k_{par} = 4(n-1)/n$, където n = брой на паралелни проводници за фаза

- m е съотношението между съпротивленията на неутралния проводник и на фазовия проводник (ако те са направени от един и същ материал m е съотношението между сечението на фазовия проводник и сечението на неутралния проводник).

След изчисляване на мин. ток на късо съединение проверете, че

$$I_{kmin} > 1.2 \cdot I_3$$

където

- I_3 е токът, който задейства защита от късо съединение на прекъсвача;
- 1,2 е толерансът на стойността на изключване.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k^2S^2)

Пример

Избиране на прекъсвач

Данни за системата:

Номинално напрежение 400V

$I_k = 30 \text{ kA}$

Данни за кабела:

Изолиран меден проводник в PVC

Дължина = 150 m

$S = 50 \text{ mm}^2$

$I_z = 134 \text{ A}$

Защита от късо съединение

T1N160 In160 (изключвателна способност 36 kA @ 400 V)

$I^2t (30kA) = 7,5 \cdot 10^{-1} (\text{kA})^2$ (за характеристиките на специфичната енергия на преминаване вижте Част 2, Глава 2.3)

$k^2S^2 = 1152 \cdot 50^2 = 3,31 \cdot 10^2 (\text{kA})^2\text{s}$

Следователно кабелът е защитен от късо съединение в началото на проводника.

Защита от късо съединение в края на проводника

Минималният ток на късо съединение в края на проводника ($k_{sec} = 1$ и $k_{per} = 1$) е:

Защитата от късо съединение на прекъсвача T1N160 In160 е настроена на 1600 A. Ако толерансът е 20%, прекъсвачът със сигурност ще изключи при стойност превишаваща 1920 A; следователно кабелът е напълно защитен от късо съединение.

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_r \cdot k_{sec} \cdot k_{par}}{1.5 \cdot \rho \cdot \frac{2L}{S}} = 1.98 \text{ kA}$$

Максимално защитена дължина

Когато формула (3) се реши спрямо L се получава максималната дължина на кабела, която защитното устройство предпазва в зависимост от настроената стойност на защитата за мигновено изключване. В Таблица 3 може се види максимално защитената дължина за определено сечение на кабела при дадена стойност на защитата на прекъсвача за мигновено изключване от ток на късо съединение:

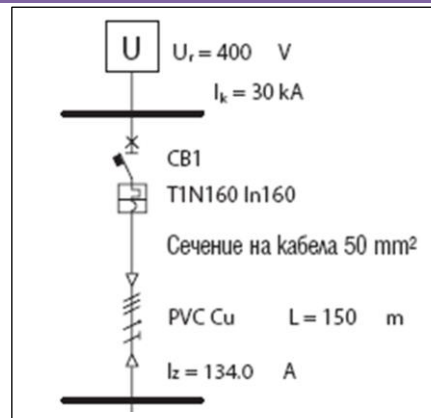
- трифазна система, номинално напрежение 400 V;

- без неутрала;

- меден проводник със специфично съпротивление, равно на $0,018 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Стойностите в таблицата по-долу са съобразени с коефициент на толеранс от 20% за стойността на изключване на защитата, нарастването на специфичното съпротивление на кабела вследствие на нагряването от тока на късо съединение и спадането на напрежението, дължащо се на повредата.

Корекционните коефициенти, показани след таблицата, трябва да се прилагат, ако условията на системата се различават от референтните условия.



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 3: Максимално защитена дължина

I_b [A]	сечение [mm ²]															
	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
20	370	617														
30	246	412	658													
40	185	309	494	741												
50	148	247	395	593												
60	123	206	329	494												
70	105	176	282	423	705											
80	92	154	246	370	617											
90	82	137	219	329	549											
100	74	123	197	296	494	790										
120	61	102	164	246	412	658										
140	52	88	141	211	353	564										
150	49	82	131	197	329	527										
160	46	77	123	185	309	494	772									
180	41	68	109	164	274	439	686									
200	37	61	98	148	247	395	617									
220	33	56	89	134	224	359	561	786								
250	29	49	79	118	198	316	494	691								
280	26	44	70	105	176	282	441	617								
300	24	41	65	98	165	263	412	576								
320	23	38	61	92	154	247	386	540	772							
350	21	35	56	84	141	226	353	494	705							
380	19	32	52	78	130	208	325	455	650							
400	18	30	49	74	123	198	309	432	617							
420	17	29	47	70	118	188	294	412	588							
450	16	27	43	65	110	176	274	384	549	768						
480	15	25	41	61	103	165	257	360	514	720						
500	14	24	39	59	99	158	247	346	494	691						
520	14	23	38	57	95	152	237	332	475	665						
550	13	22	35	53	90	144	224	314	449	629						
580	12	21	34	51	85	136	213	298	426	596	809					
600	12	20	32	49	82	132	206	288	412	576	782					
620	11	19	31	47	80	127	199	279	398	558	757					
650	11	19	30	45	76	122	190	266	380	532	722					
680	10	18	29	43	73	116	182	254	363	508	690					
700	10	17	28	42	71	113	176	247	353	494	670	847				
750	16	26	39	66	105	165	230	329	461	626	790	840				
800	15	24	37	62	99	154	216	309	432	586	667	787				
850	14	23	34	58	93	145	203	290	407	552	627	741				
900	13	21	32	55	88	137	192	274	384	521	593	700				
950	13	20	31	52	83	130	182	260	364	494	561	663				
1000	12	19	29	49	79	123	173	247	346	469	533	630	731			
1250		15	23	40	63	99	138	198	277	375	427	504	585	711		
1500		13	19	33	53	82	115	165	230	313	356	420	487	593		
1600		12	18	31	49	77	108	154	216	293	333	394	457	556	667	
2000			14	25	40	62	86	123	173	235	267	315	365	444	533	
2500				11	20	32	49	69	99	138	188	213	252	292	356	427
3000					16	26	41	58	82	115	156	178	210	244	296	356
3200					15	25	39	54	77	108	147	167	197	228	278	333
4000					12	20	31	43	62	86	117	133	157	183	222	267

Корекционен коефициент за напрежение различно от 400 V: kV
Дължината, получена от таблицата, се умножава с корекционния коефициент k_v :

U_r [V]	kV
трифазна стойност	
230 *)	0.58
400	1
440	.1
500	1.25
690	1.73

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

(*) Система 230 V една фаза е еквивалентна на система 400 V три фази с неутрала и със сечение на фазовия проводник равно на сечението на неутралния проводник, така че k_V е 0,58.

Корекционен коефициент при наличие на неутрала: k_d

Умножава се стойността на дължината, получена от таблицата, с корекционния коефициент k_d :

$$k_d = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{S}{S_N}}$$

където

- S е сечението на фазата [mm^2];
- S_N е сечението на неутралата [mm^2].

В частност:

$$\begin{aligned} \text{If } S = S_N &\rightarrow k_d \text{ is } 0.58; \\ \text{If } S = 2 \cdot S_N &\rightarrow k_d \text{ is } 0.39; \end{aligned}$$

Корекционен коефициент за алуминиеви проводници: k_r

Ако кабелът е от алуминий, умножава се стойността на дължината, получена от таблицата, с корекционния коефициент $k_r = 0.67$

Като обобщение

От сечението и стойността на защитата от късо съединение с помощта на таблицата може да се определи, че максимално защитената дължина е L_0 . Тази дължина трябва след това да се умножи, ако е необходимо, с корекционните коефициенти за да се получи стойност, която отговаря на работните условия на инсталацията:

$$L = L_0 k_v k_d k_r$$

Пример 1

Без неутрала

Номинално напрежение = 400 V

Защитно устройство: T2N160 TMD In100

Сечение на фазата = Сечение на неутралата = 70 mm^2

Таблицата показва, че при $I_3 = 1000$ A, кабелът 70 mm^2 е защитен до 346m

Пример 2

С неутрала

Номинално напрежение = 400 V

Защитно устройство: T3S250 TMD In200

Стойност на изключване на защитата от к.с.: $I_3 = 2000$ A

Сечение на фазата = 300 mm^2

Сечение на неутралата = 150 mm^2

За $I_3 = 2000$ A и $S = 300$ mm^2 се получава защитена дължина $L_0 = 533$ m.

След прилагане на корекционния коефициент k_d , което е необходимо когато има неутрала:

$$k_d = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{S}{S_N}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{300}{150}} = 0.39$$

$$L = L_0 \cdot 0.39 = 533 \cdot 0.39 = 207,9 \text{ m}$$

Това е максимално защитената дължина, когато има неутрала.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Неутрален проводник

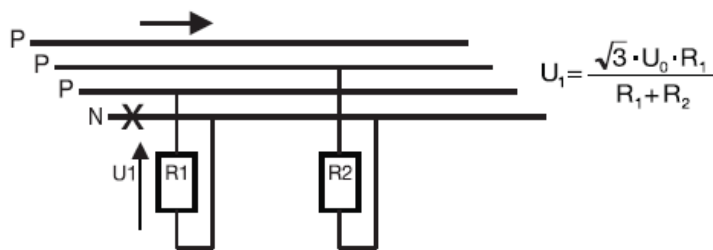
Неутрален е проводникът, който е свързан с неутралната точка на системата (която по принцип, но не задължително съвпада със звездния център на вторичните намотки на трансформатора или намотките на генератора); може да спомогне за преноса на електрическа енергия и следователно да създаде напрежение различно от междуфазните напрежения. В определени случаи и при определени условия, функциите на неутралния проводник и защитния проводник могат да бъдат комбинирани в един проводник (PEN).

Защита и прекъсване на неутралния проводник

В случай на повреда, в неутралния проводник може да възникне напрежение спрямо земята. Това може да бъде причинено от късо съединение между фаза и неутрала или от прекъсване на неутралния проводник вследствие на случайно изключване на еднополюсно устройство (предпазител или еднополюсен прекъсвач).

Ако само неутралният проводник е прекъснат в четирипроводникова верига, захранващото напрежение към еднофазните товари може да се промени така, че те да са захранвани с напрежение, различно от напрежението U_0 фаза към неутрала (както е показано на Фигура 1).

Следователно трябва да се вземат всички необходими мерки за предотвратяване на този тип повреда, а именно да не се използва за защита на неутралния проводник еднополюсно устройство.



Фигура 1: Прекъсване на неутралния проводник

Освен това в системи TN-C напрежението спрямо земята, възникващо в неутралния проводник, представлява опасност за хората; наистина, тъй като този проводник е също така и защитен проводник и

това напрежение достига до свързаните, достъпни проводящи части. За системи TN-C стандартите определят минимални сечения (виж следващия раздел) за неутралния проводник за да се предотврати случайно прекъсване и забраняват използването на устройства (еднополюсни или многополюсни), които могат да прекъснат PEN проводника.

Необходимостта от защита на неутралния проводник и възможността за прекъсване на веригата зависят от разпределителната система:

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

TT или TN системи:

• Ако сечението на неутралния проводник е равно или по-голямо от сечението на фазовия проводник, не е необходимо да се установява надноминален(сврџх) ток в неутралния проводник, нито да се използва прекъсващо устройство (неутралният проводник не се защитава, нито се прекъсва); това изискване важи само ако няма хармонични токове, които могат във всеки момент да причинят средноквадратични стойности на тока в неутралния проводник по-високи от максималния ток, установен във фазовите проводници;

• Ако сечението на неутралния проводник е по-малко от сечението на фазовия проводник, сврџхтоковете в неутралния проводник трябва да бъдат установени, така че при нужда да бъдат прекъснати фазовите проводници, но не непременно и неутралният проводник (така той е защитен без да бъде прекъсван): в този случай не е необходимо да се установява надноминален ток в неутралния проводник, ако са изпълнени едновременно следните условия:

1. Неутралният проводник е защитен от късо съединение чрез защитното устройство на фазовите проводници;

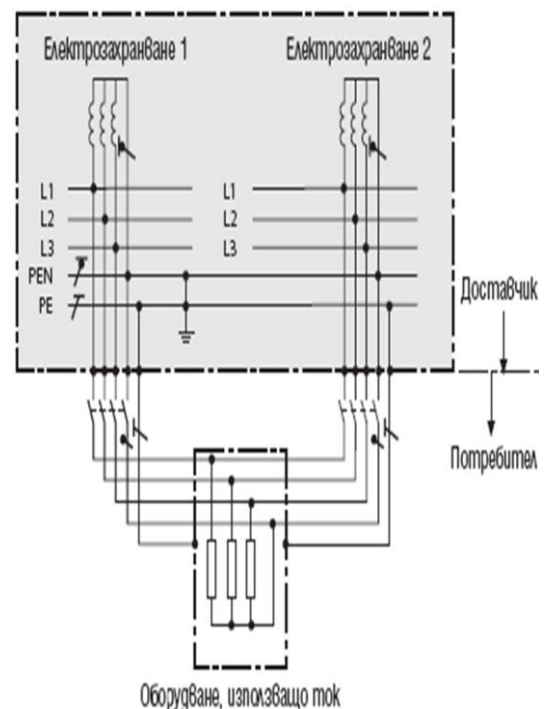
2. Максималният ток, който може да протече през неутралния проводник по време на нормална работа, е по-нисък от допустимото токово натоварване на неутралата.

В TN-S системи не е необходимо неутралите да бъдат прекъсвани, ако условията на захранване са такива, че неутралният проводник е надеждно заземен и е със същия потенциал както земята.

Както вече беше споменато, в TN-C системи неутралният проводник също така е и защитен проводник и следователно не може да бъде прекъсван. Освен това, ако неутралният проводник се прекъсне, достъпните проводящи части на еднофазното оборудване биха приели номиналното напрежение на мрежата спрямо земя.

В някои специфични случаи, неутралният проводник трябва да бъде прекъснат за да не се допусне циркулиране на токове между паралелни източници на захранване (виж Фигури 2 и 3).

Фигура 2: Трифазно променливотоково захранване с 4-полюсен превключвател



ЗАБЕЛЕЖКА – Този метод предотвратява възникване на електромагнитни полета вследствие на блуждаещи токове в главната захранваща система на инсталацията. Сумата от токовете в един кабел трябва да бъде нула. Това гарантира, че неутралният ток ще протича само в неутралния проводник на съответната ключена верига. Третият хармоник (150 Hz) на линейния проводник ще бъде добавен със същия фазов ъгъл към тока на неутралния проводник.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

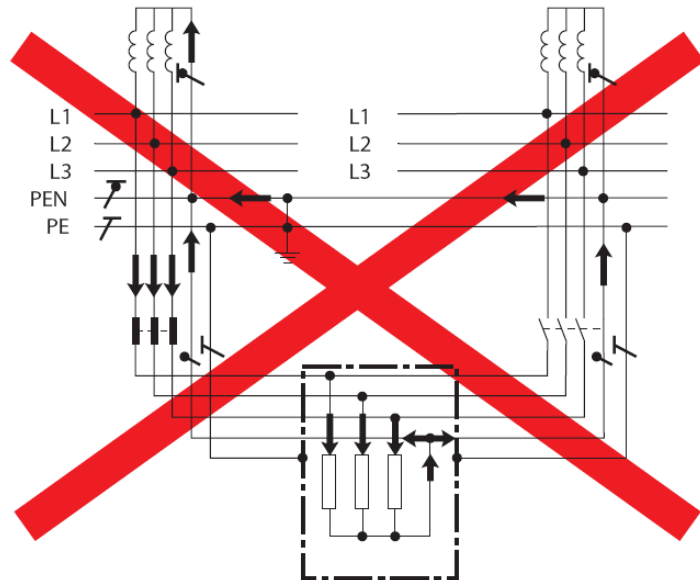
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Фигура 3: Трифазно променливотоково захранване с неподходящ триполюсен превключвател



ЗАБЕЛЕЖКА – Трифазно променливотоково захранване с неподходящ триполюсен превключвател води до случайни циркулиращи блуждаещи токове, генериращи електромагнитни полета.

IT система:

Стандартът не препоръчва използване на неутрален проводник в IT системи. Ако се въведе неутрален проводник, трябва да се установяват надноминалните токове в неутралния проводник за всяка една от веригите и при необходимост да се прекъснат всички тоководещи проводници на съответната верига, включително и неутралния (неутрален проводник със защита и прекъсване).

Не е необходимо да се следи за надноминален ток в неутралния проводник в следните случаи:

- Неутралният проводник е защитен от късо съединение чрез защитно устройство, монтирано от страна на захранването;
- Веригата е защитена чрез дефектнотокова защита с номинален остатъчен ток по-нисък от 0,15 пъти допустимото токово натоварване на съответния неутрален проводник. Устройството трябва да прекъсва всички тоководещи проводници, включително и неутралния проводник.

За всички разпределителни системи, когато е необходимо, свързването и отделянето на неутралния проводник трябва да осигурява:

- Неутралният проводник да не се прекъсва преди фазовия проводник;
- Неутралният проводник да се свързва в същия момент или преди фазовия проводник.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Определяне на минималното сечение на неутралния проводник

Неутралният проводник, ако има такъв, трябва да има същото сечение като линейния проводник:

- В еднофазни двупроводни вериги – независимо какво е сечението;
- В многофазни и еднофазни трипроводни вериги - когато размерът на проводниците под напрежение е по-малък или равен на 16 mm^2 за мед или 25 mm^2 за алуминий¹.

Сечението на неутралния проводник може да бъде по-малко от сечението на фазовия проводник, когато сечението на фазовия проводник е по-голямо от 16 mm^2 за меден или от 25 mm^2 за алуминиев кабел, ако са изпълнени и двете условия дадени по-долу:

- Сечението на неутралния проводник е най-малко 16 mm^2 за медни проводници и 25 mm^2 за алуминиеви проводници;
- Няма високо съдържание на хармоници в тока на товара. Ако има такава (съдържанието на хармоници е по-голямо от 10%), като например при оборудване с газоразрядни лампи, сечението на неутралния проводник не може да бъде по-малко от сечението на фазовите проводници.

Таблица 1: Минимални сечения на неутралния проводник

	Сечение на фазата $S \text{ [mm}^2\text{]}$	Мин. сечение на неутралата $S_N \text{ [mm}^2\text{]}$
Еднофазни/двуфазни вериги Cu/Al	Всякакви	S^*
Трифазни вериги Cu	$S < 16$ $S > 16$	S^* 16
Трифазни вериги Al	$S < 25$ $S > 25$	S^* 25

* За TN-C системи стандартът определя минимално сечение 10 mm^2 за медни и 16 mm^2 за алуминиеви проводници.

¹ Сечението на фазовите проводници трябва да бъде оразмерено съгласно инструкциите в Глава 2.2.1 „Допустимо токово натоварване и методи на полагане”.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Защитни проводници

Определяне на минимални сечения

Минималното сечение на защитния проводник може да се определи по следната таблица:

Таблица 2: Сечение на защитния проводник

Сечение на линеен проводник S [mm^2]	Минимално сечение на съответния защитен проводник [mm^2]	
	Ако защитният проводник е от същия материал като линейния проводник	Ако защитният проводник не е от същия материал като линейния проводник
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \cdot S$
$16 < S \leq 35$	16^*	$\frac{k_1}{k_2} \cdot 16$
$S > 35$	$\frac{S^*}{2}$	$\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{S}{2}$

Където
 k_1 е стойността на k за линейния проводник, избрана от Таблица 1 Глава 2.4 в зависимост от материалите на проводника и изоляцията;
 k_2 е стойността на k за защитния проводник.
* За PEN проводници е разрешено редуциране на сечението само в съответствие с правилата за оразмеряване на неутрални проводници.

За по-точно изчисляване и ако защитният проводник е подложен на адиабатно нагряване от известна начална температура до определена крайна температура (приложимо е за продължителност на повредата не по-голяма от 5 секунди) минималното сечение на защитния проводник S_{PE} може да бъде получено по следната формула:

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \quad (1)$$

където:

- S_{PE} е сечението на защитния проводник [mm^2];
- I е средноквадратичната стойност на тока, протичащ през защитния проводник в случай на повреда с нисък импеданс [A];
- t е времето на изключване на защитното устройство [s];
- k е константа, която зависи от материала на защитния проводник, от вида на изоляцията и от началната и крайната температура. Най-често срещаните стойности могат да се намерят в Таблицы 3 и 4.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{S2})

Таблица 3: Стойности на k за изолирани защитни проводници, които не са в кабели и не са в сноп с други кабели

Изоляция на проводника	Температура °C _b		Материала на проводника		
	Начална	Крайна	Мед	Алуминий	Стомана
			Стойности на k		
70°C PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90°C PVC	30	143/133 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90°C термонастройка	30	250	176	116	64
60°C каучук	30	200	159	105	58
85°C каучук	30	220	168	110	60
Силиконов каучук	30	350	201	133	73

a По-ниската стойност се отнася за PVC изолирани проводници със сечение по-голямо от 300 mm²
b Температурните граници за различните видове изоляция са дадени в IEC 60724

Таблица 4: Стойности на k за защитни проводници, които са жила на кабели, в сноп са с други кабели или изолирани проводници

Изоляция на проводника	Температура °C _b		Материала на проводника		
	Начална	Крайна	Мед	Алуминий	Стомана
			Стойности на k		
70°C PV	70	160/140 ^a	115/103 ^a	76/68 ^a	42/37 ^a
90°C PVC	90	160/140 ^a	100/186 ^a	66/57 ^a	36/31 ^a
90°C термонастройка	90	250	143	94	52
60°C каучук	60	200	141	93	51
85°C каучук	85	220	134	89	48
Силиконов каучук	180	350	132	87	47

a По-ниската стойност се отнася за PVC изолирани проводници със сечение по-голямо от 300 mm²
b Температурните граници за различните видове изоляция са дадени в IEC 60724

Други стойности на k могат да се получат от Таблиците в Приложение D, където е дадена формулата за точно изчисляване на стойността на k .

Ако от Таблица 2 или формула (1) не се получи стандартно сечение, трябва да се избере следващо по-голямо стандартно сечение.

Независимо дали се използва Таблица 2 или формула (1), сечението на защитния проводник трябва да бъде най-малко:

- 2,5 mm² Cu / 16 mm² Al, ако е осигурена механична защита;
- 4 mm² Cu / 16 mm² Al, ако не е осигурена механична защита.

За оборудване, което е постоянно свързвано към защитен проводник и с протичащ по него ток по-голям 10 mA трябва да се проектира усилен защитен проводник по следния начин:

- Защитният проводник трябва да има сечение най-малко 10 mm² Cu или 16 mm² Al по цялото си трасе;

или

- Трябва втори защитен проводник, със сечение най-малко съгласно изискването за защита от индиректен контакт, да се инсталира до точката, където защитния проводник има сечение не по-малко от 10 mm² Cu или 16 mm² Al. Това налага уредът да има отделен вход за втори защитен проводник.

Когато устройства за защита от свръхток се използват за защита от електрически удар, защитният проводник трябва да бъде вграден в същата проводникова система както проводниците под напрежение или да бъде разположен в непосредствена близост до тях.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

2.6 Магистрални шинопроводи

В електрически инсталации за промишлена среда магистралните шинопроводи оптимизират разпределението на електроенергия, независимо от неизбежните модификации, извършени по-рано (допълнения, размествания, подмяна на товари) и улесняват работата по поддръжката и проверките за безопасност.

Те се използват основно като:

- източници на захранване на осветление, съоръжения за сигурност и разпределителни мрежи с малка мощност;
- линии за осветление (средна мощност);
- електрозахранване и разпределение (средна и висока мощност);
- захранване на движещо се оборудване (портални кранове).

Магистралните шинопроводи са предмет на следните стандарти:

- IEC 60439 – 1 «Комплектни комутационни устройства ниско напрежение – Част 1: Типово изпитани и частично типово изпитани комутационни устройства»
- IEC 60439 – 2 «Комплектни комутационни устройства ниско напрежение – Част 2: Специфични изисквания за магистрални шинопроводи»

Магистралните шинопроводи се състоят от:

- проводници/шини;
- съединителни елементи: елементи за електрическо и механично свързване на различни елементи;
- елементи за прави участъци: основни елементи на линията за пренасяне на електроенергия от източника към товарите;
- елементи за оформяне на трасе: гъвкави връзки за създаване на завои или преодоляване на препятствия, хоризонтални и вертикални ъгли, Т-образни връзки и елементи за свързване на всякакви видове трасета;
- проходни кутии: елементи, които позволяват лампите или работните машини да бъдат захранвани през интегрирана защита (стопяеми предпазители или прекъсвачи);
- елементи за окачване/допълнителни принадлежности: елементи за окачване и закрепване на магистралните шинопроводи и за опора, необходима за специални товари (компоненти за осветление и т.н.).

Оразмеряване на магистрални шинопроводи

За оразмеряването на магистрален шинопровод трябва да се определи тока на товара като се използват следните данни:

Електрозахранване:

- Общ тип на захранването на товара:
 - еднофазно;
 - трифазно.
- Тип на захранването на магистралния шинопровод:
 - от едната страна;
 - от двете страни;
 - централно електрозахранване.
- Номинално напрежение
- Ток на късо съединение в точката на захранване
- Температура на околната среда

Товари

- Брой, разпределение, мощност, $\cos\phi$ и тип на товарите, захранвани от един и същ магистрален шинопровод;

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Геометрия на магистралния шинопровод

- Тип на монтаж:
 - хоризонтален;
 - под наклон;
 - вертикален.
- Дължина

ЗАБЕЛЕЖКА: Магистралните шинопроводи трябва да се инсталират на разстояние от стени и тавани, така че да се предвиди възможност за визуална проверка на връзките по време на монтажа и да се улесни направата на отклонения.

Ако е възможно, препоръчва се магистралните шинопроводи да се инсталират под наклон, така че да се подобри механичната устойчивост и да се намали възможното отлагане на прах и замърсяващи вещества, които биха могли да повлияят на нивото на вътрешна изолация.

Изчисляване на тока на товара за трифазни системи

Токът на товара I_b за трифазна система се изчислява по следната формула:

$$I_b = \frac{P_t \cdot b}{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos\varphi_m} \text{ [A]} \quad (1)$$

където:

- P_t е сумата от активните мощности на всички инсталирани товари [W];
- b коефициента на захранване, който е:
 - 1, ако магистралният шинопровод се захранва само от едната страна;
 - 1/2 ако магистралният шинопровод се захранва от центъра или от двете страни едновременно;
- U_r е работното напрежение [V];
- $\cos\varphi_m$ е средният фактор на мощността на товарите

Избор на допустимо токово натоварване за магистрален шинопровод
Магистралните шинопроводи се избират така, че допустимото токово натоварване I_z да удовлетворява следната формула:

$$I_b \leq I_{z0} \cdot k_t = I_z \quad (2)$$

където:

- I_{z0} е токът, който магистралният шинопровод може да провежда за неопределено време при референтна температура (40°C);
- I_b е токът на товара;
- k_t е корекционният коефициент за стойности на температурата на околната среда, различни от референтната околна температура, показан в Таблица 1.

Таблица 1: Корекционен коефициент k_t за околна температура, различна от 40°C

Температура на околната среда [°C]	15	20	25	30	35	40	45	50
k_t	1.2	1.17	1.12	1.08	1.05	1	0.95	0.85

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Защита на магистрални шинопроводи

Защита от претоварване

За защитата на магистрални шинопроводи от претоварване се използват същите критерии, които се използват и за кабели. Трябва да се провери следната формула:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

където:

- I_b е токът, за който е проектирана веригата;
- I_n е номиналният ток на защитното устройство; за настройваеми защитни устройства номиналният ток I_n е настроенният ток;
- I_z е непрекъснатото допустимо токово натоварване на магистралния шинопровод.

ЗАБЕЛЕЖКА – Не е необходима проверка на защитата от късо съединение, когато са използвани МСВ (миниатюрни прекъсвачи) до 63 А, които са правилно оразмерени за защита от претоварване.

В такива случаи действително защитата срещу топлинни и електродинамични въздействия е надеждна благодарение на токоограничаващите защитните функции на тези устройствата.

- $I^2 t_{BTS}$ е енергията, която може да понесе магистралният шинопровод и обикновено тази стойността се предоставя от производителя.

Защита от електродинамични въздействия

Трябва да бъде изпълнена следната формула:

$$I_{кр CB} \leq I_{кр BTS}$$

където:

- $I_{кр CB}$ е върховата стойност, ограничена от прекъсвача при максимален ток на късо съединение в точката на инсталация. Това може да бъде определено от време-токовите криви;
- $I_{кр BTS}$ е максималната върхова стойност на тока на магистралния шинопровод.

Защита от късо съединение

На магистралните шинопроводи трябва да бъде осигурена защита от топлинно претоварване и електродинамични въздействия, дължащи се на тока на късо съединение.

Защита от топлинно претоварване

Трябва да бъде изпълнена следната формула:

$$I^2 t_{CB} \leq I^2 t_{BTS}$$

където:

- $I^2 t_{CB}$ е специфичната енергия на преминаване на прекъсвача при максимална стойност на тока на късо съединение в тази точка на инсталация. Това може да бъде видяно от време-токовите криви, показани в Част 2, Глава 2.2;

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

Защита на изходящи захранващи линии

Ако изходящата захранваща линия, която най-често представлява кабелен канал, не е вече защитена от късо съединение и претоварване чрез устройство, разположено по посока на захранването, трябва да се изпълнят следните мерки:

- Защита от късо съединение:

Не е необходима защита от късо съединение за захранващата линия, ако едновременно са изпълнени следните условия:

- Дължината не превишава 3 метра;
- Рискът от късо съединение е минимизиран;
- В близост няма запалими материали.

Във взривоопасна среда и среда с голям риск от пожар винаги се изисква защита от късо съединение;

- Защита от претоварване:

Допустимото токово натоварване на захранващата линия по принцип е по-ниско от това на магистралния шинопровод. Затова е необходимо да се осигури и защита от претоварване за захранващата линия.

Устройството за защита от претоварване може да бъде монтирано вътре в проходната кутия или на входящото табло.

В последния случай, защитата от претоварване може да се реализира и чрез прекъсвачи, предпазващи отделните изходящи линии от таблото, само ако сумата от техните номинални токове е по-малка или равна на допустимото токово натоварване I_z на захранващата линия.

На места с по-голям риск от пожар устройството за защита от претоварване трябва да бъде инсталирано в изходящата точка, т.е. в проходната кутия.

Пад на напрежение

Ако магистралният шинопровод е особено дълъг, трябва да бъде проверена стойността на пада на напрежение. За трифазни системи с фактор на мощността ($\cos\varphi_m$) не по-нисък от 0.8, падът на напрежение може да бъде изчислен по следната опростена формула:

$$\Delta u = \frac{a \cdot \sqrt{3} \cdot I_b \cdot L \cdot (r_t \cdot \cos\varphi_m + x \cdot \sin\varphi_m)}{1000} \text{ [V]} \quad (6a)$$

За еднофазни магистрални шинопроводи формулата е:

$$\Delta u = \frac{a \cdot 2 \cdot I_b \cdot L \cdot (r_t \cdot \cos\varphi_m + x \cdot \sin\varphi_m)}{1000} \text{ [V]} \quad (6b)$$

където:

• “а” е коефициентът на разпределение на тока, който зависи от захранването на веригата и от разположението на електрическите товари по магистралния шинопровод, както е показано в Таблица 2:

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

Таблица 2: Коефициент на разпределение на тока

Тип на захранването	Разположение на товарите	Коефициент на разпределение
Само от едната страна	Товарът е концентриран в края	1
	Равномерно разпределен товар	0.5
От двете страни	Равномерно разпределен товар	0.25
	Централно	Товарът е концентриран в двата края
	Равномерно разпределен товар	0.125

I_b е токът на товара [A];

• L е дължината на магистралния шинопровод [m];

• r_t е фазовото съпротивление на единица дължина на магистралния шинопровод, измерено в стабилно топлинно състояние [$m\Omega/m$];

• x е фазовото реактивно съпротивление на единица дължина на магистралния шинопровод [$m\Omega/m$];

• $\cos\varphi_m$ е средният фактор на мощността на товарите.

Процентният пад на напрежение се получава от:

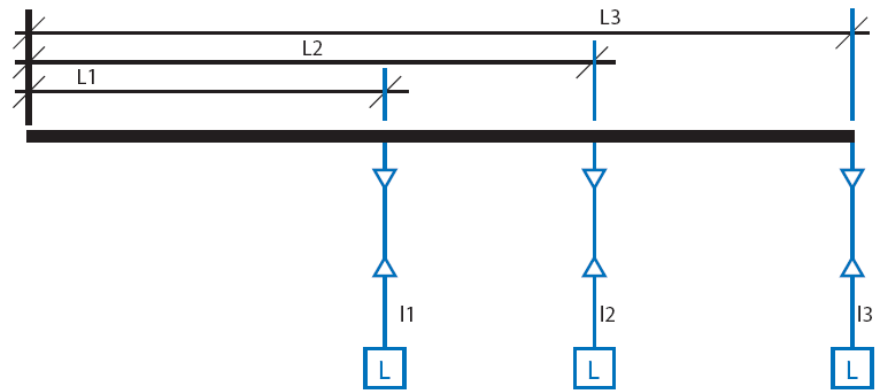
$$\Delta u = \frac{\Delta u}{U_r} \cdot 100 \quad (7)$$

където U_r е номиналното напрежение.

За да се намали падът на напрежението в много дълги магистрални шинопроводи, захранването може да се подава в междинна точка, а не в края (виж Таблица 2).

Изчисляване на пада на напрежение при неравномерно разпределени товари

Ако товарите не могат да се считат за равномерно разпределени, падът на напрежението може да бъде изчислен по-точно чрез използване на формулите дадени по-долу:



За разпределението на трифазните товари, показани на фигурата, падът на напрежение може да бъде изчислен чрез следната формула, ако магистралният шинопровод има константно сечение (както е най-често):

$$\Delta u = \sqrt{3} [r_t (I_1 L_1 \cos\varphi_1 + I_2 L_2 \cos\varphi_2 + I_3 L_3 \cos\varphi_3) + x (I_1 L_1 \sin\varphi_1 + I_2 L_2 \sin\varphi_2 + I_3 L_3 \sin\varphi_3)]$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В общия случай тази формула изглежда така:

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} \cdot r_t \cdot \sum I_i \cdot L_i \cdot \cos \varphi_m + x \cdot \sum I_i \cdot L_i \cdot \sin \varphi_m}{1000} [V] \quad (8)$$

където:

- r_t е фазовото съпротивление на единица дължина на магистралния шинопровод, измерено в стабилно топлинно състояние [$m\Omega/m$];
- x е фазовото реактивно съпротивление на единица дължина на магистралния шинопровод [$m\Omega/m$];
- $\cos m$ средният фактор на мощността на i -тия товар;
- I_i е i -тия ток на товара [A];
- L_i е разстоянието от i -тия товар до началото на магистралния шинопровод [m].

Загуби от ефекта на Джаул

Загубите от ефекта на Джаул се дължат на електрическото съпротивление на магистралния шинопровод. Те, всъщност, са разсеяна топлинна енергия и допринасят за нагриването на шинопровода и околната среда. Изчисляването на загубите е полезно за правилното оразмеряване на климатичната инсталация на сградата.

Трифазните загуби са:

$$P_j = \frac{3 \cdot r_t \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} [W] \quad (9a)$$

докато еднофазните загуби са:

$$P_j = \frac{2 \cdot r_t \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} [W] \quad (9b)$$

- I_b е използваният ток [A];
- r_t е фазовото съпротивление на единица дължина на магистралния шинопровод, измерено в стабилно топлинно състояние [$m\Omega/m$];
- L е дължината на магистралния шинопровод [m].

За да се постигне точност на изчисленията, загубите трябва да се оценят секция по секция на базата на токовете, протичащи през тях; т.е. в случай на разпределение на товарите като това, показано на предишната фигура:

	Дължина	Ток	Загуби
1-ва секция	L_1	$I_1+I_2+I_3$	$P_1=3r_t L_1(I_1+I_2+I_3)^2$
2-ра секция	L_2-L_1	I_2+I_3	$P_2=3r_t(L_2-L_1)(I_2+I_3)^2$
3-та секция	L_3-L_2	I_3	$P_3=3r_t(L_3-L_2)(I_3)^2$
Общи загуби в Магистралния шинопровод			$P_{tot}=P_1+P_2+P_3$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

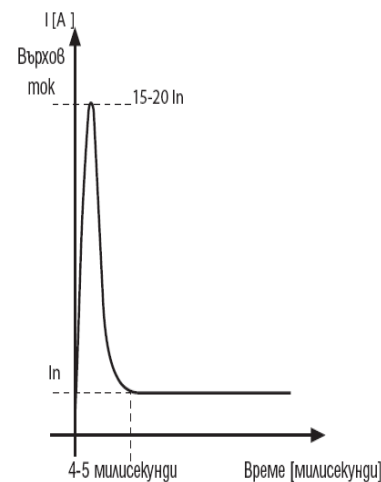
3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

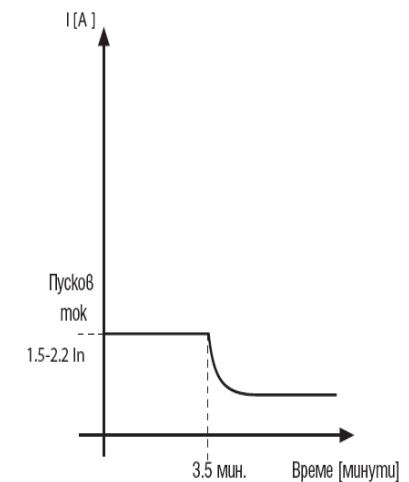
Въведение

При захранване на осветителни инсталации за кратък период от време в мрежата циркулира начален ток, превишаващ номиналния. Тази възможна върхова стойност е приблизително $15 \div 20$ пъти по-голяма от номиналния ток и е с продължителност няколко милисекунди; възможно е да възникне и пусков ток със стойност $1,5 \div 3$ пъти по-голяма от номиналния ток, с продължителност до няколко минути. За правилното оразмеряване на превключващите и защитните устройства трябва да се вземат под внимание тези проблеми.

Графика на върхов ток



Графика на пусков ток



Най-често използваните лампи са от следните видове:

- лампи с нажежаема жичка;
- халогенни лампи;
- флуоресцентни лампи;
- газоразрядни лампи с висока интензивност: с живачни пари, метален халогенид и натриеви пари.

Лампи с нажежаеми жички

Лампите с нажежаеми жички са направени от стъклен балон, съдържащ инертен газ или под вакуум и волфрамова жичка. Токът протича през тази жичка и я нагрява, докато започне излъчване на светлина.

Електрическото поведение на тези лампи включва висок върхов ток, равен приблизително на 15 пъти номиналния ток; след няколко милисекунди токът пада до номиналната си стойност. Този върхов ток е причинен от жичката на лампата, която в началния момент е студена и имат много ниско електрическо съпротивление. След това, поради бързото нагряване на този елемент, стойността на съпротивлението нараства значително, което води до намаляване на изразходвания ток.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

3 Защита на електрическото оборудване

Халогенни лампи

Халогенните лампи са специален тип лампи с нажежаеми жички, в които газът в крушката предотвратява отлагането на изпарено вещество от волфрамовата жичка на повърхността на крушката и предизвиква обратното му отлагане върху жичката. Това явление забавя изхабяването на жичката, подобрява качеството на излъчваната светлина и удължава живота на лампата.

Електрическото поведение на тези лампи е същото като това на лампите с нажежаеми жички.

Флуоресцентни лампи

Флуоресцентните лампи са от така наречените газоразрядни източници на светлина. Светлината се получава чрез разряд в прозрачно тяло (от стъкло, кварц и т.н. в зависимост от типа на лампата), което съдържа живачни пари под ниско налягане.

След започване на процеса на йонизация, газът изпълващ тялото излъчва енергия в ултравиолетовия спектър, която прониква във флуоресцентното вещество; на свой ред това вещество трансформира ултравиолетовото излъчване в лъчение, което има дължина на вълната във видимия спектър. Цветът на излъчваната светлина зависи от използваното флуоресцентно вещество.

Разрядът се получава чрез подходящо върхово напрежение, генерирано чрез стартер. При включване на лампата газът има ниско съпротивление и е необходимо да се стабилизира големината на тока чрез дросел; това понижава фактора на мощността до стойности около $0,4 \div 0,6$; обикновено се добавя кондензатор за увеличаване на фактора на мощността до стойност, по-голяма от $0,9$.

Има два вида дросели, магнитни (конвенционални) и електронни, които отнемат от 10% до 20% от номиналната мощност на лампата. Електронните дросели имат определени предимства, като спестяване на изразходваната енергия, по-малко разсейване на топлина и осигуряват стабилна, нетрепкаща светлина. Някои видове флуоресцентни лампи с електронни дросели не се нуждаят от стартер. Компактните флуоресцентни лампи са направени от тръба, пластмасова основа и конвенционални или електронни дросели.

Стойността на пусковия ток зависи от наличието на кондензатор за коригиране на фактора на мощността:

- Лампите без корекция на фактора на мощността имат пусков ток, равен приблизително на два пъти номиналния ток и време на включване равно приблизително на около десет секунди;
- При лампите с корекция на фактора на мощността наличието на кондензатор позволява намаляване на времето на включване до няколко секунди, но изисква висок надноминален ток, определен от зареждането на кондензатора, който може да достигне 20 пъти номиналния ток.

Ако лампата има електронен дросел, началният преходен ток може да доведе до надноминални токове, равни на максимум 10 пъти номиналния ток.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

3 Защита на електрическото оборудване

Газоразрядни лампи с висок интензитет: с живачни пари, метален халогенид и натриеви пари

Функционирането на газоразрядните лампи с висок интензитет е същото като това на флуоресцентните лампи с тази разлика, че йонизирането се извършва при наличието на газ под високо налягане. В този случай дъгата изпарява металните елементи, съдържащи се в газа, освобождавайки енергия под формата на светлинно излъчване, което е както в ултравиолетовия, така и във видимия спектър. Специалният вид стъкло на крушката спира ултравиолетовото излъчване и пропуска само това от видимия спектър. Има три основни вида газоразрядни лампи с висок интензитет: с живачни пари, с метален халогенид и с натриеви пари. Цветовите характеристики и ефективността на лампата зависи от различните метални елементи в газа, на които въздейства дъгата.

За газоразрядните лампи с висок интензитет е необходим подходящо оразмерен контролер и период на загряване, който може да продължи няколко минути до започване на излъчването на светлина. Моментна загуба на захранването причинява рестартиране на системата и изисква ново загряване.

Лампите без корекция на фактора на мощността имат пусков ток до два пъти номиналния ток с продължителност около 5 минути.

Лампите с корекция на фактора на мощността имат върхов ток, равен на 20 пъти номиналния ток, и пусков ток до два пъти номиналния ток с продължителност около 5 минути.

Вид лампа		Върхов ток	Пусков ток	Време на включване
Лампи с нажежаеми жички		15 In	-	-
Халогенни лампи		15 In	-	
Флуоресцентни лампи	Без корекция на фактора на мощността	-	2 In	10 сек.
	С корекция фактора на мощността	20 In		1-6 сек.
Газоразрядни лампи с висок интензитет	Без корекция фактора на мощността	-	2 In	2-8 мин.
	С корекция фактора на мощността	20 In	2 In	2-8 мин.

Защита и превключващи устройства

ИЕС 60947-4-1 определя две отделни категории за приложение на контактори за управление на лампи:

- АС-5а пускане на електрически газоразрядни лампи;
- АС-5b пускане на лампи с нажежаеми жички.

Документацията, доставена от производителя, съдържа таблици за избор на контактори в зависимост от броя на лампите, които трябва да бъдат управлявани, както и техния тип.

3 Защита на електрическото оборудване

При избиране на защитно устройство трябва да се извършат следните проверки:

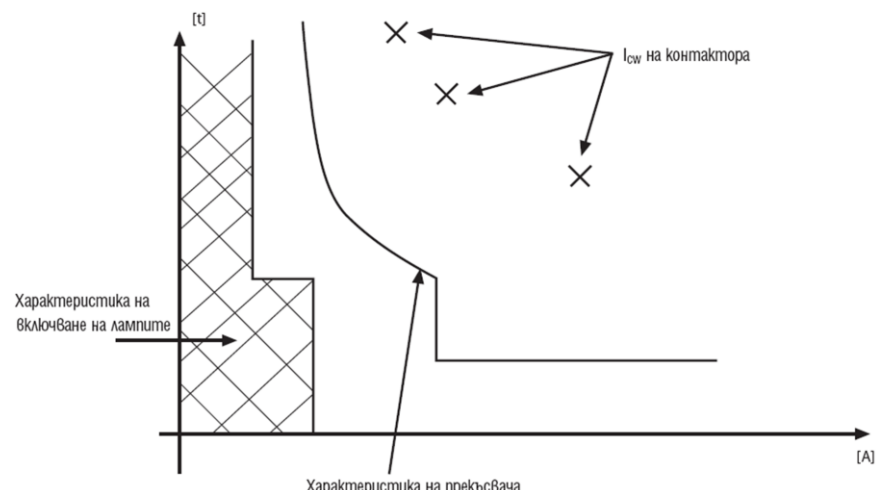
- Време-токовата крива на изключване на защитата трябва да е разположена над време-токовата крива на осветителния уред за да се избегнат нежелани изключения; такъв пример е показан на Фигура 1;

- Трябва да има координация с контактора в условия на късо съединение (за осветителните инсталации обикновено не са характерни претоварвания).

По отношение на горните критерии за проверка в следващите таблици е показан максималният брой лампи за фаза, който може да бъде управляван чрез комбинация от прекъсвачи АВВ и контактори за някои видове лампи в зависимост от тяхната мощност и изразходван ток I_b^* , за трифазните инсталации с номинално напрежение 400 V и максимален ток на късо съединение 15kA.

(*) За начина на изчисляване вижте Приложение В „Изчисляване тока на товара I_b^* ”.

Фигура 1: Приблизителна схема за координиране на лампи с устройства за защита и превключване



$U_r= 400\text{ V}$		$I_k= 15\text{ kA}$										
Лампи с нажежаеми жички / халогенни лампи												
Тип прекъсвач		S200P D20	S200P D20	S200P D25	S200P D32	S200P D50	T2N160 In63	T2N160 In63	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In160
Настройка PR221 DS		----	----	----	----	----	L= 0.68- A S= 8- B	L= 0.92- A S= 10- B	L= 0.68- A S= 8- B	L= 0.76- A S= 8- B	L= 1- A S= 10- B	L= 0.68- A S= 7- B
Тип контактор		A26	A26	A26	A26	A30	A40	A50	A63	A75	A95	A110
Номинална мощност [W]	Номинален ток I_b [A]	n брой лампи на фаза										
60	0.27	57	65	70	103	142	155	220	246	272	355	390
100	0.45	34	38	42	62	85	93	132	147	163	210	240
200	0.91	17	19	20	30	42	46	65	73	80	105	120
300	1.37	11	12	13	20	28	30	43	48	53	70	80
500	2.28	6	7	8	12	16	18	26	29	32	42	48
1000	4.55	3	4	4	6	8	9	13	14	16	21	24

Таблица 2: Флуоресцентна лампа

Ur= 400 V		Ik= 15 kA										
Флуоресцентни лампи без корекция на фактора на мощността												
Тип прекъсвач		S200P D16	S200P D20	S200P D20	S200P D32	S200P D40	S200P D50	S200P D63	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In160
Настройка PR221 DS		----	----	----	----	----			L= 0.68- A S= 10- B	L= 0.76- A S= 10- B	L= 0.96- A S= 10- B	L= 0.68- A S= 10- B
Тип контактор		A26	A26	A26	A26	A30	A40	A50	A63	A75	A95	A110
Номинална мощност [W]	Номинален ток Ib [A]	n брой лампи на фаза										
20	0.38	40	44	50	73	100	110	157	173	192	250	278
40	0.45	33	37	42	62	84	93	133	145	162	210	234
65	0.7	21	24	27	40	54	60	85	94	104	135	150
80	0.8	18	21	23	35	47	52	75	82	91	118	132
100	1.15	13	14	16	24	33	36	52	57	63	82	92
110	1.2	12	14	15	23	31	35	50	55	60	79	88

Ur= 400 V		Ik= 15 kA										
Флуоресцентни лампи с корекция на фактора на мощността												
Тип прекъсвач			S200P D25	S200P D25	S200P D32	S200P D40	S200P D63	T2N160 In63	T2N160 In63	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In160
Настройка PR221 DS			----	----	----	----		L= 0.68- A S= 18- B	L= 1- A S= 10- B	L= 0.68- A S= 10- B	L= 0.76- A S= 10- B	L= 0.96- A S= 10- B
Тип контактор			A26	A26	A26	A26	A30	A40	A50	A63	A75	A95
Номинална мощност [W]	Номинален ток Ib [A]	Кондензатор [μF]	n брой лампи на фаза									
20	0.18	5	83	94	105	155	215	233	335	360	400	530
40	0.26	5	58	65	75	107	150	160	230	255	280	365
65	0.42	7	35	40	45	66	92	100	142	158	173	225
80	0.52	7	28	32	36	53	74	80	115	126	140	180
100	0.65	16	23	26	29	43	59	64	92	101	112	145
110	0.7	18	21	24	27	40	55	59	85	94	104	135

Таблица 3: Газоразрядни лампи с висок интензитет

U _r = 400 V		I _k = 15 kA										
Флуоресцентни лампи без корекция на фактора на мощността												
Тип прекъсвач		S200P D16	S200P D20	S200P D20	S200P D32	S200P D40	S200P D40	S200P D50	S200P D63	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In160
Настройка PR221 DS										L= 0.8- A S= 6.5- B	L= 1- A S= 8- B	L= 0.8- A S= 6.5- B
Тип контактор		A26	A26	A26	A26	A30	A40	A50	A63	A75	A95	A110
Номинална мощност [W]	Номинален ток I _b [A]	n брой лампи на фаза										
150	1.8	6	7	8	11	15	17	23	26	29	38	41
250	3	4	4	5	7	9	10	14	16	17	23	25
400	4.4	3	3	3	4	6	7	9	10	12	15	17
600	6.2	1	2	2	3	4	5	7	8	8	11	12

U _r = 400 V		I _k = 15 kA										
Флуоресцентни лампи с корекция на фактора на мощността												
Тип прекъсвач		S200P D25	S200P D25	S200P D32	S200P D40	S200P D63	S200P D40	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In100	T2N160 In160	T2N160 In160
Настройка PR221 DS								L= 0.8- A S= 6.5- B	L= 0.88- A S= 6.5- B	L= 1- A S= 6.5- B	L= 0.84- A S= 4.5- B	L= 0.88- A S= 4.5- B
Тип контактор		A26	A26	A26	A26	A30	A40	A50	A63	A75	A95	A110
Номинална мощност [W]	Номинален ток I _b [A]	Кондензатор [μF]	n брой лампи на фаза									
150	1	20	13	14	15	23	28	30	50	58	63	81
250	1.5	36	8	9	10	15	18	20	33	38	42	54
400	2.5	48	5	5	6	9	11	12	20	23	25	32
600	3.3	65	4	4	5	7	8	9	15	17	19	24

Пример:

Превключване и защита на осветителна система, захранвана от трифазна мрежа с 400 V 15 kA, състояща се от 55 лампи с нажежаема жичка, всяка по 200 W на фаза. В Таблица 1 от реда съответстващ на 200 W изберете клетката, показваща броя на управляваните лампи за фаза, които съдържа инсталацията. В конкретния случай съответната клетка е с 65 лампи за фаза и се препоръчва следното оборудване:

- Прекъсвач АВВ Tmax T2N160In63 с електронен защитен блок PR221/DS със защита L настроена на 0.92, крива А и защита S настроена на 10, крива В;
- Контактор А50.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

3 Защита на електрическото оборудване

3.2 Защита и пускане на генератори

Необходимостта да се осигурява все по-голяма непрекъснатост на работата доведе до използването на генератори за аварийно захранване, от една страна като алтернатива, а от друга в паралел с обществената мрежа за електрозахранване.

Типичните конфигурации са следните:

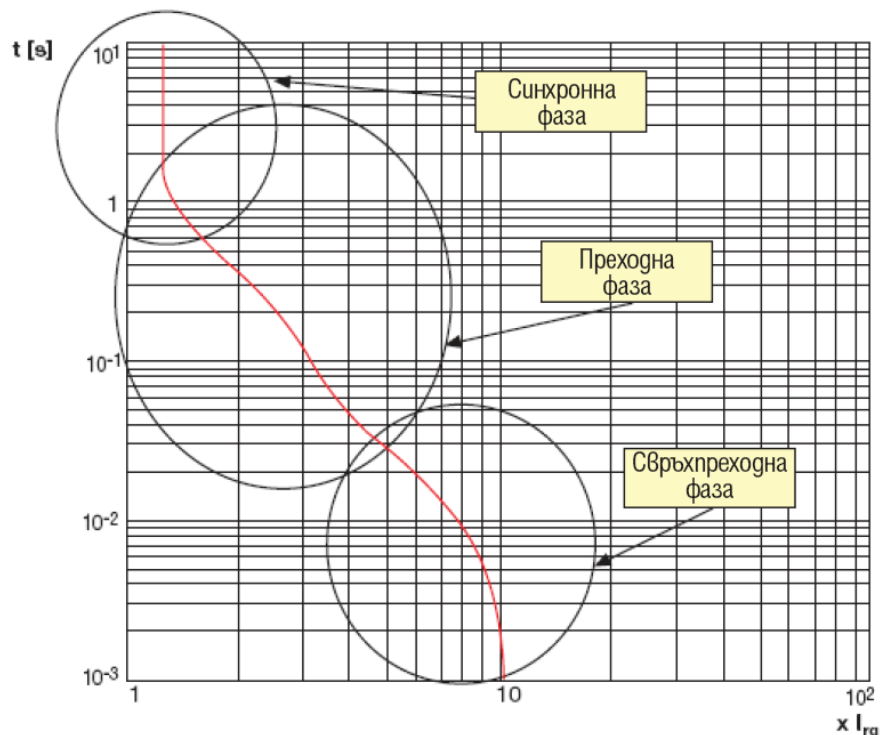
- “Захранване остров” (независимо функциониране) на приоритетните товари, в случай на отпадане на електрозахранването от обществената мрежа;
- Захранване на потребителската инсталация паралелно с обществената мрежа за електрозахранване.

За разлика от обществената мрежа за електрозахранване, в която тока на късо съединение има постоянна стойност, захранващият ток на генератора е функция на параметрите на самата машина и намалява с времето; възможно е да се различат следните последователни фази:

1. Свръхпреходна фаза: с кратка продължителност ($10 \div 50$ ms), характеризира се със свръхпреходното реактивно съпротивление X''^d ($5 \div 20\%$ от номиналната стойност на импеданса) и със свръхпреходната времева константа T''^d ($5 \div 30$ ms);

2. Преходна фаза: може да продължи до няколко секунди ($0,5 \div 2,5$ s), характеризира се с преходното реактивно съпротивление X^d ($15 \div 40\%$ от номиналната стойност на импеданса) и с преходната времева константа T^d ($0,03 \div 2,5$ s);

3. Синхронна фаза: може да продължи до изключване на външна защита, характеризира се със синхронно реактивно съпротивление X_d ($80 \div 300\%$ от номиналната стойност на импеданса).



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

3 Защита на електрическото оборудване

Като първо приближение може да се приеме, че максималната стойност на тока на късо съединение на генератор с номинална мощност S_{rg} при номинално напрежение на инсталацията U_r е равна на:

$$I_{kg} = \frac{I_{rg} \cdot 100}{X_d''\%}$$

където I_{rg} е номиналният ток на генератора:

$$I_{rg} = \frac{S_{rg}}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

Прекъсвачът за защита на генератора трябва да бъде избран съгласно следните критерии:

- Настроеният ток да е по-висок от номиналния ток на генератора: $I_1 \geq I_{rg}$;

- Изключвателната способност I_{cu} или I_{cs} да е по-висока от максималната стойност на тока на късо съединение в точката на присъединяване:

- в случай на единичен генератор: $I_{cu}(I_{cs}) \geq I_{kg}$;

- в случай на n идентични генератора, включени в паралел:

$I_{cu}(I_{cs}) \geq I_{kg} \cdot (n - 1)$;

- в случай на работа в паралел с мрежата: $I_{cu}(I_{cs}) \geq I_{kg} \cdot I_{net}$, тъй като захранващият ток на късо съединение от мрежата обикновено е по-голям от захранващият ток на късо съединение от генератора;

- За прекъсвачи със защиты от претоварване и к.с.: ниска стойност на изключване на защитата от к.с.: $I_3 = 2,5/3 \cdot I_n$;

- За прекъсвачи с електронни защитни блокове:

- стойността на изключване на функцията за защита от късо съединение със закъснение (S) да е настроена между 1,5 и 4 пъти номиналния ток на генератора, така че да „пресреща“ кривата на затихване на генератора: $I_2 = (1,5 \div 4) \cdot I_{rg}$; Ако липсва функцията S ,

- стойността на изключване на функцията за мигновена защита от късо съединение (I_3) да е настроена на стойност по-голяма от стойността на номиналния ток на късо съединение на генератора, така че да се постигне селективност на устройствата, инсталирани в посока надолу по веригата и да осигури възможност за бързо изключване в случай на късо съединение между устройството и захранването (при работа в паралел с други генератори или с мрежата):

$$I_3 \geq I_{kg}$$

В таблиците по-долу ще намерите предложенията за пускане и защита на генератори с апаратура на ABB SACE. Таблиците са съответно за напрежения 400V (Таблица 1), 440V (Таблица 2), 500V (Таблица 3), 690V (Таблица 4). Прекъсвачите с лят копрус може да бъдат оборудвани както с термомангнитна, така и с електронна защита.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и прекъсване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара Ib

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

Таблица 1

S rg [kV A]	MCB	MCCB	ACB
4	S200 B6	T 160	
6	S200 B10		
7	S200 B13		
9	S200 B16		
11	S200 B16		
14	S200 B25		
17			
19			
21	S200 B32		
22			
28	S200 B50		
31			
35			
38	S200 B63		
42			
44			
48	S200 B80		
55			
69	S200 B100		
80		T3 250 T4 250	
87			
100			
111			
138			
159			
173			
180			
190	T4 320		
208			
218			
242	T5 400		
277		T5 630 X1 630	
308			
311			
346			
381			
415			
436	T6 800 X1 880		
484			
554	T7 1000 X1 1000**		
692			
727	T7 1250 X1 1250**		
865			
1107	T7 1600 X1 1600**		
1730		E3 2500	
2180		E3 3200	
2214			E3 3200
2250			
2500		E4 4000	
2800			E3 3600
3150		E4 5000	
3500		E6 6300	

Таблица 2

S rg [kV A]	MCB	MCCB	ACB
4	S200 B6	T2 160	
6	S200 B8		
7	S200 B10		
9	S200 B13		
11	S200 B16		
14	S200 B20		
17	S200 B25		
19			
21	S200 B32		
22			
28	S200 B40		
31	S200 B50		
35			
38			
42	S200 B63		
44			
48	S200 B80		
55			
69	S200 B100		
80		T3 250 T4 250	
87			
100			
111			
138			
159			
173			
180			
190			
208			
218	T4 320		
242			
277	T5 400		
308		T5 630 X1 630	
311			
346			
381			
415			
436			
484	T6 800 X1 880		
554			
692	T7 1000 X1 1000**		
727			
865	T7 1250 X1 1250**		
1107			
1730			E3 2500
2180			
2214			E3 3200
2250			
2500			E3 3600
2800			E3 4000
3150			
3500			E6 5000

** също може да бъде използван прекъсвач Emax тип E1

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Таблица 3

S rg [kV A]	MCB	MCCB	ACB
4			
6			
7			
9			
11			
14			
17			
19			
21			
22			
28			
31			
35		T2 160	
38			
42			
44			
48			
55			
69			
80			
87			
100			
111			
138			
159			
173			
180		T3 250 T4 250	
190			
208			
218			
242		T4 320	
277			
308			
311		T5 400	
346			
381			
415		T5 630	X1 630
436			
484			
554		T6 800	X1 800**
692			
727			
865		T7 1000	X1 1000**
1107		T7 1600	X1 1600**
1730			E2 2000
2180			
2214			E3 3200
2250			
2500			
2800			E4 4000
3150			
3500			E6 5000

Таблица 4

S rg [kV A]	MCB	MCCB	ACB
4			
6			
7			
9			
11			
14			
17			
9			
21			
22			
28			
31			
35			
38		T2 160	
42			
44			
48			
55			
69			
80			
87			
100			
111			
138			
159			
173			
180			
190			
208			
218		T3 250 T4 250	
242			
277			
308			
311			
346		T4 320	
381			
415		T5 400	
436			
484			
554		T5 630	X1 630
692			
727			
865		T6 800	X1 800**
1107		T7 1000	X1 1000**
1730		T7 1600	X1 1600**
2180			
2214			E2 2000
2250			
2500			E3 2500
2800			
3150			E3 3200
3500			

** също може да бъде използван прекъсвач Emax тип E1

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

3 Защита на електрическото оборудване

Пример:

Защита на генератор с $S_{rg} = 100\text{kVA}$ в система с номинално напрежение 440 V.

Параметрите на генератора са:

$U_r = 440\text{ V}$

$S_{rg} = 100\text{ kVA}$

$I_{rg} = 131.2\text{ A}$

$X''_d = 6.5\%$ (свръхпреходно реактивно съпротивление)

$X'_d = 17.6\%$ (преходно реактивно съпротивление)

$X_d = 230\%$ (синхронно реактивно съпротивление)

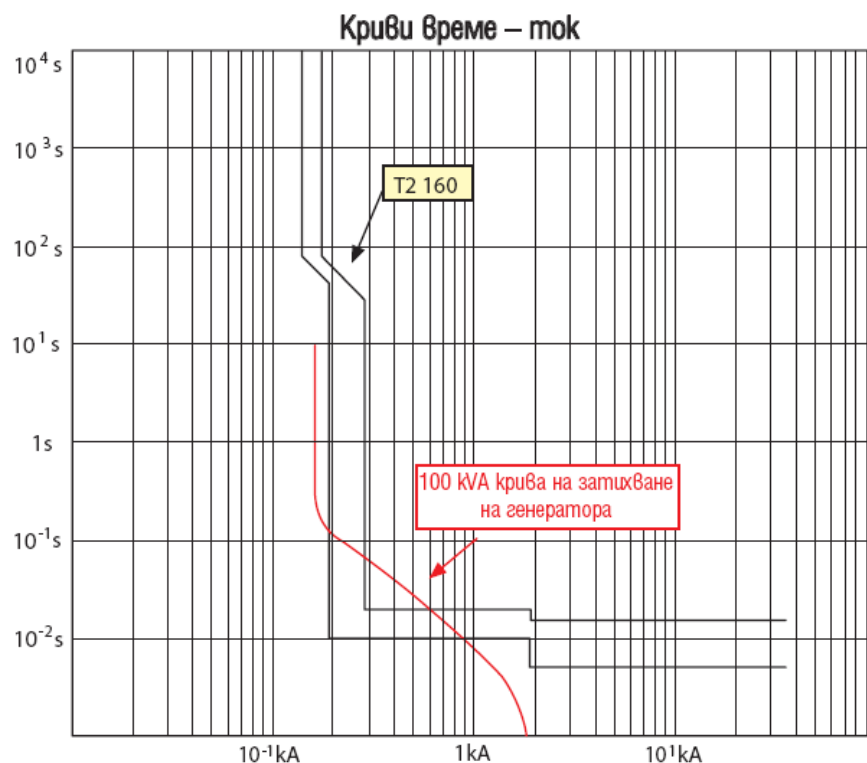
$T''_d = 5.5\text{ ms}$ (свръхпреходна времева константа)

$T'_d = 39.3\text{ ms}$ (преходна времева константа)

От Таблица 2 е избран прекъсвач ABB SACE T2N160 с $I_n = 160\text{ A}$ с електронен защитен блок PR221-LS. За правилната защита на генератора са избрани следните настройки:

Функция L: 0.84 – A, съответстваща на 134.4 A, стойност по-голяма от I_{rg}

Функция : 1.5



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

3 Защита на електрическото оборудване

3.3 Защита и пускане на двигатели

Електромеханични стартери

Стартерите са предназначени за:

- пуск на двигатели;
- осигуряване непрекъсната работа на двигателите;
- разединяване/ отделяне на двигателите от захранващата линия;
- гарантиране на защита на двигателите от работни претоварвания.

Обикновено стартерите се състоят от превключващо устройство (контактор) и устройство за защита от претоварване (термичен защитен блок).

Двете устройства трябва да бъдат координирани с оборудване, способно да осигури защита от късо съединение, обикновено прекъсвач само със защита от к.с. (магнитен защитен блок), което не е задължителна част на стартера.

Характеристиките на стартера трябва да съответстват на международния стандарт IEC 60947-4-1, който дава следните определения:

• **Контактор:** механично превключващо устройство, имащо само едно положение при работа, способно да включва, провежда и прекъсва токове при нормални за веригата условия, включително условия на претоварване.

• **Термичен защитен блок:** реле за термично претоварване, което сработва в случай на претоварване и също така в случай на отпадане на фаза.

• **Прекъсвач:** дефиниран в IEC 60947-2 като механично превключващо устройство способно да включва, провежда и прекъсва токове при нормални за веригата работни условия, а също така да включва, провежда и да прекъсва токове за дадено време при определени аномални условия за веригата.

Основните видове двигатели, които могат да работят със стартер и които определят характеристиките му, са дефинирани чрез следните категории за приложение:

Вид на тока	Категория на приложение	Типични приложения
Променлив ток AC	AC-2	Двигатели с контактни пръстени: пуск, изключване
	AC-3	Двигатели с накъсо съединен ротор: пуск, изключване по време на работа(1)
	AC-4	Двигатели с накъсо съединен ротор: пуск, спиране с противовключване, многократни-краткотрайни включения

(1) Категориите AC-3 могат да се използват за спорадични многократни-краткотрайни включения като например за настройване на машини; през такива ограничени периоди от време броят на тези операции не бива да превишава пет за минута или повече от десет за десетминутен период.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Избирането на пусков метод, а също така ако е необходимо, и на вида на използвания двигател зависи от типичния съпротивителен въртящ момент на товара и от мощността на късо съединение на мрежата, захранваща двигателя.

Най-често използваните типове двигатели за работа с променлив ток са следните:

- асинхронни трифазни двигатели с накъсо съединен ротор (АС-3): те са най-разпространени благодарение на простата си конструкция, икономичност и устойчивост; те развиват голям въртящ момент за кратък период на ускорение, но изискват повишени пускови токове;

- двигатели с контактни пръстени (АС-2): те се характеризират с по-малко изисквания за пусковите условия и имат доста висок пусков въртящ момент дори при захранваща мрежа с ниска мощност.

Пускови методи

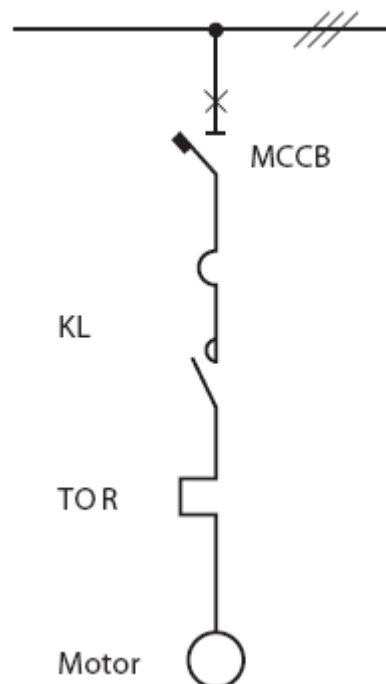
По-долу са описани най-разпространените пускови методи за асинхронни двигатели с накъсо свързан ротор:

• Директен пуск

При директния линейен пуск DOL (Direct On Line), със затварянето на линейния контактор KL се прилага линейно напрежение директно към клемите на двигателя с една единствена операция. Двигателят с накъсо съединен ротор развива висок пусков въртящ момент за сравнително кратък ускорителен период. Този метод се използва обикновено за двигатели с малка и средна мощност, които достигат пълната си работна скорост за кратко време. Тези преимущества обаче са придружени от редица недостатъци, като например:

- висока консумация на ток и свързаният с това пад на напрежение. Това може да причини повреди на други части на системата, прикачени към мрежата;

- бурно ускорение, което има отрицателен ефект върху компонентите на механичната трансмисия (ремъци, вериги и механични връзки), намалявайки работния им живот.



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Други методи за пуск на двигатели с накъсо свързан ротор са усъвършенствани чрез намаляване на захранващото напрежение на двигателя: това води до намаляване на пусковия ток и на въртящия момент на двигателя и увеличаване на времето на ускоряване.

• Стартер звезда – триъгълник

Най-разпространеният метод на пуск с намалено напрежение на стартера е „звезда – триъгълник” (Y- Δ), при който:

- при пуск намотките на статора са свързани в “звезда”, като така се постига намаляване на върховия пусков ток;

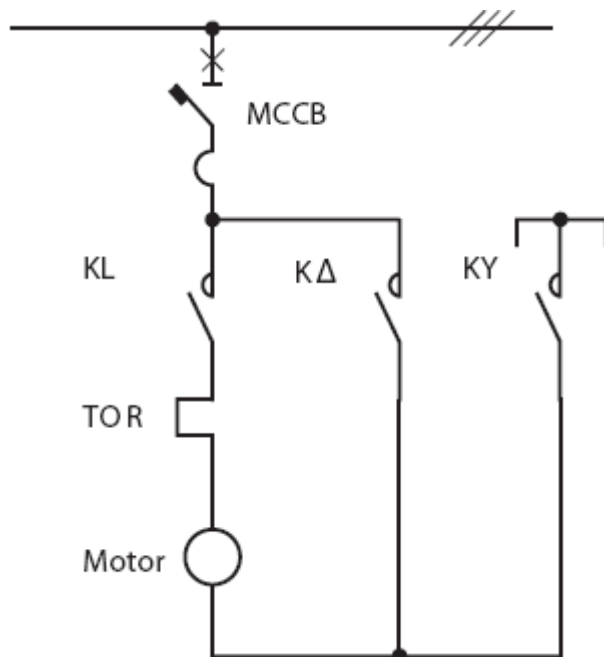
- след като е почти достигната нормалната скорост на двигателя се извършва превключване към “триъгълник”.

След превключването токът и въртящият момент следват времето-токовите криви, отнасящи се за нормалното работно свързване (триъгълник).

Както лесно може да се провери, пускът на двигателя със свързване „звезда” води до намаляване на напрежението е 3 пъти, а потребният ток от линията се намалява с 1/3 в сравнение с тока, потребяван при свързване „триъгълник”.

Пусковият въртящ момент, пропорционален на квадрата на напрежението, се намалява 3 пъти в сравнение с въртящия момент на същия двигател при свързване „триъгълник”.

Този метод най-често се прилага при двигатели с мощност от 15 до 355 kW, но предназначени за пуск с нисък начален съпротивителен въртящ момент.



• Пускова последователност

С натискане на бутона старт се затварят контакторите KL и KY. Таймерът започва да измерва пусковото време, през което двигателят е свързан в режим “звезда”. След като изтече зададеното време, таймерът отваря контактора KY и със закъснение около 50 ms затваря контактора KΔ. При тази нова конфигурация – затворени контактори KL и KΔ - двигателят вече е свързан в режим „триъгълник”.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Термичният защитен блок (TOR), включен във веригата „триъгълник”, може да установи наличието на всички 3-ти хармонични токове, които могат да възникнат вследствие на насищане на магнитния блок и като се добавят към основния ток да претоварват двигателя.

Във връзка със схемата на свързване, оборудването използвано за пускане „звезда/триъгълник” трябва да може да провежда следните токове:

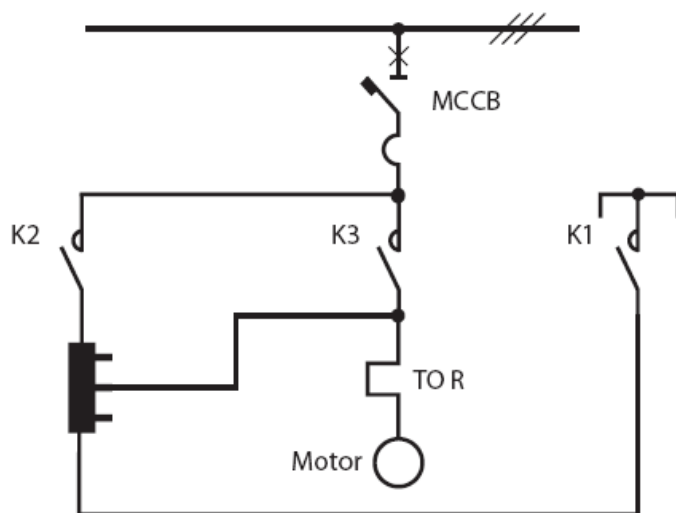
$\frac{I_r}{\sqrt{3}}$	KL линеен контактор и КД контактор триъгълник
$\frac{I_r}{3}$	КУ контактор звезда
$\frac{I_r}{\sqrt{3}}$	Защитен блок от претоварване

където I_r е номиналният ток на двигателя.

• Пуск с автотрансформатори

Пускът с автотрансформатори е най-функционалният от методите, използвани за пуск с понижено напрежение, но също така и най-скъпият. Понижаването на напрежението се постига чрез използване на автотрансформатори с фиксирани отклонения (стъпален превключвател) или на още по-скъпите автотрансформатори с много отклонения.

Този пуск намира приложение при двигателите с накъсо свързан ротор, които обикновено имат мощност от 50 kW до няколко стотин киловата и двигатели с двукафезен ротор с още по-голяма мощност.



Автотрансформаторът понижава мрежовото напрежение с коефициент K ($K = 1.25 \div 1.8$) и като следствие от това пусковият въртящ момент са понижава K^2 пъти в сравнение със стойността на пълното номинално напрежение.

При пускане двигателят е свързан към отклоненията на автотрансформатора и контакторите K_2 и K_1 са затворени.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

По този начин двигателят стартира при понижено напрежение и когато достигне приблизително 80% от нормалната си скорост, контакторът К1 се отваря и основният контактор К3 се затваря. След това се отваря контакторът К2, отделяйки автотрансформатора така, че двигателят да се захранва с пълното мрежово напрежение.

Пуск с индуктивни реактори или резистори

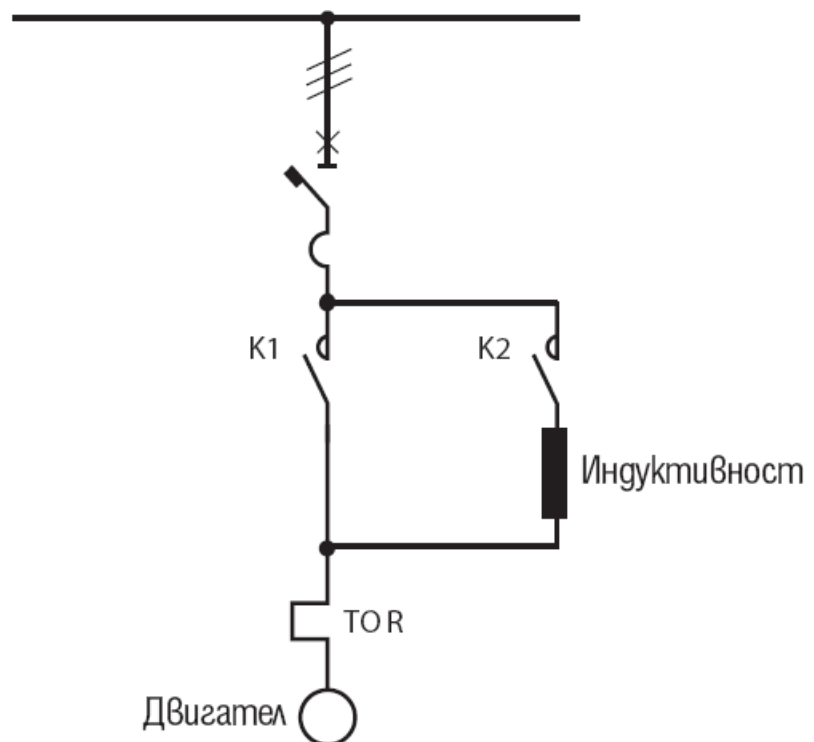
Този метод на пуск се използва за прости двигатели или двигатели с двакафезен ротор. Понижаването на захранващото напрежение се постига чрез последователно свързване на индуктивни реактори или резистори към статора. При пуск токът се ограничава до $2.5 \div 3.5$ пъти от номиналната му стойност.

По време на пуск двигателят се захранва през контактора К2; след като се достигне нормалната скорост, реакторите се свързват накъсо чрез затваряне на контактора К1 и след това се отделят чрез отваряне на контактора К2.

Възможно е да се постигне постепенно отделяне на резисторите или реакторите чрез команди с времезакъснение дори при двигатели с мощност по-голяма от 100 kW.

Използването на реактори намалява чувствително фактора на мощността, докато използването на резистори причинява разсейване на много енергия (ефект на Джаул), дори ако е ограничено само до пусковата фаза.

За понижаване K ($0.6 \div 0.8$) на напрежението на двигателя се понижава въртящия момент K^2 пъти ($0.36 \div 0.64$).



Съгласно споменатия по-горе стандарт, стартерите могат да бъдат класифицирани според времето на изключване (клас на изключване) и според вида на координацията със защитното устройство за късо съединение (Тип 1 и Тип 2).

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Класове на изключване

Класовете на изключване се разграничават на базата на характеристиката на изключване на термичните защитни блокове.

Класовете на изключване са дефинирани в следващата таблица 2:

Таблица 2: Класове на изключване

Клас на изключване	Време на изключване в секунди (T_r)
10A	$2 < T_r < 10$
10	$4 < T_r < 10$
20	$6 < T_r < 20$
30	$9 < T_r < 30$

Където T_r е времето на студено изключване на защитата от претоварване при 7,2 пъти стойността на настроенния ток (например: защитен блок от клас 10 при 7,2 пъти стойността на настроенния ток не трябва да изключи до 4 секунди, но трябва да изключи до 10 секунди).

Нормалната процедура е да се свързва клас 10 за нормален пуск и клас 30 за тежък режим на работа.

Типове координация

• Тип 1

Допустимо е в случай на късо съединение контакторът и термичният защитен блок да бъдат повредени. Възможно е и стартерът да не може да функционира и трябва да бъде проверен; ако е необходимо, контакторът и/или термичният защитен блок трябва да се сменят, а защитният блок на прекъсвача да се рестартира.

• Тип 2

В случай на късо съединение защитата от претоварване не трябва да дефектира, докато заваряване на контактите на контактора е допустимо, тъй като те лесно могат да се отделят (например с отверка), без причиняване на съществени деформации.

За да се определи ясно типа на координация, а от там и оборудването, необходимо за нейното постигане, трябва да е известно следното:

- мощността на двигателя в kW и вида му;
- номиналното напрежение на системата;
- номиналният ток на двигателя;
- токът на късо съединение в инсталационната точка;
- типа на пуска: директно линеен или звезда/триъгълник - нормален или тежък режим на работа - Тип 1 или Тип 2.

Необходимите устройства трябва да бъдат координирани едно с друго в съответствие с изискванията на стандарта.

За най-често срещаните стойности на напрежение и на късо съединение (400V – 440V – 500V – 690V; 35kA – 50kA) и за най-често използваните методи на пуск, като директен линеен и звезда/триъгълник, за асинхронни двигатели с накъсо съединен ротор (AC-3), ABB предлага решения с:

- прекъсвач със защита от късо съединение – контактор – защита от претоварване;
- прекъсвач със защита от претоварване и к.с. – контактор;
- прекъсвач със защита от претоварване и к.с. с електронен защитен блок PR222MP – контактор.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Следват примерни типовите таблици:

Таблица 3: 400V 50kA DOL (директен линеен пуск) Нормален режим Тип 2 (Tmax – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Защитен блок от термично претоварване		
Pe [kW]	I _r [A]	Тип	I ₃ [A]	Тип	Тип	Настройка на тока	
						min. [A]	max. [A]
0.37	1.1	T2S160 MF 1.6	21	A9	TA25DU1.4	1	1.4
0.55	1.5	T2S160 MF 1.6	21	A9	TA25DU1.8	1.3	1.8
0.75	1.9	T2S160MF 2	26	A9	TA25DU2.4	1.7	2.4
1.1	2.8	T2S160MF3 2	42	A9	TA25DU4	2.8	4
1.5	3.5	T2S160MF 4	52	A16	TA25DU5	3.5	5
2.2	5	T2S160MF 5	65	A26	TA25DU6.5	4.5	6.5
3	6.6	T2S160MF8.5	110	A26	TA25DU8.5	6	8.5
4	8.6	T2S160MF11	45	A30	TA25DU11	7.5	11
5.5	11.5	T2S160MF12.5	163	A30	TA25DU14	10	14
7.5	15.2	T2S160 MA 20	210	A30	TA25DU19	13	19
11	22	T2S160 MA 32	288	A30	TA42DU25	18	25
15	28.5	T2S160 MA 52	392	A50	TA75DU42	29	42
18.5	36	T2S160 MA 52	469	A50	TA75DU52	36	52
22	42	T2S160 MA 52	547	A50	TA75DU52	36	52
30	56	T2S160 MA 80	840	A63	TA75DU80	60	80
37	68	T2S160 MA 80	960	A75	TA75DU80	60	80
45	83	T2S160 MA 100	1200	A95	TA110DU110	80	110
55	98	T3S250 MA 160	1440	A110	TA110DU110	80	110
75	135	T3S250 MA 200	1800	A145	TA200 U175	130	175
90	158	T3S250 MA 200	2400	A185	TA200DU200	150	200
110	193	T4S320 PR221-I In320	2720	A210	E320DU320	100	320
132	232	T5S400 PR221-I In400	3200	A260	E320DU320	100	320
160	282	T5S400 PR221-I In400	4000	A300	E320DU320	100	320
200	349	T5S630 PR221-11п630	5040	AF400	E500DU500	150	500
250	430	T6S630 PR221-11п630	6300	AF460	E500DU500	150	500
290	520	T6S800 PR221-I In800	7200	AF580	E800DU800	250	800
315	545	T6S800 PR221-I In800	8000	AF580	E800DU800	250	800
355	610	T6S800 PR221-I In800	8000	AF75	E800DU800	250	800

MA: защитен блок с настройваема защита от к.с.

MF: защитен блок фиксирана защита от к.с.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и прекъсване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 3: 400V 50kA DOL (директен линеен пуск)

Нормален режим Тип2

(T_{max} – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Защитен блок от термично претоварване			
P _e [kW]	I _g [A]	Тип	I ₃ [A]	Тип	Тип *	Брой навивки в първичната намотка на токовия трансформатор	Настройка на тока	
							min. [A]	max. [A]
0.4	1.1	T2S160MF1. 6	21	A9	TA25DU1.4*		1	1.4
0.55	1.5	T2S160MF1. 6	21	A9	TA25DU1.8*		1.3	1.8
0.75	1.9	T2S160MF 2	26	A9	TA25DU2.4*		1.7	2.4
1.	2.8	T2S160MF3. 2	42	A9	TA25DU4*		2.8	4
1.5	3.5	T2S160MF 4	52	A16	TA25DU5*		3.5	5
2.2	5	T2S160MF 5	65	A26	TA25DU6.5*		4.5	6.5
3	6.6	T2S160MF8. 5	110	A26	TA25DU8.5*		6	8.5
4	8.6	T2S160MF 11	145	A30	TA25 U11*		7.5	11
5.5	11.5	T2S160MF12. 5	163	A30	TA450SU60	4	10	15
7.5	15.2	T2S160 MA 20	210	A30	TA450SU60	3	13	20
11	22	T2S160 MA 32	288	A30	TA450SU60	2	20	30
15	28.5	T2S160 MA 52	392	A50	TA450SU80	2	23	40
18.5	36	T2S160 MA 52	469	A50	TA450SU80	2	23	40
22	42	T2S160 MA 52	547	A50	TA450SU60		40	60
30	56	T2S160 MA 80	840	A63	TA450SU80		55	80
37	68	T2S160 MA 80	960	A95	TA450SU80		55	80
45	83	T2S160 MA 100	1200	A110	TA450SU105		70	105
55	98	T3S250 MA 160	1440	A145	TA450SU140		95	140
75	135	T3S250 MA 200	1800	A185	TA450SU185		130	185
90	158	T3S250 MA 200	2400	A210	TA450SU185		130	185
110	193	T4S320 PR221-I In320	2720	A260	E320DU320		100	320
132	232	T5S400 PR221-I In400	3200	A300	E320DU320		100	320
160	282	T5S400 PR221-I In400	4000	AF400	E500D 500		150	500
200	349	T5S630 PR221-I In630	5 40	AF460	E500DU500		150	500
250	430	T6S630 PR221-I In630	6300	AF580	E500DU500**		150	500
290	520	T6S800 PR221-I In800	7200	AF750	E800DU800		250	800
315	545	T6S800 PR221-I In800	8000	AF750	E800DU800		250	800
355	610	T6S800 PR221-I In800	8000	AF750	E800DU800		250	800

* Осигурете шунтиращ контактор от същия тип по време на пуск на двигателя

** За защитни блокове тип Е изберете клас на изключване 30

*** Не се предлага набор за свързване. За да използвате набора за свързване е необходима смяна със защитен блок E800DU800.

MA: защитен блок с настройваема защита от к.с.

MF: защитен блок фиксирана защита от к.с.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и прекъсване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 5: 400V 50kA Звезда/триъгълник Нормален режим Тип 2 (Tmax – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор			Защитен блок от термично претоварване	
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_z [A]	T_{un} Линеен	T_{un} Триъгълник	T_{un} Звезда	T_{un}	Настройка на тока [A]
18.5	36	T2S160 MA52	469	A50	A50	A26	TA75DU25	18-25
22	42	T2S160 MA52	547	A50	A50	A26	TA75DU32	22-32
30	56	T2S160 MA80	720	A63	A63	A30	TA75DU42	29-42
37	68	T2S160 MA80	840	A75	A75	A30	TA75DU52	36-52
45	83	T2S160 MA100	1050	A75	A75	A30	TA75DU63	45 - 63
55	98	T2S160 MA100	1200	A75	A75	A40	TA75DU63	45 - 63
75	135	T3S250 MA160	1700	A95	A95	A75	TA110DU90	66 - 90
90	158	T3S250 MA200	2000	A110	A110	A95	TA110DU110	80 - 110
110	193	T3S250 MA200	2400	A145	A145	A95	TA200DU135	100 - 135
132	232	T4S320 PR221-I In320	2880	A145	A145	A110	E200DU200	60 - 200
160	282	T5S400 PR221-I In400	3600	A185	A185	A145	E200DU200	60 - 200
200	349	T5S630 PR221-I In630	4410	A210	A210	A185	E320DU320	100 - 320
250	430	T5S630 PR221-I In630	5670	A260	A260	A210	E320DU320	100 - 320
290	520	T6S630 PR221-I In630	6300	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500
315	545	T6S800 PR221-I In800	7200	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500
355	610	T6S800 PR221-I In800	8000	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500

МА: настройваем магнитен защитен блок

Таблица 6: 400V 50kA DOL (директен линеен пуск) Нормален и тежък режим Тип 2 (Tmax с MP защитен блок – контактор)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус			Контактор	Група
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_1^* range [A]	I_z [A]	T_{un}	[A]
30	56	T4S250 PR222MP In100	40-100	600	A95	95
37	68	T4S250 PR222MP In100	40-100	700	A95	95
45	83	T4S250 PR222MP In100	40-100	800	A95	95
55	98	T4S250 PR222MP In160	64-160	960	A145	145
75	135	T4S250 PR222MP In160	64-160	1280	A145	145
90	158	T4S250 PR222MP In200	80-200	1600	A185	185
110	193	T5S400 PR222MP In320	128-320	1920	A210	210
132	232	T5S400 PR222MP In320	128-320	2240	A260	260
160	282	T5S400 PR222MP In320	128-320	2560	AF400**	320
200	349	T5S400 PR222MP In400	160-400	3200	AF400	400
250	430	T6S800 PR222MP In630	252-630	5040	AF460	460
290	520	T6S800 PR222MP In630	252-630	5670	AF580	580
315	545	T6S800 PR222MP In630	252-630	5670	AF580	580
355	610	T6S800 PR222MP In630	252-630	5670	AF750	630

(*) за пуск тежък режим настройте класа на изключване на електронния защитен блок на клас 30

(**) в случай на пуск нормален режим използвайте AF300

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическият ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 7: 440V 50kA DOL (директен линейен пуск) Нормален режим
Тип 2
(T_{max} – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Защитен блок от термично претоварване		
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_z [A]	T_{un}	T_{un}	Настройка на тока	
						min. [A]	max. [A]
0.37	1	T2H160 MF 1	13	A9	TA25DU1. 4	1	1.4
0.55	1.4	T2H160 MF 1. 6	21	A9	TA25DU1. 8	1.3	1.8
0.75	1.7	T2H160 MF 2	26	A9	TA25DU2. 4	1.7	2.4
1.1	2.2	T2H160 MF 2. 5	33	A9	TA25DU3. 1	2.2	3.1
1.5	3	T2H160 MF 3. 2	42	A16	TA25DU4	2.8	4
2.2	4.4	T2H160 MF 5	65	A26	TA25DU5	3.5	5
3	5.7	T2H160 MF 6. 5	84	A26	TA25DU6. 5	4.5	6.5
4	7.8	T2H160 MF 8. 5	110	A30	TA25DU11	7.5	11
5.5	10.5	T2H160 MF 11	145	A30	TA25DU14	10	14
7.5	13.5	T2H160 MA 20	180	A30	TA25DU19	13	19
11	19	T2H160 MA 32	240	A30	TA42DU25	18	25
15	26	T2H160 MA 32	336	A50	TA75DU32	22	32
18.5	32	T2H160 MA 52	469	A50	TA75DU42	29	42
22	38	T2H160 MA 52	547	A50	TA75DU52	36	52
30	52	T2H160 MA 80	720	A63	TA75DU63	45	63
37	63	T2H160 MA 80	840	A75	TA75DU80	60	80
45	75	T2H160 MA 100	1050	A95	TA110DU90	65	90
55	90	T4H250 PR221-I In160	1200	A110	TA110DU110	80	110
75	120	T4H250 PR221-I In250	1750	A145	E200DU200	60	200
90	147	T4H250 PR221-I In250	2000	A185	E200DU200	60	200
110	177	T4H250 PR221-I In250	2500	A210	E320DU320	100	320
132	212	T5H400 PR221-I In320	3200	A260	E320DU320	100	320
160	260	T5H400 PR221-I In400	3600	A300	E320DU320	100	320
200	320	T5H630 PR221-I In630	4410	AF 400	E500DU500	150	500
250	410	T6H630 PR221-I In630	5355	AF 460	E500DU500	150	500
290	448	T6H630 PR221-I In630	6300	AF 580	E500DU500*	150	500
315	500	T6H800 PR221-I In800	7200	AF 580	E800DU800	250	800
355	549	T6H800 PR221-I In800	8000	AF 580	E800DU800	250	800

* Не се предлага набор за свързване. За да използвате набор за свързване, сменете с реле E800DU800.

MA: защитен блок с настройваема защита от к.с.

MF: защитен блок фиксирана защита от к.с.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 8: 440V 50kA DOL (директен линейен пуск)

Тежък режим Тип 2

(T_{max} – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Защитен блок от термично претоварване			
P_e	I_r	T_{up}	I_3	T_{up}	T_{up}^{**}	Брой навишки в първичната намотка на токовия трансформатор	Настройка на тока	
[kW]	[A]		[A]				min. [A]	max. [A]
0.37	1	T2H160 MF 1	13	A9	TA25DU1.4*		1	1.4
0.55	1.4	T2H160 MF 1.6	21	A9	TA25DU1.8*		1.3	1.8
0.75	1.7	T2H160 MF 2	26	A9	TA25DU2.4*		1.7	2.4
1.1	2.2	T2H160 MF 2.5	33	A9	TA25DU3.1*		2.2	3.1
1.5	3	T2H160 MF 3.2	42	A16	TA25DU4*		2.8	4
2.2	4.4	T2H160 MF 5	65	A26	TA25DU5*		3.5	5
3	5.7	T2H160 MF 6.5	84	A26	TA25DU6.5*		4.5	6.5
4	7.8	T2H160 MF 8.5	110	A30	TA25DU11*		7.5	11
5.5	10.5	T2H160 MF 11	145	A30	TA25DU14*		10	14
7.5	13.5	T2H160 MA 20	180	A30	TA450SU60	4	10	15
11	19	T2H160 MA 32	240	A30	TA450SU80	3	18	27
15	26	T2H160 MA 32	336	A50	TA450SU60	2	20	30
18.5	32	T2H160 MA 52	469	A50	TA450SU80	2	28	40
22	38	T2H160 MA 52	547	A50	TA450SU80	2	28	40
30	52	T2H160 MA 80	720	A63	TA450SU60		40	60
37	63	T2H160 MA 80	840	A95	TA450SU80		55	80
45	75	T2H160 MA 100	1050	A110	TA450SU105		70	105
55	90	T4H250 PR221-I In160	1200	A145	E200DU200		60	200
75	120	T4H250 PR221-I In250	1750	A185	E200DU200		60	200
90	147	T4H250 PR221-I In250	2000	A210	E320DU320		100	320
110	177	T4H250 PR221-I In250	2500	A260	E320DU320		100	320
132	212	T5H400 PR221-I In320	3200	A300	E320DU320		100	320
160	260	T5H400 PR221-I In400	3600	AF400	E500DU500		150	500
200	320	T5H630 PR221-I In630	4410	AF460	E500DU500		150	500
250	410	T6H630 PR221-I In630	5355	AF580	E500DU500***		150	500
290	448	T6H630 PR221-I In630	6300	AF750	E500DU500***		150	500
315	500	T6H800 PR221-I In800	7200	AF 750	E800DU800		250	800
355	549	T6H800 PR221-I In800	8000	AF 750	E800DU800		250	800

* Осигурете шунтиращ контактор от същия тип по време на пуск на двигателя

** За защитни блокове тип E изберете клас на изключване 30

*** Не се предлага набор за свързване. За да използвате набора за свързване е необходима смяна със защитен блок E800DU800.

MA: настройваем магнитен защитен блок

MF: фиксиран магнитен защитен блок

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и преключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 9: 440V 50kA Звезда/Триъгълник Нормален режим Тип 2 (Tmax – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лям корпус		Контактор			Защитен блок от термично претоварване	
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_z [A]	Линеен T_{un}	T_{un} Триъгълник	T_{un} Звезда	T_{un}	Настройка на тока
18.5	32	T2H160 MA5 2	392	A 50	A 50	A 16	TA75DU2 5	18-25
22	38	T2H160 MA5 2	469	A 50	A 50	A 26	TA75DU25	18-25
30	52	T2H160 MA8 0	720	A 63	A 63	A 26	TA75DU42	29-42
37	63	T2H160 MA8 0	840	A 75	A 75	A 30	TA75DU42	29-42
45	75	T2H160 MA8 0	960	A 75	A 75	A30	TA75DU5 2	36-52
55	90	T2H160 MA100	1150	A 75	A 75	A40	TA75DU6 3	45 - 63
75	120	T4H250 PR221-I In250	1625	A95	A95	A75	TA80DU8 0	60-80
90	147	T4H250 PR221-I In250	1875	A95	A95	A75	TA110DU110	80-110
110	177	T4H250 PR221-I In250	2250	A145	A145	A95	E200DU200	60-200
132	212	T4H320 PR221-I In320	2720	A145	A145	A110	E200DU200	60-200
160	260	T5H400 PR221-I In400	3200	A185	A185	A145	E200DU200	60-200
200	320	T5H630 PR221-I In630	4095	A210	A210	A185	E320DU320	100-320
250	410	T5H630 PR221-I In630	5040	A260	A260	A210	E320DU320	100-320
290	448	T6H630 PR221-I In630	5670	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500
315	500	T6H630 PR221-I In630	6300	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500
355	549	T6H800 PR221-I In800	7200	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500

МА: защитен блок с настройваема защита от к.с.

Таблица 10: 440V 50kA DOL (директен линеен пуск) Нормален и тежък режим Тип 2 Нормален режим Тип 2 (Tmax с MP защитен блок – контактор)

Двигател		Прекъсвач в лям корпус			Контактор	Група
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_1^* range [A]	I_z [A]	T_{un}	[A]
30	52	T4H250 PR222MP In100	40-100	600	A95	93
37	63	T4H250 PR222MP In100	40-100	700	A95	93
45	75	T4H250 PR222MP In100	40-100	800	A95	93
55	90	T4H250 PR222MP In160	64-160	960	A145	145
75	120	T4H250 PR222MP In160	64-160	1120	A145	145
90	147	T4H250 PR222MP In200	80-200	1400	A185	185
110	177	T5H400 PR222MP In320	128-320	1920	A210	210
132	212	T5H400 PR222MP In320	128-320	2240	A260	240
160	260	T5H400 PR222MP In320	128-320	2560	AF400**	320
200	320	T5H400 PR222MP In400	160-400	3200	AF400	400
250	370	T6H800 PR222MP In630	252-630	4410	AF460	460
290	436	T6H800 PR222MP In630	252-630	5040	AF460	460
315	500	T6H800 PR222MP In630	252-630	5040	AF580	580
355	549	T6H800 PR222MP In630	252-630	5670	AF580	580

(*) за пуск тежък режим настройте класа на изключване на електронния защитен блок на клас 30

(**) в случай на пуск нормален режим използвайте AF300

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и преключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическият ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

**Таблица 11: 500V 50kA DOL (директен линеен пуск)
Нормален режим Тип 2
(T_{max} – контактор – TOR)**

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Защитен блок от термично претоварване		
P_e	I_r	T_{un}	I_z	T_{un}	T_{un}	Настройка на тока	
[kW]	[A]		[A]			min. [A]	max. [A]
0.37	0.88	T2L160 MF 1	13	A9	TA25DU1. 0	0.63	1
0.55	1.2	T2L160 MF 1. 6	21	A9	TA25DU1. 4	1	1.4
0.75	1.5	T2L160 MF 1. 6	21	A9	TA25DU1. 8	1.3	1.8
1.1	2.2	T2L160 MF 2. 5	33	A9	TA25DU3. 1	2.2	3.1
1.5	2.8	T2L160 MF 3. 2	42	A16	TA25DU4	2.8	4
2.2	4	T2L160 MF 4	52	A26	TA25DU5	3.5	5
3	5.2	T2L160 MF 6. 5	84	A26	TA25DU6. 5	4.5	6.5
4	6.9	T2L160 MF 8. 5	110	A30	TA25DU8. 5	6	8.5
5.5	9.1	T2L160 MF 11	145	A30	TA25DU11	7.5	11
7.5	12.2	T2L160 MF 12. 5	163	A30	TA25DU14	10	14
11	17.5	T2L160 MA 20	240	A30	TA25DU19	13	19
15	23	T2L160 MA 32	336	A50	TA75DU25	18	25
18.5	29	T2L160 MA 52	392	A50	TA75DU32	22	32
22	34	T2L160 MA 52	469	A50	TA75DU42	29	42
30	45	T2L160 MA 52	624	A63	TA75DU52	36	52
37	56	T2L160 MA 80	840	A75	TA75DU63	45	63
45	67	T2L160 MA 80	960	A95	TA80DU80	60	80
55	82	T2L160 MA 100	1200	A110	TA110DU90	65	90
75	110	T4H250 PR221-I In160	1440	A145	E200DU200	60	200
90	132	T4H250 PR221-I In250	1875	A145	E200DU200	60	200
110	158	T4H250 PR221-I In250	2250	A185	E200DU200	60	200
132	192	T4H320 PR221-I In320	2720	A210	E320DU320	100	320
160	230	T5H400 PR221-I In400	3600	A260	E320DU320	100	320
200	279	T5H400 PR221-I In400	4000	A300	E320DU320	100	320
250	335	T5H630 PR221-I In630	4725	AF 400	E 500DU500	150	500
290	394	T6H630 PR221-I In630	5040	AF 460	E 500DU500	150	500
315	440	T6H630 PR221-I In630	6300	AF 580	E 500DU500*	150	500
355	483	T6H630 PR221-I In630	6300	AF 580	E 800DU800	250	800

* Не се предлага набор за свързване. За да използвате набор за свързване, сменете с реле E800DU800.

MA: защитен блок с настройваема защита от к.с.

MF: защитен блок фиксирана защита от к.с.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 12: 500V 50kA DOL (директен линеен пуск)

Тежък режим Тип 2

(T_{max} – контактор – TOR)

Двигател		Контактор			Защитен блок от термично претоварване				
P_e	I_r	T_{un}	I_3	T_{un}	T_{un}^{**}	Брой навивки в първичната намотка на токовия трансформатор	Настройка на тока		
[kW]	[A]		[A]				min.	max.	
0.37	1	T2H160 MF 1	13	A9	TA25DU1.4*		1	1.4	
0.55	1.4	T2H160 MF 1.6	21	A9	TA25DU1.8*		1.3	1.8	
0.75	1.7	T2H160 MF 2	26	A9	TA25DU2.4*		1.7	2.4	
1.1	2.2	T2H160 MF 2.5	33	A9	TA25DU3.1*		2.2	3.1	
1.5	3	T2H160 MF 3.2	42	A16	TA25DU4*		2.8	4	
2.2	4.4	T2H160 MF 5	65	A26	TA25DU5*		3.5	5	
3	5.7	T2H160 MF 6.5	84	A26	TA25DU6.5*		4.5	6.5	
4	7.8	T2H160 MF 8.5	110	A30	TA25DU11*		7.5	11	
5.5	10.5	T2H160 MF 11	145	A30	TA25DU14*		10	14	
7.5	13.5	T2H160 MA 20	180	A30	TA450SU60	4	10	15	
11	19	T2H160 MA 32	240	A30	TA450SU80	3	18	27	
15	26	T2H160 MA 32	336	A50	TA450SU60	2	20	30	
18.5	32	T2H160 MA 52	469	A50	TA450SU80	2	28	40	
22	38	T2H160 MA 52	547	A50	TA450SU80	2	28	40	
30	52	T2H160 MA 80	720	A63	TA450SU60		40	60	
37	63	T2H160 MA 80	840	A95	TA450SU80		55	80	
45	75	T2H160 MA 100	1050	A110	TA450SU105		70	105	
55	90	T4H250 PR221-I ln160	1200	A145	E200DU200		60	200	
75	120	T4H250 PR221-I ln250	1750	A185	E200DU200		60	200	
90	147	T4H250 PR221-I ln250	2000	A210	E320DU320		100	320	
110	177	T4H250 PR221-I ln250	2500	A260	E320DU320		100	320	
132	212	T5H400 PR221-I ln320	3200	A300	E320DU320		100	320	
160	260	T5H400 PR221-I ln400	3600	AF400	E500DU500		150	500	
200	320	T5H630 PR221-I ln630	4410	AF460	E500DU500		150	500	
250	410	T6H630 PR221-I ln630	5355	AF580	E500DU500***		150	500	
290	448	T6H630 PR221-I ln630	6300	AF750	E500DU500***		150	500	
315	500	T6H800 PR221-I ln800	7200	AF 750	E800DU800		250	800	
355	549	T6H800 PR221-I ln800	8000	AF 750	E800DU800		250	800	

* Осигурете шунтиращ контактор от същия тип по време на пуск на двигателя

** За защитни блокове тип E изберете клас на изключване 30

*** Не се предлага набор за свързване. За да използвате набора за свързване е необходима смяна със защитен блок E800DU800.

MA: защитен блок с настройваема защита от к.с.

MF: защитен блок фиксирана защита от к.с.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и прекъсване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 13: 500V 50kA Звезда/Триъгълник Нормален режим Тип 2 (Tmax – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор			Защитен блок от термично претоварване	
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_3 [A]	Линеен T_{un}	T_{un} Триъгълник	T_{un} Звезда	T_{un}	Настройка на тока
22	34	T2L160 MA52	430	A 50	A 50	A 16	TA75DU25	18-25
30	45	T2L160 MA52	547	A 63	A 63	A 26	TA75DU32	22-32
37	56	T2L160 MA80	720	A 75	A 75	A 30	TA75DU42	29-42
45	67	T2L160 MA80	840	A 75	A 75	A30	TA75DU52	36 - 52
55	82	T2L160 MA100	1050	A 75	A 75	A30	TA75DU52	36 - 52
75	110	T4H250 PR221-I In250	1375	A95	A95	A50	TA80DU80	60-80
90	132	T4H250 PR221-I In250	1750	A95	A95	A75	TA110DU90	65-90
110	158	T4H250 PR221-I In250	2000	A110	A110	A95	TA110DU110	80-110
132	192	T4H320 PR221-I In320	2560	A145	A145	A95	E200DU200	60-200
160	230	T4H320 PR221-I In320	2880	A145	A145	A110	E200DU200	60-200
200	279	T5H400 PR221-I In400	3400	A210	A210	A145	E320DU320	100-320
250	335	T5H630 PR221-I In630	4410	A210	A210	A185	E320DU320	100-320
290	394	T5H630 PR221-I In630	5040	A260	A260	A210	E320DU320	100-320
315	440	T6L630 PR221-I In630	5760	AF400	AF400	A210	E500DU500	150 - 500
355	483	T6L630 PR221-I In630	6300	AF400	AF400	A260	E500DU500	150 - 500

MA: Защитен блок с настройваема защита от к.с.

Таблица 14: 500V 50kA DOL (директен линеен пуск) Нормален и тежък режим Тип 2 (Tmax с MP защитен блок – контактор)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус			Контактор	Група
P_e [kW]	I_r [A]	T_{un}	I_1^* range [A]	I_3 [A]	T_{un}	[A]
30	45	T4H250 PR222MP In100	40-100	600	A95	80
37	56	T4H250 PR222MP In100	40-100	600	A95	80
45	67	T4H250 PR222MP In100	40-100	700	A145	100
55	82	T4H250 PR222MP In100	40-100	800	A145	100
75	110	T4H250 PR222MP In160	64-160	1120	A145	145
90	132	T4H250 PR222MP In160	64-160	1280	A145	145
110	158	T4H250 PR222MP In200	80-200	1600	A185	170
132	192	T5H400 PR222MP In320	128-320	1920	A210	210
160	230	T5H400 PR222MP In320	128-320	2240	A260	260
200	279	T5H400 PR222MP In400	160-400	2800	AF400**	400
250	335	T5H400 PR222MP In400	160-400	3200	AF400	400
290	395	T6H800 PR222MP In630	252-630	5040	AF460	460
315	415	T6H800 PR222MP In630	252-630	5040	AF460	460
355	451	T6H800 PR222MP In630	252-630	5670	AF580	580

(*) за пуск тежък режим настройте класа на изключване на електронния защитен блок на клас 30

(**) в случай на пуск нормален режим използвайте AF300

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 15: 690V 50kA DOL (директен линеен пуск)

Нормален режим Тип 2

(T_{max} – контактор – TOR)

Двигател	Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Токов трансформатор			Защитен блок от термично претоварване	
	P_e [kW]	I_e [A]		I_3 [A]	T_{un}	KORC	Брой навивки в първичната намотка на токовия трансформатор	T_{un}
0.37	0.6	T2L160 MF 1	13	A9			TA25DU0.63	0.4 0.63
0.55	0.9	T2L160 MF 1	13	A9			TA25DU1	0.63 1
0.75	1.1	T2L160 MF1. 6	21	A9			TA25DU1. 4	1 1.4
1.1	1.6	T2L160 MF1. 6	21	A9			TA25DU1. 8	1.3 1.8
1.5	2	T2L160 MF2. 5	33	A9			TA25DU2. 4	1.7 2.4
2.2	2.9	T2L160 MF3. 2	42	A9			TA25DU3.1*	2.2 3.1
3	3.8	T2L160 MF 4	52	A9			TA25DU4*	2.8 4
4	5	T2L160 MF 5	65	A9			TA25DU5*	3.5 5
5.5	6.5	T2L160 MF6. 5	84	A9			TA25DU6.5*	4.5 6.5
		T4L250 PR221-I In 100	150	A95	4L185R/ 4	13**	TA25DU2. 4	6 8.5
7.5	8.8	T4L250 PR221-I In 100	150	A95	4L185R/ 4	10**	TA25DU2. 4	7.9 11.1
11	13	T4L250 PR221-I In 100	200	A95	4L185R/ 4	7**	TA25DU2. 4	11.2 15.9
15	18	T4L250 PR221-I In 100	250	A95	4L185R/ 4	7**	TA25DU3. 1	15.2 20.5
18.5	21	T4L250 PR221-I In 100	300	A95	4L185R/ 4	6	TA25DU3. 1	17.7 23.9
22	25	T4L250 PR221-I In 100	350	A95	4L185R/ 4	6	TA25DU4	21.6 30.8
30	33	T4L250 PR221-I In 100	450	A145	4L185R/ 4	6	TA25DU5	27 38.5
37	41	T4L250 PR221-I In 100	550	A145	4L185R/ 4	4	TA25DU4	32.4 46.3
45	49	T4L250 PR221-I In 100	700	A145	4L185R/ 4	4	TA25DU5	40.5 57.8
55	60	T4L250 PR221-I In 100	800	A145	4L185R/ 4	3	TA25DU5	54 77.1
75	80	T4L250 PR221-I In 160	1120	A145			E200DU200	65 200
90	95	T4L250 PR221-I In 160	1280	A145			E200DU200	65 200
110	115	T4L250 PR221-I In 250	1625	A145			E200DU200	65 200
132	139	T4L250 PR221-I In 250	2000	A185			E200DU200	65 200
160	167	T4L250 PR221-I In 250	2250	A185			E200DU200	65 200
200	202	T5L400 PR221-I In 320	2720	A210			E320DU320	105 320
250	242	T5L400 PR221-I In 400	3400	A300			E320DU320	105 320
290	301	T5L630 PR221-I In 630	4410	AF400			E500DU500	150 500
315	313	T5L630 PR221-I In 630	4410	AF400			E500DU500	150 500
355	370	T5L630 PR221-I In 630	5355	AF580			E500DU500***	150 500

Повече информация за KORK можете да намерите в каталога “Брошура KORK 1GB00-04”.

(*) Координация Тип 1

(**) Сечение на кабела равно на 4 mm^2

(***) Не се предлага набор за свързване. За да използвате набора за свързване е необходима смяна със защитен блок E800DU800.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 16: 690V 50kA DOL (директен линеен пуск)

Тежък режим Тип 2

(T_{max} – контактор – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус		Контактор	Защитен блок от термично претоварване			
P_e	I_r	T_{un}	I_3	T_{un}	T_{un}	Брой на първичните навивки	Настройка на тока	
[kW]	[A]		[A]				min.	max.
0.37	0.6	T2L160 MF 1	13	A9	TA25DU0.63(X)		0.4	0.63
0.55	0.9	T2L160 MF 1	13	A9	TA25DU1(X)		0.63	1
0.75	1.1	T2L160 MF1. 6	21	A9	TA25DU1.4(X)		1	1.4
1.1	1.6	T2L160 MF1. 6	21	A9	TA25DU1.8(X)		1.3	1.8
1.5	2	T2L160 MF2. 5	33	A9	TA25DU2.4(X)		1.7	2.4
2.2	2.9	T2L160 MF3. 2	42	A9	TA25DU3.1 *(X)		2.2	3.1
3	3.8	T2L160 MF 4	52	A9	TA25DU4 *(X)		2.8	4
4	5	T2L160 MF 5	65	A9	TA25DU5 *(X)		3.5	5
5.5	6.5	T2L160 MF6. 5	84	A9	TA25DU6.5 *(X)		4.5	6.5
		T4L250 PR221-I ln 100	150	A95	TA450SU60	7**	5.7	8.6
7.5	8.8	T4L250 PR221-I ln 100	150	A95	TA450SU60	5**	8	12
11	13	T4L250 PR221-I ln 100	200	A95	TA450SU60	4**	10	15
15	18	T4L250 PR221-I ln 100	250	A95	TA450SU60	3**	13	20
18.5	21	T4L250 PR221-I ln 100	300	A95	TA450SU80	3	18	27
22	25	T4L250 PR221-I ln 100	350	A95	TA450SU60	2	20	30
30	33	T4L250 PR221-I ln 100	450	A145	TA450SU80	2	27.5	40
37	41	T4L250 PR221-I ln 100	550	A145	TA450SU60		40	60
45	49	T4L250 PR221-I ln 100	700	A145	TA450SU60		40	60
55	60	T4L250 PR221-I ln 100	800	A145	TA450SU80		55	80
75	80	T4L250 PR221-I ln 160	1120	A145	TA450SU105		70	105
90	95	T4L250 PR221-I ln 160	1280	A145	TA450SU105		70	105
110	115	T4L250 PR221-I ln 250	1625	A185	TA450SU140		95	140
132	139	T4L250 PR221-I ln 250	2000	A210	E320DU320		105	320
160	167	T4L250 PR221-I ln 250	2250	A210	E320DU320		105	320
200	202	T5L400 PR221-I ln 320	2720	A260	E320DU320		105	320
250	242	T5L400 PR221-I ln 400	3400	AF400	E500DU500		150	500
290	301	T5L630 PR221-I ln 630	4410	AF400	E500DU500		150	500
315	313	T5L630 PR221-I ln 630	4410	AF460	E500DU500		150	500
355	370	T5L630 PR221-I ln 630	5355	AF580	E500DU500***		150	500

(*) Координация Тип 1

(**) Сечение на кабела 4 mm²

(***) Не се предлага набор за свързване. За да използвате набора за свързване е необходима смяна със защитен блок E800DU800.

(X) Осигурете шунтиращ контактор по време на пуска на двигателя

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и прекъсване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Таблица 17: 690V 50kA Звезда/Триъгълник Нормален режим Тип 2 (Tmax – контактор – СТ – TOR)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус			Контактор			Токъв трансформатор		Защитен блок от термично претоварване	
P_e [kW]	I_r [A]	Tun		I_z [A]	Линеен	Триъгълник	Звезда	KORK	Брой на първичните навивки	Tun	Настройка на тока [A]
5.5	6.5*	T4L250PR221-I	In100	150	A95	A95	A26	4L185R/4* *	13	TA25DU2.4**	6-8.5
7.5	8.8*	T4L250PR221-I	In100	150	A95	A95	A26	4L185R/4* *	10	TA25DU2.4**	7.9-11.1
11	13*	T4L250PR221-I	In100	200	A95	A95	A26	4L185R/4* *	7	TA25DU2.4**	11.2-15.9
15	18*	T4L250PR221-I	In100	250	A95	A95	A26	4L185R/4* *	7	TA25DU3.1**	15.2-20.5
18.5	21	T4L250PR221-I	In100	300	A95	A95	A30	4L185R/4* *	6	TA25DU3.1**	17.7-23.9
22	25	T4L250PR221-I	In100	350	A95	A95	A30	4L185R/4* *	6	TA25DU4* *	21.6-30.8
30	33	T4L250PR221-I	In100	450	A145	A145	A30	4L185R/4* *	6	TA25DU5* *	27-38.5
37	41	T4L250PR221-I	In100	550	A145	A145	A30			TA75DU52* *	36-52
45	49	T4L250PR221-I	In100	650	A145	A145	A30			TA75DU52* *	36-52
55	60	T4L250PR221-I	In100	800	A145	A145	A40			TA75DU52* *	36-52
75	80	T4L250PR221-I	In160	1120	A145	A145	A50			TA75DU52	36-52
90	95	T4L250PR221-I	In160	1280	A145	A145	A75			TA75DU63	45-63
110	115	T4L250PR221-I	In160	1600	A145	A145	A75			TA75DU80	60-80
132	139	T4L250PR221-I	In250	1875	A145	A145	A95			TA200DU110	80-110
160	167	T4L250PR221-I	In250	2125	A145	A145	A110			TA200DU110	80-110
200	202	T4L320PR221-I	In320	2720	A185	A185	A110			TA200DU135	100-135
250	242	T5L400PR221-I	In400	3200	AF400	AF400	A145			E500DU500	150-500
290	301	T5L400PR221-I	In400	4000	AF400	AF400	A145			E500DU500	150-500
315	313	T5L630PR221-I	In630	4410	AF400	AF400	A185			E500DU500	150-500
355	370	T5L630PR221-I	In630	5040	AF400	AF400	A210			E500DU500	150-500
400	420	T5L630PR221-I	In630	5670	AF460	AF460	A210			E500DU500	150-500
450	470	T5L630PR221-I	In630	6300	AF460	AF460	A260			E500DU500	150-500

Повече информация за KORK можете да намерите в каталога “Брошура KORK 1GB00-04”.

(*) Сечение на кабела равно на 4 mm^2

(**) Свържете релето за претоварване преди взела линия/триъгълник по посока на захранването

Таблица 18: 690V 50kA DOL (директен линеен пуск) Нормален и тежък режим Тип 2 (Tmax с MP защитен блок – контактор)

Двигател		Прекъсвач в лят корпус			Контактор	Група
P_e [kW]	I_r [A]	Tun	I_1^* range [A]	I_z [A]	Tun	[A]
45	49	T4L250 PR222MP In100	40-100	600	A145	100
55	60	T4L250 PR222MP In100	40-100	600	A145	100
75	80	T4L250 PR222MP In100	40-100	800	A145	100
90	95	T4L250 PR222MP In160	64-160	960	A145	120
110	115	T4L250 PR222MP In160	64-160	1120	A145	120
132	139	T4L250 PR222MP In160	64-160	1440	A185	160
160	167	T4L250 PR222MP In200	80-200	1600	A185	170
200	202	T5L400 PR222MP In320	128-320	1920	A210	210
250	242	T5L400 PR222MP In320	128-320	2240	A300	280
290	301	T5L400 PR222MP In400	160-400	2800	AF400	350
315	313	T5L400 PR222MP In400	160-400	3200	AF400	350

(*) за пуск тежък режим настройте класа на изключване на електронния защитен блок на клас 30

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Пример:

За пуск звезда/триъгълник нормален режим Тип 2 на трифазен асинхронен двигател с накъсо съединен ротор със следните характеристики:

номинално напрежение $U_r = 400 \text{ V}$

ток на късо съединение $I_k = 50 \text{ kA}$

номинална мощност на двигателя $P_e = 200 \text{ kW}$

от Таблица 5 в съответния ред може да се намери следната информация:

• I_r (номинален ток): 349 A;

• устройство за защита от късо съединение: прекъсвач T5S630 PR221-I

In630;

• стойност на изключване на защитата от к.с.: $I_3 = 4410 \text{ A}$;

• линеен контактор: A210;

• контактор триъгълник: A210;

• контактор звезда: A185;

• защитен блок от претоварване E320DU320, обхват за настройване:

$100 \div 320 \text{ A}$; (да се настрои на $\frac{I_r}{\sqrt{3}} = 202 \text{ A}$).

За пуск DOL (директен линеен пуск) тежък режим Тип 2 с МР защита на трифазен асинхронен двигател с накъсо свързан ротор със следните характеристики:

номинално напрежение $U_r = 400 \text{ V}$

ток на късо съединение $I_k = 55 \text{ kA}$

номинална мощност на двигателя $P_e = 55 \text{ kW}$

от Таблица 6 в съответния ред може да се намери следната информация:

• I_r (номинален ток): 98 A;

• устройство за защита от късо съединение: прекъсвач T4S250 PR222MP*

In160;

• стойност на изключване на защитата от к.с.: $I_3 = 960 \text{ A}$;

• контактор: A145.

* за пуск тежък режим настройте класа на изключване на електронния защитен блок на клас 30

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

3.4 Защита и пускане на трансформатори

Общи положения

Трансформаторите се използват за променяне на захранващото напрежение в зависимост от нуждите на консуматорите както в средно, така и в ниско напрежение.

При избора на защитни устройства трябва да се отчита явлението “преходен процес”, по време на който токът може да достигне стойности по-високи от номиналния ток при пълно натоварване; процесът преминава за няколко секунди.

Кривата, която представя тези преходни явления във графиката време-ток, наричана “пусков ток I_0 ”, зависи от размера на трансформатора и може да бъде представена със следната формула (мощността на късо съединение на мрежата е приета за безкрайност)

$$I_0 = \frac{K \cdot I_{r1} \cdot e^{(-t/\tau)}}{\sqrt{2}}$$

където:

K частното на стойността на максималния върхов пусков ток (I_0) и номиналния ток на трансформатора (I_{r1}): ($K=I_0 / I_{r1}$);

τ времевата константа на пусковия ток;

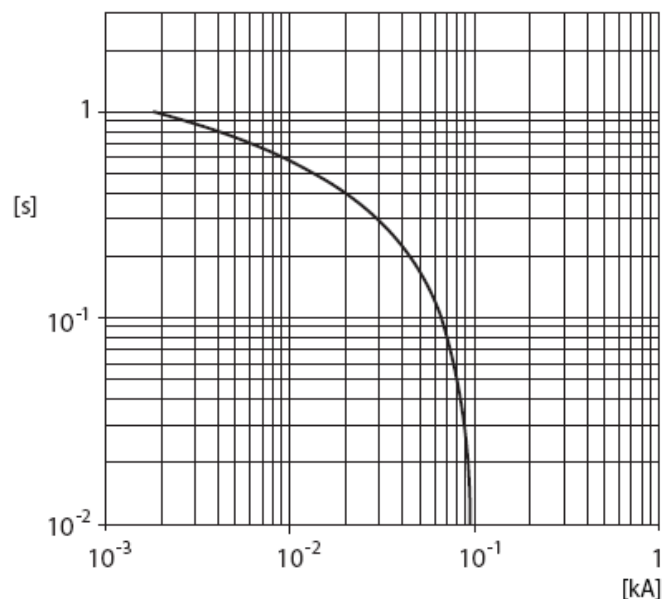
I_{r1} номиналният ток на първичната намотка;

t времето.

В таблицата по-долу са дадени някои основни стойности за t и K параметрите, отнасящи се за номиналната мощност S_r за маслени трансформатори.

S_r [kVA]	50	100	160	250	400	630	1000	1600	2000
$K = I_0 / I_{r1}$	15	14	12	12	12	11	10	9	8
τ [s]	0.10	0.15	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45

В допълнение на изложеното по-горе следващата графика показва пусковия ток за 20/0,4kV на трансформатор 400kVA. В съвсем началните моменти този трансформатор има пусков ток равен на 8 пъти номиналния ток; този преходен процес завършва след около няколко десети от секундата.



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Устройството за защита на трансформатора трябва да гарантира също така, че в случай на късо съединение трансформаторът не може да работи над точката на максимално термично претоварване; тази точка се определя на време-токовата диаграма като функция на тока на късо съединение, който може да премине през трансформатора за времето от 2 секунди (както е определено в стандарта IEC 60076-5). Токът на късо съединение (I_k), протичащ при повреда с нисък импеданс на клемите НН(ниско напрежение) на трансформатора може да се изчисли по следната формула:

$$I_k = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{Net} + Z_t)} \quad (1)$$

където:

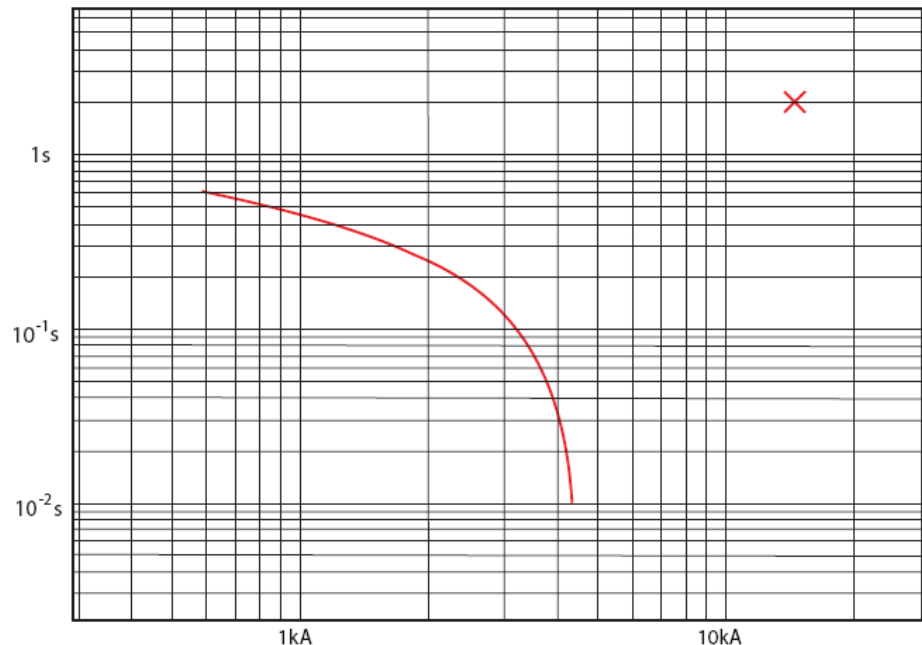
- U_r е номиналното напрежение на трансформатора [V];
- Z_{Net} е импедансът на късо съединение на мрежата [Ω];
- Z_t е импедансът на късо съединение на трансформатора; от номиналната мощност на трансформатора (S_r [VA]) и процентното напрежение на късо съединение ($u_k\%$) се получава:

$$Z_t = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r} \quad (2)$$

Приемайки мощността на късо съединение на мрежата преди точката на захранване да има стойност равна на безкрайност ($Z_{Net} = 0$), формула (1) става:

$$I_k = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot Z_t} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r}\right)} = \frac{100 \cdot S_r}{\sqrt{3} \cdot U_k\% \cdot U_r} \quad (3)$$

На следващата фигурата е показана графиката на пусковия ток за трансформатор 20/0,4 kV; 400 kVA ($u_k\%=4\%$) и точката, отнасяща се до термичната устойчивост на ток на късо съединение (I_k ; 2 s).



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

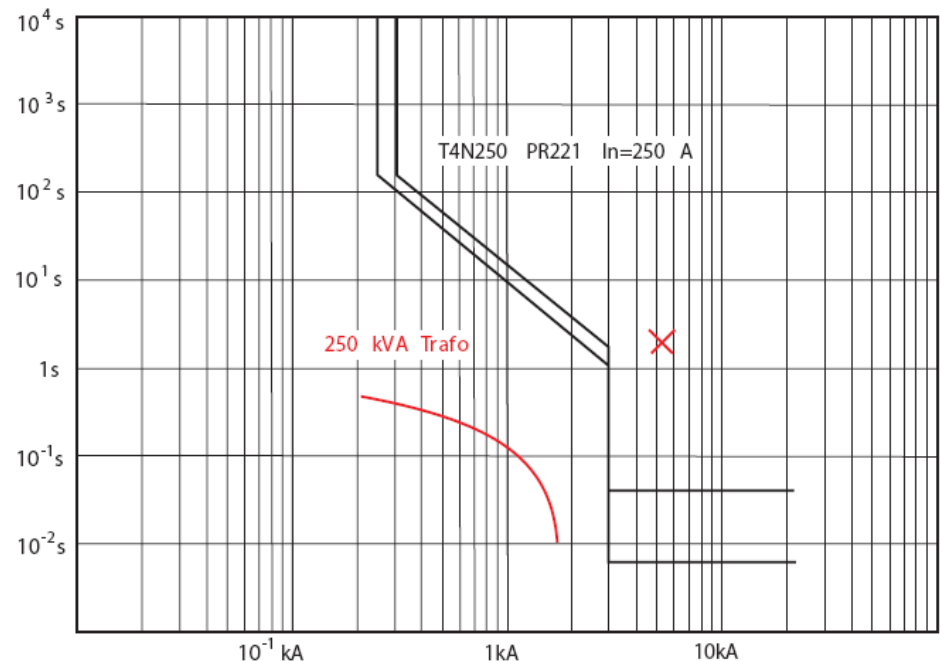
Като обобщение: За правилната защита на трансформаторите и за избягване на нежеланите изключения, характеристиката на изключване на защитното устройство трябва да се намира над кривата на пусковия ток на съответния трансформатор и под точката на термичното му претоварване.

Избиране на прекъсвачи за първичната намотка на трансформатор НН/НН

Трансформаторите от този вид се използват основно за захранване на управляващи и спомагателни вериги, тъй като те често изискват по-ниски напрежения в сравнение с веригите за електроразпределение.

По отношение на избора и настройките на прекъсвача от страна на захранването на първичната намотка, необходимо е да се вземе предвид както процеса “пусков ток”, така и максималната краткотрайна термична устойчивост на трансформатора, както е описано в предните страници.

На следващата фигура е показано възможното разположение на характеристиката на изключване на прекъсвача на първичната намотка на трансформатор 250 kVA при 690V/400V с $u_k=4\%$.



Следващите страници съдържат няколко таблици, показващи подходящите за съответните трансформатори прекъсвачи по отношение на номиналното напрежение на първичната намотка.

Що се отнася до версията на прекъсвача, необходимо е да се използва устройство със стойност на I_{cu} по-голяма от тока на късо съединение в точката на инсталиране.

Необходимо е избраният прекъсвач да се настрои правилно, за да се получи защита на трансформатора както е показано на диаграмата по-горе и съгласно всичко казано до тук.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

V1n=400

Трансформатор		Прекъсвач ABB SACE			
S_r [kVA]	I_r на трансформатора [A]	Прекъсвач с термомагнитен защитен блок		Прекъсвач с електронен защитен блок	
		T_{un}	I_n [A]	T_{un}	I_n [A]
1 x 63	91	T1B-C-N	125	T2N-S-H-L-V	160
1 x 100	144	T3N-S	200	T4N-S-H-L-V	250
1 x 125	180	T3N-S	250	T4N-S-H-L-V	250
1 x 160	231	T3N-S	250	T4N-S-H-L-V	250
1 x 200	289	T5N-S-H-L-V	320	T4N-S-H-L-V	320
1 x 250	361	T5N-S-H-L-V	400	T5N-S-H-L-V	400
1 x 315	455	T5N-S-H-L-V	500	T5N-S-H-L-V	630
1 x 400	577	T6N-S-H-L	630	T5N-S-H-L-V	630
1 x 500	722	T6N-S-H-L	800	T6N-S-H-L	800
1 x 630	909	-	-	T7S-H-L-V/ X1B-N	1000
1 x 800	1155	-	-	T7S-H-L-V/ X1B-N	1250
x 1000	1443	-	-	T7S-H-L / X1B-N	1600
x 1250	1804	-	-	E2B-N-S	2000
x 1600	2309	-	-	E3N-S-H-V	2500
x 2000	2887	-	-	E3N-S-H-V	3200

V1n=440

Трансформатор		Прекъсвач ABB SACE			
S_r [kVA]	I_r на трансформатора [A]	Прекъсвач с термомагнитен защитен блок		Прекъсвач с електронен защитен блок	
		T_{un}	I_n [A]	T_{un}	I_n [A]
1 x 63	83	T1B-C-N	125	T2N-S-H-L-V	160
1 x 100	131	T3N-S	200	T4N-S-H-L-V	250
1 x 125	164	T3N-S	200	T4N-S-H-L-V	250
1 x 160	210	T3N-S	250	T4N-S-H-L-V	250
1 x 200	262	T5N-S-H-L-V	320	T4N-S-H-L-V	320
1 x 250	328	T5N-S-H-L-V	400	T5N-S-H-L-V	400
1 x 315	413	T5N-S-H-L-V	500	T5N-S-H-L-V	630
1 x 400	526	T6N-S-H-L	630	T5N-S-H-L-V	630
1 x 500	656	T6N-S-H-L	800	T6N-S-H-L	800
1 x 630	827	-	-	T7S-H-L-V/ X1B-N	1000
1 x 800	1050	-	-	T7S-H-L-V/ X1B-N	1250
x 1000	1312	-	-	T7S-H-L / X1B-N	1600
x 1250	1640	-	-	E2B-N-S	2000
x 1600	2099	-	-	E3N-S-H-V	2500
x 2000	2624	-	-	E3N-S-H-V	3200

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

$V_n=690$

Трансформатор		Прекъсвач ABB SACE			
S_r [kVA]	I_r на трансформатора [A]	Прекъсвач с термомагнитен защитен блок		Прекъсвач с електронен защитен блок	
		T_{up}	I_n [A]	T_{up}	I_n [A]
1 x 63	53	T1B-C-N	80	T2N-S-H-L-V	80
1 x 100	84	T1B-C-N	125	T4N-S-H-L-V	160
1 x 125	105	T1B-C-N	125	T4N-S-H-L-V	160
1 x 160	134	T1B-C-N	160	T4N-S-H-L-V	160
1 x 200	168	T3N-S	200	T4N-S-H-L-V	250
1 x 250	209	T3N-S	250	T5N-S-H-L-V	250
1 x 315	264	T5N-S-H-L-V	320	T5N-S-H-L-V	320
1 x 400	335	T5N-S-H-L-V	400	T5N-S-H-L-V	400
1 x 500	419	T5N-S-H-L-V	500	T6N-S-H-L	630
1 x 630	528	T6N-S-H-L	630	T7S-H-L-V/ X1B-N	630
1 x 800	670	T6N-S-H-L	800	T7S-H-L-V/ X1B-N	800
x 1000	838	-	-	T7S-H-L / X1B-N	1000
x 1250	1047	-	-	E2B-N-S	1250
x 1600	1340	-	-	E3N-S-H-V	1600
x 2000	1676	-	-	E3N-S-H-V	2000

Критерии за избор на защитни устройства

За защита откъм страна НН на трансформатори СрН/НН трябва да се вземе предвид следното при избиране на защитни устройства:

- номиналният ток от страна НН на защитения трансформатор (тази стойност е референтната стойност за номиналния ток на прекъсвача и настройката на защитите);
- максималният ток на късо съединение в точката на инсталиране (тази стойност определя минималната изключвателна способност (I_{cu}/I_{cs}) на защитното устройство).

Блок СрН/НН с единичен трансформатор

Номиналният ток от страна НН на трансформатора (I_r) се определя по следната формула:

$$I_r = \frac{1000 \cdot S_r}{\sqrt{3} \cdot U_{r20}} \text{ [A]} \quad (4)$$

където:

- S_r е номиналната мощност на трансформатора [kVA];
- U_{r20} е номиналното напрежение от страна НН без товар на трансформатора [V].

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Трифазният ток на късо съединение (I_k) на изводите НН на трансформатора може да се изрази последния начин (ако приемем, че мощността на късо съединение на мрежата има стойност равна на безкрайност):

$$I_k = \frac{100 \cdot I_r}{u_k\%} \quad (5)$$

където:

- $u_k\%$ е напрежението на късо съединение на трансформатора в %.

Прекъсвачът, реализиращ защитата, трябва да има: (*)

$I_n > I_r$;

$I_{cu} (I_{cs}) > I_k$.

Ако мощността на късо съединение на мрежата от страна на захранването не е безкрайно голяма и има кабелни или шинни връзки, възможно е да се получи по-точна стойност за I_k по формулата (1), където Z_{Net} е сумата от импеданса на мрежата и импеданса на връзката.

Подстанции СрН/НН с повече от един трансформатор в паралел

За изчисляването на номиналния ток на трансформатора се използва горната формула (4).

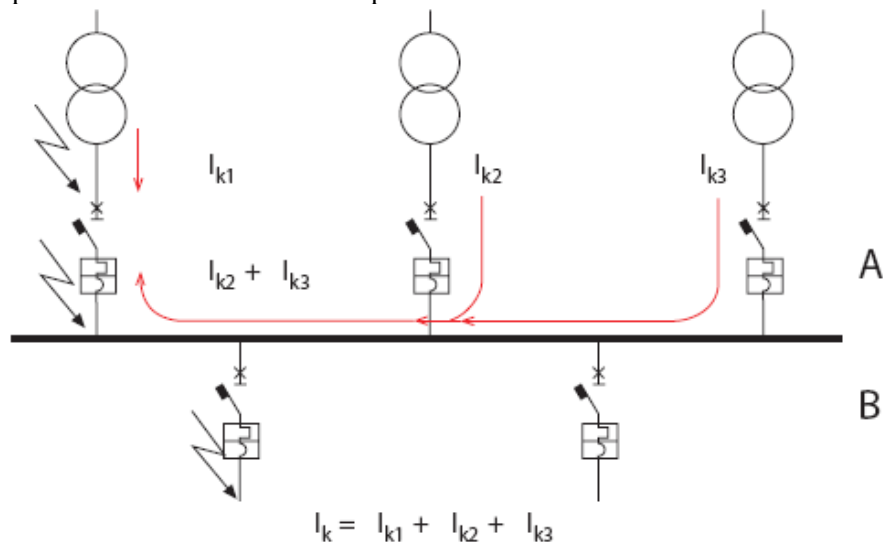
Изключвателната способност на всеки прекъсвач от страна НН трябва да бъде по-голяма от сумарния ток на късо съединение, който от своя страна е равен на тока на късо съединение, на който и да е от еднаквите трансформатори умножен по броя им минус едно.

Както може да се види от схемата по-долу, в случай на повреда след прекъсвача защитаващ трансформатора (прекъсвач А), токът на късо съединение, който протича през прекъсвача е равен на тока на късо съединение получаван от един трансформатор. В случай на повреда от страната на трансформатора преди прекъсвача, токът на късо съединение, който протича през прекъсвача е равен на сумата от токовете на другите два трансформатора в паралел.

(*) За да се реализира правилната защита от претоварване е препоръчително да се използва термометрично оборудване или други защитни устройства, способни да следят температурата вътре в трансформаторите.

За правилното оразмеряване трябва да се избере прекъсвач с изключвателна способност по-голяма от два пъти тока на късо съединение на един от трансформаторите (ако приемем, че всички трансформатори са еднакви и товарите са пасивни).

Прекъсвачът, разположен на изходящите захранващи линии (прекъсвач В), трябва да има изключвателна способност по-голяма от сумата на токовете на късо съединение на трите трансформатора, съгласно хипотезата, че мощността на късо съединение на мрежата от страна на захранването е 750 MVA и товарите са пасивни.



Избор на прекъсвач

В следващите таблици са показани някои възможности за избор на прекъсвачи ABB SACE в зависимост от характеристиките на трансформаторите, за които е предназначена защитата.

Таблица 1: Защита и пускане на трансформатори 230 V

Трансформатор			Прекъсвач "А" (от страна НН)					Прекъсвач "В" (прекъсвач на захранващата линия)																			
S _r [kVA]	n _k [%]	I _r на трансформатора [A]	I _b на събирателната шина [A]	I _k на захранващата линия на трансформатора [kA]	Прекъсвач ABB SACE	Защитен блок		I _k на събирателната шина [kA]	Тип и номинален ток на прекъсвача на захранващата линия																		
						Стойност I _n [A]	Минимална настройка		32 A	63 A	125 A	160 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A				
1 x 63	4	158	158	3.9	T1B160*	160	1	3.9	S200	T1B160																	
2 x 63		158	316	3.9	T1B160*	160	1	7.9	S200	T1B160	T3N250																
1 x 100	4	251	251	6.3	T4N320	320	0.79	6.3	S200	T1B160																	
2 x 100		251	502	6.2	T4N320	320	0.79	12.5	S200	T1B160	T3N250	T5N400															
1 x 125	4	314	314	7.8	T5N400	400	0.79	7.8	S200	T1B160	T3N250																
2 x 125		314	628	7.8	T5N400	400	0.79	15.6	S200	T1B160	T3N250	T5N400															
1 x 160	4	402	402	10.0	T5N630	630	0.64	10.0	S200	T1B160	T3N250																
2 x 160		402	803	9.9	T5N630	630	0.64	19.9	S200	T1B160	T3N250	T5N400	T5N630														
1 x 200	4	502	502	12.5	T5N630	630	0.8	12.5	S200	T1B160	T3N250	T5N400															
2 x 200		502	1004	12.4	T5N630	630	0.8	24.8	S200	T1B160	T3N250	T5N400	T5N630														
1 x 250	4	628	628	15.6	T5N630	630	1	15.6	S200	T1B160	T3N250	T5N400															
2 x 250		628	1255	15.4	T5N630	630	1	30.9	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800													
1 x 315	4	791	791	19.6	T6N800	800	1	19.6	T1B160		T3N250	T5N400	T5N630														
2 x 315		791	1581	19.4	T6N800	800	1	38.7	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000	T7S1250/X1B1250											
1 x 400	4	1004	1004	24.8	T7S1250/X1B1250**	1250	0.81	24.8	T1B160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800													
2 x 400		1004	2008	24.5	T7S1250/X1B1250**	1250	0.81	48.9	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250	T7S1600/X1N1600										
1 x 500	4	1255	1255	30.9	T7S1600/X1B1600**	1600	0.79	30.9	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800													
2 x 500		1255	2510	30.4	T7S1600/X1B1600**	1600	0.79	60.7	T2N160		T3S250	T5N400	T5N630	T6N800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250	T7S1600/X1N1600	E2N200 0									
1 x 630	4	1581	1581	38.7	T7S1600/X1B1600**	1600	1	38.7	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000	T7S1250/X1B1250											
2 x 630		1581	3163	37.9	T7S1600/X1B1600**	1600	1	75.9	T2S160		T3S250	T5S400	T5S630	T6S800/E2S800	T7S1000/E2S1000	T7S1250/E2S1250	T7S1600/E2S1600	E2S2000	E3H250 0								
3 x 630	5	1581	4744	74.4	T7S1600/E2S1600	1600	1	111.6	T2L160		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800/E3V800	T7L1000/E3V1250	T7L1250/E3V1250	T7L1600/E3V1600	E3V2000	E3V2500	E3V320 0							
1 x 800		2008	2008	39.3	E3N2500	2500	0.81	39.3	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000	T7S1250/X1B1250	T7S1600/X1B1600										
2 x 800	5	2008	4016	38.5	E3N2500	2500	0.81	77.0	T2S160		T3S250	T5S400	T5S630	T6L800/E2S800	T7S1000/E2S1000	T7S1250/E2S1250	T7S1600/E2S1600	E2S2000	E3H250 0	E3H3200							
3 x 800		2008	6025	75.5	E3H2500	2500	0.81	113.2	T2L160		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800/E3V800	T7L1000/E3V1250	T7L1250/E3V1250	T7L1600/E3V1600	E3V2000	E3V2500	E4V320 0	E4V4000						
1 x 1000	5	2510	2510	48.9	E3N3200	3200	0.79	48.9	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250	T7S1600/X1N1600	E2N200 0									
2 x 1000		2510	5020	47.7	E3N3200	3200	0.79	95.3	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/E3H800	T7H1000/E3H1000	T7H1250/E3H1250	T7H1600/E3H1600	E3H200 0	E3H250 0	E3H3200	E4H4000						
3 x 1000	5	2510	7531	93.0	E3H3200	3200	0.79	139.5	T4L250		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800	T7L1000	T7L1250	T7L1600	E4V3200	E4V3200	E4V320 0	E4V400 0						
1 x 1250		3138	3138	60.7	E3N3200	3200	1	60.7	T2N160		T3S250	T5N400	T5N630	T6N800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250	T7S1600/X1N1600	E2N200 0	E3N250 0								
2 x 1250	5	3138	6276	58.8	E3N3200	3200	1	117.7	T2L160		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800/E3V800	T7L1000/E3V1250	T7L1250/E3V1250	T7L1600/E3V1600	E3V2000	E3V2500	E3V320 0	E4V400 0						
3 x 1250		3138	9413	114.1	E4V3200	3200	1	171.2	T4L250		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800	T7L1000	T7L1250	T7L1600										

* За това приложение могат да се използват и прекъсвачи от серията Tmax, оборудвани с електронни защитни блокове

** За това приложение могат да се използват Tmax тип E1

Таблица 2: Защита и пускане на трансформатори 400 V

Трансформатор		Прекъсвач "А" (от страна НН)						Прекъсвач "Б" (прекъсвач на захранващата линия)																							
S _r [kVA]	u _k [%]	I _n на трансформатора [A]	I _b на събирателната шина [A]	I _k на захранващата линия на трансформатора [kA]	Прекъсвач ABB SACE	Защитен блок		I _k на събирателната шина [kA]	Тип и номинален ток на прекъсвача на захранващата линия																						
						Стойност In [A]	Минимална настройка		32 A	63 A	125 A	160 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A								
1 x 63	4	91	91	2.2	T1B *	100	0.92	2.2	S200																						
2 x 63		91	182	2.2	T1B *	100	0.92	4.4	S200	T1B160																					
1 x 100	4	144	144	3.6	T1B *	160	0.91	3.6	S200	T1B160																					
2 x 100		144	288	3.6	T1B *	160	0.91	7.2	S200	T1B160																					
1 x 125	4	180	180	4.5	T3N250*	200	0.73	4.5	S200	T1B160																					
2 x 125		180	360	4.4	T3N250*	200	0.73	8.8	S200	T1B160																					
1 x 160	4	231	231	5.7	T3N250*	250	0.93	5.7	S200	T1B160																					
2 x 160		231	462	5.7	T3N250*	250	0.93	11.4	S200M	T1B160	T3N250																				
1 x 200	4	289	289	7.2	T4N320	320	0.91	7.2	S200	T1B160	T3N250																				
2 x 200		289	578	7.1	T4N320	320	0.91	14.2	S200M	T1B160	T3N250	T5N400																			
1 x 250	4	361	361	8.9	T5N400	400	0.91	8.9	S200	T1B160	T3N250																				
2 x 250		361	722	8.8	T5N400	400	0.91	17.6	T1C160		T3N250	T5N400																			
1 x 315	4	455	455	11.2	T5N630	630	0.73	11.2	S200M	T1B160	T3N250	T5N400																			
2 x 315		455	910	11.1	T5N630	630	0.73	22.2	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630																		
1 x 400	4	577	577	14.2	T5N630	630	0.92	14.2	S200M	T1B160	T3N250	T5N400																			
2 x 400		577	1154	14	T5N630	630	0.92	28	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630																		
1 x 500	4	722	722	17.7	T6N800	800	0.91	17.7	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630																		
2 x 500		722	1444	17.5	T6N800	800	0.91	35.9	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800																	
1 x 630	4	909	909	22.3	T7S1000/X1B1000* **	1000	0.91	22.3	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800																	
2 x 630		909	1818	21.8	T7S1000/X1B1000* **	1000	0.91	43.6	T2S160		T3S250	T5S400	T5S630	T6S800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250															
3 x 630	5	909	2727	42.8	T7S1000/X1N1000* **	1000	0.91	64.2	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/X1N800	T7H1000/X1N1000	T7H1250/X1N1250	T7H1600/X1N1600														
1 x 800		1155	1155	22.6	T7S1250/X1B1250* **	1250	0.93	22.6	T1C160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000																
2 x 800	5	1155	2310	22.1	T7S1250/X1B1250* **	1250	0.93	44.3	T2S160		T3S250	T5S400	T5S630	T6S800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250	T7S1600/X1N1600														
3 x 800		1155	3465	43.4	T7S1250/X1N1250* **	1250	0.93	65	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/X1N800	T7H1000/X1N1000	T7H1250/X1N1250	T7H1600/X1N1600														
1 x 1000	5	1443	1443	28.1	T7S1600/X1B1600* **	1600	0.91	28.1	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000	T7S1250/X1B1250															
2 x 1000		1443	2886	27.4	T7S1600/X1B1600* **	1600	0.91	54.8	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/X1N800	T7H1000/X1N1000	T7H1250/X1N1250	T7H1600/X1N1600														
3 x 1000	5	1443	4329	53.5	T7H1600/E2N1600	1600	0.91	80.2	T2L160		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800/E2S800	T7L1000/E2S1000	T7L1250/E2S1250	T7L1600/E2S1600	E2S2000	E3H2500	E3H3200											
1 x 1250		1804	1804	34.9	E2B2000	2000	0.91	34.9	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000	T7S1250/X1B1250	T7S1600/X1B1600														
2 x 1250	5	1804	3608	33.8	E2B2000	2000	0.91	67.7	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/E2S800	T7H1000/E2S1000	T7H1250/E2S1250	T7H1600/E2S1600	E2S2000	E3S2500	E3S3200											
3 x 1250		1804	5412	65.6	E2S2000	2000	0.91	98.4	T4L250		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800/E3H800	T7L1000/E3H1000	T7L1250/E3H1250	T7L1600/E3H1600	E3H2000	E3H2500	E3H3200											
1 x 1600	6.25	2309	2309	35.7	E3N2500	2500	0.93	35.7	T1N160		T3N250	T5N400	T5N630	T6N800/X1B800	T7S1000/X1B1000	T7S1250/X1B1250	T7S1600/X1B1600														
2 x 1600		2309	4618	34.6	E3N2500	2500	0.93	69.2	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/E2S800	T7H1000/E2S1000	T7H1250/E2S1250	T7H1600/E2S1600	E2S2000	E3S2500	E3S3200											
3 x 1600	6.25	2309	6927	67	E3S2500	2500	0.93	100.6	T4L250		T4L250	T5L400	T5L630	T7L800/E3V800	T7L1000/E3V1250	T7L1250/E3V1250	T7L1600/E3V1600	E3V2000	E3V2500	E3V3200											
1 x 2000		2887	2887	44.3	E3N3200	3200	0.91	44.3	T2S160		T3S250	T5S400	T5S630	T6S800/X1N800	T7S1000/X1N1000	T7S1250/X1N1250	T7S1600/X1N1600	E2N2000													
2 x 2000	6.25	2887	5774	42.6	E3N3200	3200	0.91	85.1	T4L250		T4L250	T5L400	T5L630	T6L800/E3H800	T7L1000/E3H1000	T7L1250/E3H1250	T7L1600/E3H1600	E3H2000	E3H2500	E3H3200											
3 x 2000		2887	8661	81.9	E3H3200	3200	0.91	122.8	T4V250		T4V250	T5V400	T5V630	T7V800/E3V800	T7V1000/E3V1000	T7V1250/E3V1250	E3V1600	E3V2000	E3V2500	E3V3200											
1 x 2500	6.25	3608	3608	54.8	E4S4000	4000	0.91	54.8	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/X1N800	T7H1000/X1N1000	T7H1250/X1N1250	T7H1600/X1N1600	E2N2000	E3N2500	E3N3200											
1 x 3125	6.25	4510	4510	67.7	E6H5000	5000	0.91	67.7	T2H160		T4H250	T5H400	T5H630	T6H800/E2S800	T7H1000/E2S1000	T7H1250/E2S1250	T7H1600/E2S1600	E2S2000	E3S2500	E3S3200											

* За това приложение могат да се използват и прекъсвачи от серията Tmax, оборудвани с електронни защитни блокове

** За това приложение могат да се използват Tmax тип E1

Таблица 4: Защита и пускане на трансформатори 690 V

Трансформатор		Прекъсвач "А" (от страна НН)						Прекъсвач "В" (прекъсвач на захранващата линия)																		
S _r	ц _k	I _n на трансформатора [A]	I _b на събирателната шина [A]	I _н на захранващата линия на трансформатора [kA]	Прекъсвач ABB SACE	Защитен блок		I _н на събирателната шина [kA]	Тип и номинален ток на прекъсвача на захранващата линия																	
						Стопност I _n [A]	Минимална настройка		32A	63A	125A	160 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A			
1 x 63	4	53	53	1.3	T1B *	63	0.84	1.3	T1B160																	
2 x 63		53	105	1.3	T1B *	63	0.84	2.6	T1B160																	
1 x 100	4	84	84	2.1	T1B *	100	0.84	2.1	T1B160																	
2 x 100		84	167	2.1	T1B *	100	0.84	4.2	T1N160																	
1 x 125	4	105	105	2.6	T1B *	125	0.84	2.6	T1B160																	
2 x 125		105	209	2.6	T1B *	125	0.84	5.2	T1N160																	
1 x 160	4	134	134	3.3	T1C *	160	0.84	3.3	T1C160																	
2 x 160		134	268	3.3	T1C *	160	0.84	6.6	T2S160																	
1 x 200	4	167	167	4.2	T3N250*	200	0.84	4.2	T1N160																	
2 x 200		167	335	4.1	T3N250*	200	0.84	8.3	T2L160			T4N250														
1 x 250	4	209	209	5.2	T3S250*	250	0.84	5.2	T1N160																	
2 x 250		209	418	5.1	T3S250*	250	0.84	10.3	T4N250			T4N250														
1 x 315	4	264	264	6.5	T4N320	320	0.82	6.5	T2S160																	
2 x 315		264	527	6.5	T4N320	320	0.82	12.9	T4N250			T4N250	T5N400													
1 x 400	4	335	335	8.3	T5N400	400	0.84	8.3	T2L160			T4N250														
2 x 400		335	669	8.2	T5N400	400	0.84	16.3	T4N250			T4N250	T5N400													
1 x 500	4	418	418	10.3	T5N630	630	0.66	10.3	T4N250			T4N250														
2 x 500		418	837	10.1	T5N630	630	0.66	20.2	T4S250			T4S250	T5S400	T5S630												
1 x 630	4	527	527	12.9	T5N630	630	0.84	12.9	T4N250			T4N250	T5N400													
2 x 630		527	1054	12.6	T5N630	630	0.84	25.3	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630												
3 x 630		527	1581	24.8	T5S630	630	0.84	37.2	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T7H800/X1B800	T7H1000/X1B1000	T7H1250/X1B1250									
1 x 800	5	669	669	13.1	T6N800	800	0.84	13.1	T4N250			T4N250	T5N400													
2 x 800		669	1339	12.8	T6N800	800	0.84	25.7	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T6L800/X1B800											
3 x 800		669	2008	25.2	T6L800	800	0.84	37.7	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T7H800/X1N800	T7H1000/X1N1000	T7H1250/X1N1250	T7H1600/X1N1600								
1 x 1000	5	837	837	16.3	T7S1000/X1B1000**	1000	0.84	16.3	T4N250			T4N250	T5N400	T5N630												
2 x 1000		837	1673	15.9	T7S1000/X1B1000**	1000	0.84	31.8	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T7H800/X1B800	T7H1000/X1B1000	T7H1250/X1B1250									
3 x 1000		837	2510	31.0	T7H1000/X1B1000**	1000	0.84	46.5	T4L250			T4L250	T5L400	T5L630	T7L800/X1N800	T7L1000/X1N1000	T7L1250/X1N1250	T7L1600/X1N1600	E2N2000							
1 x 1250	5	1046	1046	20.2	T7S1250/X1B1250**	1250	0.84	20.2	T4S250			T4S250	T5S400	T5S630	T6S800/X1B800											
2 x 1250		1046	2092	19.6	T7S1250/X1B1250**	1250	0.84	39.2	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T7H800/X1B800	T7H1000/X1B1000	T7H1250/X1B1250	T7H1600/X1N1600								
3 x 1250		1046	3138	38.0	T7H1250/X1B1250**	1250	0.84	57.1	T4L250			T4L250	T5L400	T5L630	T7V800/E2S800	T7V1000/E2S1000	T7V1250/ES21250	E2S1600	E2S2000							
1 x 1600	6.25	1339	1339	20.7	T7S1600/X1B1600**	1600	0.84	20.7	T4S250			T4S250	T5S400	T5S630	T6S800/X1B800	T7S1000/X1B1000										
2 x 1600		1339	2678	20.1	T7S1600/X1B1600**	1600	0.84	40.1	T4L250			T4L250	T5L400	T5L630	T7H800/X1B800	T7H1000/X1B1000	T7H1250/X1B1250	T7H1600/X1B1600	E2B2000							
3 x 1600		1339	4016	38.9	T7H1600/X1B1600**	1600	0.84	58.3	T4L250			T4L250	T5L400	T5L630	T7V800/E2S800	T7V1000/X1B1000	T7V1250/ES21250	E2S1600	E2S2000	E3N2500	E3N3200					
1 x 2000	6.25	1673	1673	25.7	E2B2000	2000	0.84	25.7	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T6L800/X1N800	T7S1000/E2S1000	T7S1250/X1N1250									
2 x 2000		1673	3347	24.7	E2B2000	2000	0.84	49.3	T4L250			T4L250	T5L400	T5L630	T7L800/X1N800	T7L1000/X1N1000	T7L1250/X1N1250	T7L1600/X1N1600	E2N2000	E3N2500						
3 x 2000		1673	5020	47.5	E2N2000	2000	0.84	71.2	T4V250			T4V250	T5V400	T5V630	E3S1000		E3S1250	E3S1600	E3S2000	E3S2500	E3S3200	E4S4000				
1 x 2500	6.25	2092	2092	31.8	E3N2500	2500	0.84	31.8	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T7H800/X1B800	T7H1000/X1B1000	T7H1250/X1B1250	T7H1600/X1B1600								
1 x 3125	6.25	2615	2615	39.2	E3N3200	3200	0.82	39.2	T4H250			T4H250	T5H400	T5H630	T7H800/X1B800	T7H1000/X1B1000	T7H1250/X1B1250	T7H1600/X1B1600	E2B2000							

* За това приложение могат да се използват и прекъсвачи от серията Tmax, оборудвани с електронни защитни блокове

** За това приложение могат да се използват Tmax тип E1

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

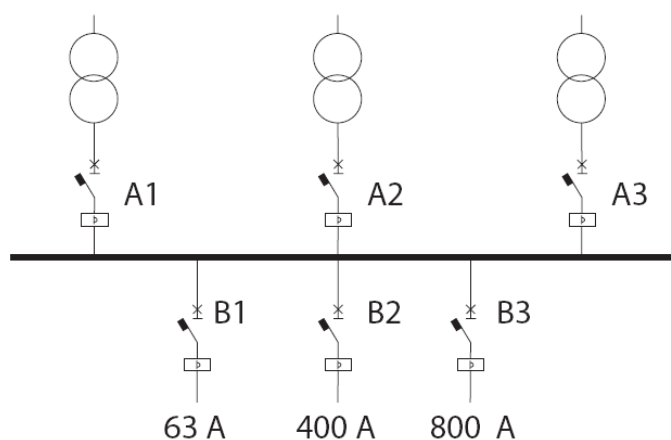
ЗАБЕЛЕЖКА

Таблиците се отнасят за определените преди това условия; информацията за избора на прекъсвачи е дадена само по отношение на тока в приложението и вероятния ток на късо съединение. За правилния избор трябва да се вземат под внимание също така и други фактори, като селективност, каскадиране, дали да се използват токоограничаващи прекъсвачи и т.н. Затова е от съществено значение инженерите-проектанти да извършват прецизни проверки.

Трябва да се отбележи също така, че дадените токове на късо съединение са определени въз основа на хипотезата, че мощността на мрежата от страна на захранването е 750 MVA, без да се отчитат импедансите на събирателните шини или връзките към прекъсвачите.

Пример:

Трябва да се оразмерят прекъсвачите A1/A2/A3 от страна НН на три трансформатора 630 kVA, 20/0,4 kV с $u_k\% = 4\%$ и прекъсвачи на изходящата захранваща линия B1/B2/B3, съответно 63-400-800 A:



От Таблица 2, в реда за трансформатори 3x630 kVA може да се определи, че:

Прекъсвачи ниво А (страна НН на трансформатора)

- I_T (909 A) - е токът на трансформатора, който протича през прекъсвача защитаващ трансформатора;
- I_b (2727 A) - е максималния ток на шината, който трансформаторите могат да хранят;
- I_k (42,8 kA) - е стойността на тока на късо съединение на захранващата линия на трансформатора, която трябва да се вземе предвид при избор на изключвателна способност на всеки един от прекъсвачите;
- T7S1000 или X1N1000 е типа на прекъсвача на трансформатора;
- I_n (1000 A) е номиналният ток на прекъсвача на трансформатора (електронен защитен блок, избран от потребителя);
- Минималната стойност 0,91 показва минималната настройка на L функцията на електронните защитни блокове за прекъсвачи T7S1000 и X1N1000.

Прекъсвачи ниво В (изходяща захранваща линия)

- I_k (64,2 kA) е стойността на тока на късо съединение на шината, получена от трите трансформатора;
- За 63 A, вижте прекъсвач B1 Tmax T2H160;
- За 400 A, вижте прекъсвач B2 Tmax T5H400;
- За 800 A, вижте прекъсвач B3 Tmax T6H800 или Tmax X1N800.

При направения избор не се вземат предвид изискванията за селективност / каскадиране. Вижте съответните глави за отделните случаи.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

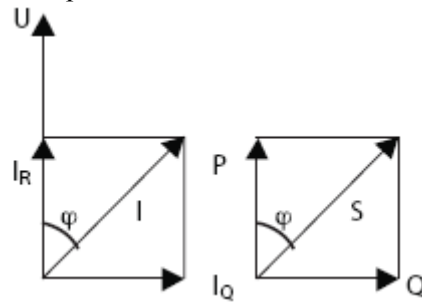
В променливотоковите вериги изразходеният от консуматора ток може да бъде представен чрез две компоненти:

- активната компонента I_R , във фаза със захранващото напрежение, е директно зависима от товара (следователно една част от електрическата енергия се трансформира в друг вид енергия: обикновено в механична, светлинна и/или топлинна);

- реактивната компонента I_Q , изоставаща на 90° от напрежението, се използва за генериране на електрическо или магнитно поле необходимо за преобразуване на енергията. Без него не би имало енергиен поток, както е при магнитопровода на трансформатора или във въздушната междина на електродвигателите.

В най-общия случай при наличието на омично-индуктивни товари ток (I) изостава в сравнение с активната компонента I_R .

В електрическите инсталации е необходимо да се генерира и пренася освен активната мощност P и определена реактивна мощност Q , която има съществено значение за преобразуването на електрическата енергия, но не се ползва от потребителя. Съвкупността от генерирани и пренесени мощности представлява привидната мощност S .



Факторът на мощността ($\cos\varphi$) се дефинира като съотношението между активната компонента I_R и общата стойност на тока I ; φ е фазовото отместване между напрежението U и тока I .

Получава се:

$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Коефициентът на реактивност ($\tan\varphi$) е съотношението между реактивната мощност и активната мощност:

$$\tan\varphi = \frac{Q}{P} \quad (2)$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В Таблица 1 са показани някои типични стойности на факторите на мощността

Таблица 1: Типични стойности на фактора на мощността

Товар	$\cos\phi$ фактор на мощност	tg коефициентна реактивност
Трансформатори (условия без товар)	0.1÷0.15	9.9÷6.6
Двигател (пълнен товар)		
Двигател (без товар)		
Металообработващи машини:		
- Електродъгово заваряване		
- Компенсирано електродъгово заваряване		
- Електросъпротивително заваряване		
- Електродъгова топилна пещ		
Флуоресцентни лампи		
- с компенсация		
- без компенсация		
Лампи с живачни пари		
Лампи с натриеви пари		
АС/DC преобразуватели		
Постояннотокови задвижвания		
Променливотокови задвижвания		
Съпротивителни товари		

Корекцията на фактора на мощността е действие, водещо до увеличаване стойността му в определена част от инсталацията чрез локално набавяне на необходимата реактивна енергия, така че да се намали големината на тока до стойности удовлетворяващи дадените мощности и следователно да са намали и общата стойност на консумираната енергия. По този начин и линията и захранващият генератор могат да бъдат оразмерени за по-ниска стойност на привидната мощност, изисквана за товара.

И по-точно, както е показано на Фигура 1 и Фигура 2, увеличаването на фактора на мощността на товара:

- намалява относителния пад на напрежението u_{gr} за единица проведена активна мощност;

- увеличава проводимата активна мощност и намалява загубите при запазване на останалите параметри.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

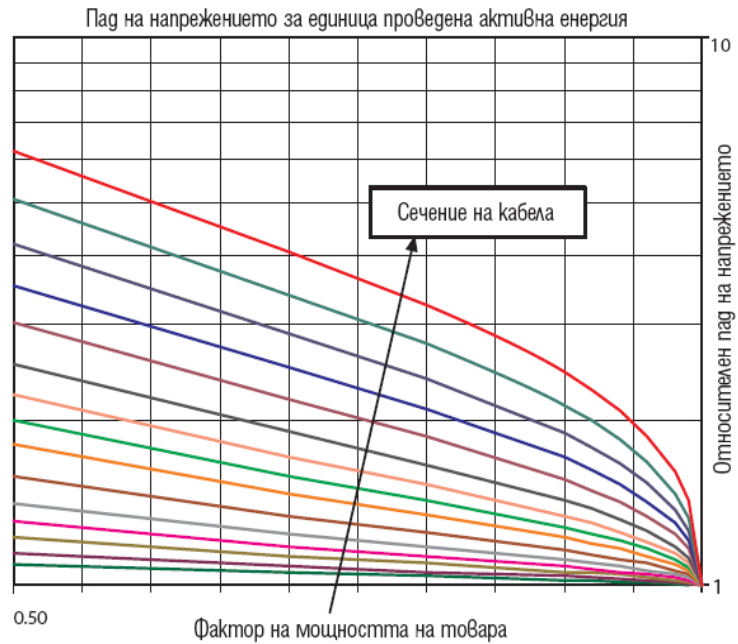
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

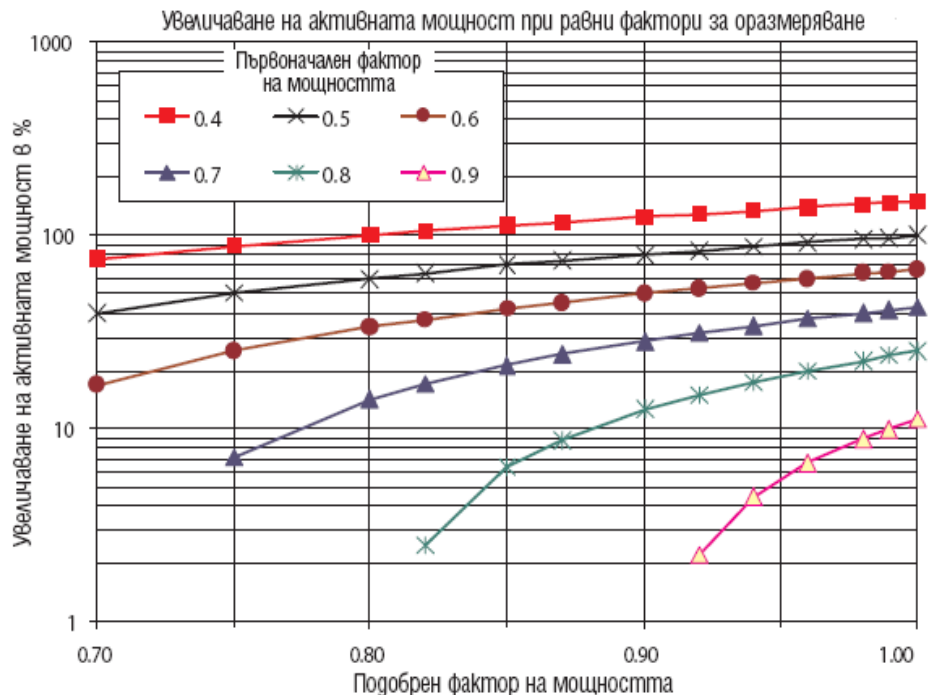
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Фигура 1: Относителен пад на напрежението



Фигура 2: Проводима активна мощност



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Електроразпределителното дружество отговаря за производството и преноса на реактивната мощност, необходима за потребителските инсталации и поради това има редица допълнителни неудобства, които могат да бъдат обобщени по следния начин:

- преоразмеряване на проводниците и компонентите на преносните линии;

- по-големи загуби от ефекта на Джаул и по-големи падове на напрежението в компонентите и линиите.

Същите неудобства съществуват и в разпределителните инсталации на крайните потребители. Факторът на мощността е отличен показател за размера на добавените разходи и затова се използва от електроразпределителните дружества за определяне на продажната цена на енергията за крайните потребители.

Идеалната ситуация би била да имаме $\cos\phi$ малко по-висок от зададената референтна стойност, така че да се избегне плащането на юридически санкции и в същото време да не се поема риска при $\cos\phi$ твърде близко до единица да имаме изпреварващ фактор на мощността, когато устройството с коригиран фактор на мощността работи с малък товар.

Електроразпределителните дружества не позволяват на други да доставят реактивна енергия в мрежата, поради възможността от неочаквани пренапрежения.

В случая на синусоидална форма на вълната, реактивната мощност, необходима за преминаване от един фактор на мощността $\cos\phi_1$ към друг фактор на мощността $\cos\phi_2$, се получава по формулата:

$$Q_c = Q_2 - Q_1 = P \cdot (\tan\phi_1 \cdot \tan\phi_2) \quad (3)$$

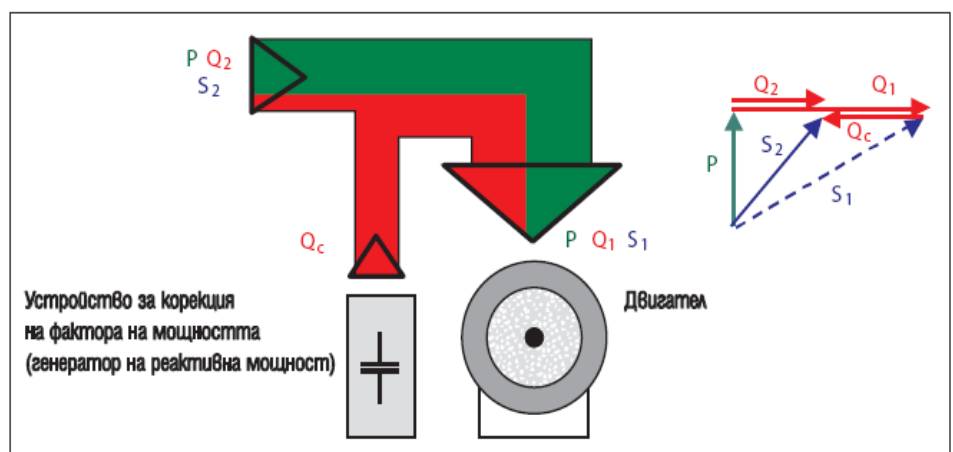
където:

P е активната мощност;

Q_1 , ϕ_1 са реактивната мощност и фазовото отместване преди корекцията на фактора на мощността;

Q_2 , ϕ_2 са реактивната мощност и фазовото отместване след корекцията на фактора на мощността;

Q_c е реактивната мощност, необходима за корекцията на фактора на мощността.



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В Таблица 2 е показана стойността на отношението:

$$K_c = \frac{Q_c}{P} = \tan\varphi_1 \cdot \tan\varphi_2 \quad (4)$$

за различни стойности на фактора на мощността преди и след корекцията.

Таблица 2: Коефициент K_c

K_c	$\cos\varphi_2$												
$\cos\varphi_1$	0.80	0.85	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
0.60	0.583	0.714	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333
0.61	0.549	0.679	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299
0.62	0.515	0.646	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015	1.062	1.123	1.265
0.63	0.483	0.613	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.581	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201
0.65	0.419	0.549	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169
0.66	0.388	0.519	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
0.67	0.358	0.488	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68	0.328	0.459	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078
0.69	0.299	0.429	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
0.70	0.270	0.400	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020
0.71	0.242	0.372	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.344	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.316	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.74	0.159	0.289	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.262	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.235	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.77	0.079	0.209	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.78	0.052	0.183	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802
0.79	0.026	0.156	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776
0.80		0.130	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750
0.81		0.104	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82		0.078	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698
0.83		0.052	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672
0.84		0.026	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85			0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86			0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593
0.87			0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88			0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89			0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512
0.90				0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Пример

Необходима е промяна на фактора на мощността на трифазна инсталация от 0,8 до 0,93 ($U_g = 400\text{ V}$), която консумира средна мощност 300 kW. В Таблица 2, от пресечната точка на колоната, съответстваща на крайния фактор на мощността (0,93) и реда, съответстващ на началния фактор на мощността (0,8), може да се определи стойността на K_c (0,355). Реактивната мощност Q_c , която трябва да се генерира локално, трябва да бъде:

$$Q_c = K_c \cdot P = 0.355 \cdot 300 = 106.5\text{ Kvar}$$

Вследствие на ефекта на корекцията на фактора на мощността, изразходеният ток намалява от 540 А на 460 А (намаление от приблизително 15%).

Характеристики на кондензаторните батерии за корекция на фактора на мощността

Най-икономичното средство за увеличаване на фактора на мощността, особено за съществуващи инсталации, е инсталирането на кондензатори.

Кондензаторите имат следните предимства:

- ниски разходи в сравнение със синхронните компенсатори и електронните силови конвертори;
- лесна инсталация и поддръжка;
- намалени загуби (по-малко от 0,5 W/kvar при ниско напрежение);
- възможност за покриване на широк обхват от мощности и различни профили на товарите, като просто се захранват паралелно различни комбинации от компоненти, всяка със сравнително малка мощност.

Недостатъците са чувствителност към пренапрежения и наличие на нелинейни товари.

Приложимите стандарти за корекцията на фактора на мощността са следните:

- IEC 60831-1, „Паралелни силови кондензатори от самовъзстановяващ се тип за системи с променливо напрежение до и включително 1000 V – Част 1: Общи положения – Работни характеристики, изпитване и номинални данни – Изисквания за безопасност – Ръководство за монтаж и експлоатация”;

- IEC 60931-1, „Паралелни силови кондензатори от несамовъзстановяващ се тип за системи с променливо напрежение до и включително 1000 V – Част 1: Общи положения – Работни характеристики, изпитване и номинални данни – Изисквания за безопасност – Ръководство за монтаж и експлоатация”;

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Характеристиките на кондензаторите, указани на етикета с номиналните данни, са:

• Номинално напрежение U_r , на което кондензаторът трябва да издържа безкрайно;

• Номинална честота f_r (обикновено равна на честотата на мрежата);

• Номинална мощност Q_c , изразявана най-общо в kvar (реактивната мощност на кондензаторната батерия).

От тези данни е възможно да се намерят характеристиките за оразмеряване на кондензаторите чрез следните формули (5):

	Еднофазно свързване	Трифазно свързване звезда	Трифазно свързване триъгълник
Капацитет на кондензаторната батерия	$C = \frac{Q_r}{2\pi f_r \cdot U_r^2}$	$C = \frac{Q_r}{2\pi f_r \cdot U_r^2}$	$C = \frac{Q_r}{2\pi f_r \cdot U_r^2 \cdot 3}$
Номинален ток на компонентите	$I_r = 2\pi f_r \cdot C \cdot U_r$	$I_r = \frac{2\pi f_r \cdot C \cdot U_r}{\sqrt{3}}$	$I_r = 2\pi f_r \cdot C \cdot U_r$
Ток на линията	$I_l = I_r$	$I_l = I_r$	$I_l = I_r \cdot \sqrt{3}$

U_r = линейното напрежение на мрежата

За трифазните системи, захранени с една и съща реактивна мощност, при свързване тип „звезда” е необходим кондензатор с три пъти по-голям капацитет от капацитета на кондензатора при свързване тип „триъгълник”.

Освен това кондензаторът при свързване тип „звезда” е подложен на напрежение $\sqrt{3}$ пъти по-малко и ток $\sqrt{3}$ по-голям от кондензатора при свързване тип „триъгълник”.

Кондензаторите обикновено се доставят със свързани разрядни съпротивления, изчислени така, че да се намали остатъчното напрежение в изводите до 75V за 3 минути, както е указано в съответния стандарт.

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

Индивидуална корекция на фактора на мощността

Индивидуалната корекция на фактора на мощността се извършва чрез свързване на кондензатор с коректна стойност директно към клемите на устройството, което консумира реактивна мощност.

Инсталирането е просто и икономично: кондензаторите и товарът могат да използват обща защита от претоварване и късо съединение и се включват и изключват едновременно.

Коригирането на \cos е постоянно и автоматично и носи полза не само за електроразпределителното дружество, но също така и за цялата вътрешна разпределителна система на потребителя.

Този вид корекция на фактора на мощността е препоръчителен за големи консуматори с постоянен товар и фактор на мощността включени за дълго време.

Индивидуалната корекция на фактора на мощността обикновено се прилага за двигатели и флуоресцентни лампи. Към товарите директно се свързват кондензаторни устройства или малки кондензатори.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

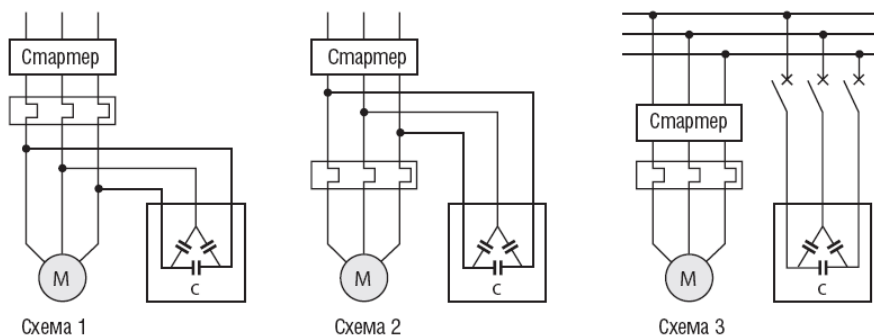
Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Индивидуална корекция на фактора на мощността за двигатели

Типичните схеми на свързване са показани в следващата фигура:



При директното свързване (схеми 1 и 2) съществува риск след прекъсване на захранването двигателят да продължи да се върти (остатъчна кинетична енергия) и да се самовъзбуди чрез реактивната енергия, доставена от кондензаторната батерия, действайки като асинхронен генератор. В този случай се поддържа напрежение на комутационното и управляващото устройство от страната на товара и има риск от опасни пренапрежения със стойности до два пъти по-големи от стойността на номиналното напрежение.

За да се избегне този риск, нормалната процедура в случая (схема 3) е кондензаторната батерия за корекция на фактора на мощността да се включва към двигателя само докато той работи и да се изключва преди прекъсването на захранването на двигателя.

Като общо правило се препоръчва за двигател с мощност P_r да се използва корекция на фактора на мощността с реактивна мощност Q_c под 90% от реактивната мощност Q_0 , изразходена от двигател без товар при номинално напрежение U_r за да се избегне изпреварващ фактор на мощността.

Отчитайки, че при условия без товар изразходваният ток I_0 [A] е чисто реактивен, получаваме:

$$Q_c = 0.9 \cdot Q_0 = 0.9 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot I_0}{1000} \text{ [kvar]} \quad (6)$$

Токът I_0 обикновено се намира от документацията, предоставена от производителя на двигателя.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В Таблица 3 са показани стойностите на реактивната мощност за корекция на фактора на мощността на някои двигатели АВВ в зависимост от мощността и броя на полюсите.

Таблица 3: Реактивна мощност за корекция на фактора на мощността двигатели

Pr [kW]	Qc [kvar]	Преди корекцията на фактора на мощността		След корекцията на фактора на мощността	
		$\cos\varphi_r$	I_r [A]	$\cos\varphi_2$	I_2 [A]
400 V / 50 Hz / 2 полюса / 3000 об./мин.					
7.5	2.5	0.89	13.9	0.98	12.7
11	2.5	0.88	20	0.95	18.6
15	5	0.9	26.5	0.98	24.2
18.5	5	0.91	32	0.98	29.7
22	5	0.89	38.5	0.96	35.8
30	10	0.88	53	0.97	47.9
37	10	0.89	64	0.97	58.8
45	12.5	0.88	79	0.96	72.2
55	15	0.89	95	0.97	87.3
75	15	0.88	131	0.94	112.2
90	15	0.9	152	0.95	143.9
110	20	0.86	194	0.92	181
132	30	0.88	228	0.95	210.9
160	30	0.89	269	0.95	252.2
200	30	0.9	334	0.95	317.5
250	40	0.92	410	0.96	391
315	50	0.92	510	0.96	486.3
400 V / 50 Hz / 4 полюса / 1500 об./мин.					
7.5	2.5	0.86	14.2	0.96	12.7
11	5	0.81	21.5	0.96	18.2
15	5	0.84	28.5	0.95	25.3
18.5	7.5	0.84	35	0.96	30.5
22	10	0.83	41	0.97	35.1
30	15	0.83	56	0.98	47.5
37	15	0.84	68	0.97	59.1
45	20	0.83	83	0.97	71.1
55	20	0.86	98	0.97	86.9
75	20	0.86	135	0.95	122.8
90	20	0.87	158	0.94	145.9
110	30	0.87	192	0.96	174.8
132	40	0.87	232	0.96	209.6
160	40	0.86	282	0.94	257.4
200	50	0.86	351	0.94	320.2
250	50	0.87	430	0.94	399.4
315	60	0.87	545	0.93	507.9

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Пример

За трифазен асинхронен двигател, 110 kW (400 V – 50 Hz – 4 полюса), предложената в таблицата корекция на фактора на мощността е 30 kvar.

Индивидуална корекция на фактора на мощността за трифазни трансформатори

Трансформаторите са електрически устройства от особена важност, които поради системните изисквания често трябва да работят непрекъснато.

Препоръчително е особено в инсталации, съставени от няколко трансформаторни подстанции, да се извършва корекция на фактора на мощността директно на трансформатора.

По принцип добавената мощност за корекция на фактора на мощността Q_c на трансформатор с номинална мощност S_r [kVA] не бива да превишава реактивната мощност, необходима при условия на минимален референтен товар.

Използвайки стойностите от етикетите с номиналните данни на трансформатора, процентната стойност на тока без товар $I_0\%$, процентната стойност на напрежението на късо съединение $U_k\%$, загубите в желязото P_{fe} и загубите в медта P_{cu} [kW], необходимата мощност за корекция на фактора на мощността е приблизително:

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{I_0\%}{100} \cdot S_r\right)^2 - P_{fe}^2} + K_L^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{U_k\%}{100} \cdot S_r\right)^2 - P_{cu}^2} \approx \left(\frac{I_0\%}{100} \cdot S_r\right) + K_L^2 \cdot \left(\frac{U_k\%}{100} \cdot S_r\right) \quad [\text{kvar}] \quad (7)$$

където K_L е коефициентът на натоварване, дефиниран като отношението между минималния референтен товар и номиналната мощност на трансформатора.

Пример

Необходима е корекция на фактора на мощността на маслен разпределителен трансформатор 630 kVA захранващ товар, който е по-малко от 60% от номиналната му мощност.

От табелката с номинални данни на трансформатора:

$$I_0\% = 1,8\%$$

$$U_k\% = 4\%$$

$$P_{cu} = 8,9 \text{ kW}$$

$$P_{fe} = 1,2 \text{ kW}$$

Мощността за корекция на фактора на мощността на кондензаторната батерия свързана към трансформатора е:

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{1,8\%}{100} \cdot 630\right)^2 - 1,2^2} + 0,6^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{4\%}{100} \cdot 630\right)^2 - 8,9^2} = 19,8 \text{ kvar}$$

докато, използвайки опростената формула резултатът е:

$$Q_c = \left(\frac{1,8\%}{100} \cdot 630\right) + 0,6^2 \cdot \left(\frac{4\%}{100} \cdot 630\right) = 20,4 \text{ kvar}$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическият ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В Таблица 4 е показана реактивната мощност на кондензаторна батерия Q_c [kvar], която трябва да се свърже към вторичната намотка на трансформатор АВВ в съответствие с различните минимални предвиждани нива на товара.

Таблица 4: Реактивна мощност за корекция на фактора на мощността за трансформатори АВВ

S_r [kVA]	$U_k\%$ [%]	$I_0\%$ [%]	P_{fe} [kW]	P_{cu} [kW]	Коефициент на натоварване KL				
					0	0.25	0.5	0.75	1
Маслен разпределителен трансформатор Ср - НН									
50	4	2.9	0.25	1.35	1.4	1.5	1.8	2.3	2.9
100	4	2.5	0.35	2.30	2.5	2.7	3.3	4.3	5.7
160	4	2.3	0.48	3.20	3.6	4	5	6.8	9.2
200	4	2.2	0.55	3.80	4.4	4.8	6.1	8.3	11
250	4	2.1	0.61	4.50	5.2	5.8	7.4	10	14
315	4	2	0.72	5.40	6.3	7	9.1	13	18
400	4	1.9	0.85	6.50	7.6	8.5	11	16	22
500	4	1.9	1.00	7.40	9.4	11	14	20	28
630	4	1.8	1.20	8.90	11	13	17	25	35
800	6	1.7	1.45	10.60	14	16	25	40	60
1000	6	1.6	1.75	13.00	16	20	31	49	74
1250	6	1.6	2.10	16.00	20	24	38	61	93
1600	6	1.5	2.80	18.00	24	30	47	77	118
2000	6	1.2	3.20	21.50	24	31	53	90	142
2500	6	1.1	3.70	24.00	27	37	64	111	175
3150	7	1.1	4.00	33.00	34	48	89	157	252
4000	7	1.4	4.80	38.00	56	73	125	212	333
Разпределителен трансформатор зает със смола СрН - НН									
100	6	2.3	0.50	1.70	2.2	2.6	3.7	5.5	8
160	6	2	0.65	2.40	3.1	3.7	5.5	8.4	12
200	6	1.9	0.85	2.90	3.7	4.4	6.6	10	15
250	6	1.8	0.95	3.30	4.4	5.3	8.1	13	19
315	6	1.7	1.05	4.20	5.3	6.4	9.9	16	24
400	6	1.5	1.20	4.80	5.9	7.3	12	19	29
500	6	1.4	1.45	5.80	6.8	8.7	14	23	36
630	6	1.3	1.60	7.00	8	10	17	29	45
800	6	1.1	1.94	8.20	8.6	12	20	35	56
1000	6	1	2.25	9.80	9.7	13	25	43	69
1250	6	0.9	3.30	13.00	11	15	29	52	85
1600	6	0.9	4.00	14.50	14	20	38	67	109
2000	6	0.8	4.60	15.50	15	23	45	82	134
2500	6	0.7	5.20	17.50	17	26	54	101	166
3150	8	0.6	6.00	19.00	18	34	81	159	269

Пример

За маслен разпределителен трансформатор 630 kVA с коефициент на натоварване 0,5, необходимата мощност за корекция на фактора на мощността е 17 kvar.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

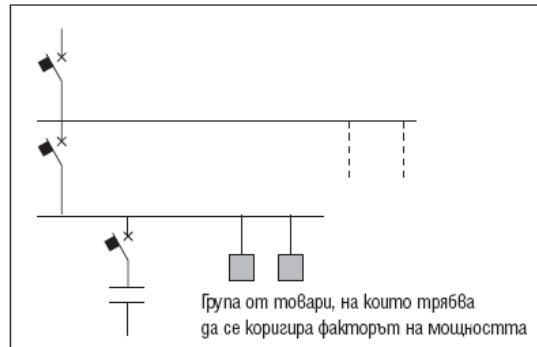
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

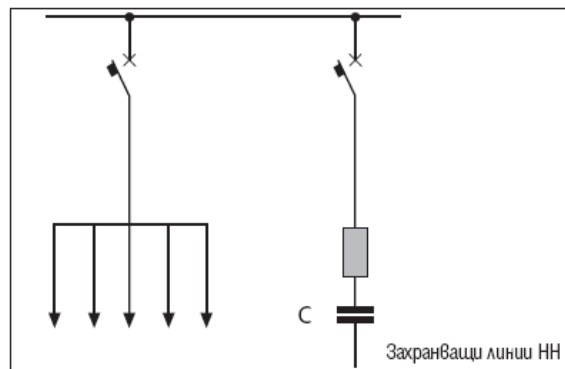
Корекция на фактора на мощността за групи

Тук се касае за локална корекция на фактора на мощността на група товари с подобни функционални характеристики чрез инсталиране на предназначена за това кондензаторна батерия.

С този метод се постига компромис между икономическото решение и правилната работа на инсталацията, тъй като линията в посока след точката на инсталиране на кондензаторната батерия не се експлоатира правилно.



Корекция на фактора на мощността за групи



Дневният профил на натоварване е от особена важност за избора на най-подходящия начин за корекция на фактора на мощността.

В инсталации, в които не всички товари функционират едновременно или само някои товари се включват за няколко часа дневно, решението за използване на индивидуална система за корекция на фактора на мощността се оказва неподходяща, тъй като много от инсталираните кондензатори биха могли да стоят неизползвани за дълги периоди от време.

За инсталации с голям брой товари и голяма инсталираната мощност, но пък при които средното консумиране на мощност от товарите работещи едновременно е ниско, използването на индивидуална система за корекция на фактора на мощността на инсталацията осигурява забележително намаляване на общата мощност на кондензаторите.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическият ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Централизираната корекция на фактора на мощността обикновено използва автоматични устройства с кондензаторни батерии, разделени на няколко стъпала, директно инсталирани в главното разпределително устройство; използването на непрекъснато включена кондензаторна батерия е възможно само, ако изразходването на реактивна енергия е равномерно през деня.

Основният недостатък на централизираната корекция на фактора на мощността е, че разпределителните линии на инсталацията след устройството за корекция, трябва да бъдат оразмерени при отчитане на пълната реактивна мощност необходима за товарите.

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

Прекъсвачите за защита и превключване на кондензаторните батерии за НН трябва:

1. да издържат преходните токове, които възникват при включване и изключване на батериите.

В частност моментните магнитни и електронни защитни блокове трябва да не изключват вследствие на тези върхови токове;

2. да издържат на периодични или постоянни свръхтокове вследствие на хармоници в напрежението и на толеранса (+15%) спрямо номиналната стойност на капацитета;

3. да изпълняват голям брой операции под товар и без товар, също така с голяма честота;

4. да са координирани с всички външни устройства (контактори).

Освен това, включвателната и изключвателната способност на прекъсвача трябва да съответства на стойностите на тока на късо съединение на инсталацията.

В стандарта IEC 60831-1 и 60931-1 е определено, че:

- кондензаторите трябва да функционират нормално с ефективна стойност на тока до 130% от техния номинален ток I_{nc} (поради възможно наличие на хармоници в мрежата);

- допустим е толеранс от +15% от стойността на капацитета.

Максималният ток, който може да бъде изразходен от кондензаторната батерия I_{cmax} , е:

$$I_{cmax} = 1.3 \cdot 1.15 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_r} \approx 1.5 \cdot I_{nc} \quad (8)$$

Затова:

- номиналният ток на прекъсвача трябва да бъде по-голям от $1,5 \cdot I_{nc}$;
- настройката за защита от претоварване трябва да бъде равна на $1,5 \cdot I_{nc}$.

Ис.

Включването на кондензаторната батерия е подобно на операцията за пускане при условия на късо съединение, свързано е с преходни токове с висока честота ($1 \div 15$ kHz), с кратка продължителност ($1 \div 3$ ms) и с висока върхова стойност ($25 \div 200 I_{nc}$).

Затова:

- прекъсвачът трябва да има съответната включвателна способност;
- настройката на мигновената защита от късо съединение не трябва да причинява нежелателни изключения.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Второто условие се спазва най-общо:

• за защитните блокове от претоварване и к.с. (термомагнитни), защита от к.с. трябва да бъде настроена на стойност, не по-малка от $10 \cdot I_{cmax}$

$$I_3 \geq 10 \cdot I_{cmax} = 15 \cdot I_{rc} = 15 \cdot \frac{Q_r}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

• за електронни защитни блокове мигновената защита от късо съединение трябва да бъде деактивирана ($I_3 = OFF$).

По-надолу е дадена таблица за избиране на прекъсвачи: за определяне на вида в зависимост от необходимата изключвателна способност.

В таблиците са използвани следните символи (те се отнасят за максималните стойности):

- I_{ncb} = номинален ток на защитния блок [A];
- I_{rc} = номинален ток на включената кондензаторна батерия [A];
- Q_c = мощност на кондензаторната батерия, която може да бъде включена [kvar] при указаното напрежение и честота 50 Hz;
- N_{mech} = брой на механичните операции;
- f_{mech} = честота на механичните операции [операции/час];
- N_{el} = брой на електрическите операции при напрежение 415 V за прекъсвачи в лят корпус T_{max} (Таблица 5), и за напрежение 440 V за прекъсвачи E_{max} (Таблица 6);
- f_{el} = честота на електрическите операции [операции/час].

Таблица 5: Таблица за избор на прекъсвачи в лят корпус T_{max}

CB Type	I_{ncb} [A]	I_{rc} [A]	Q_c [kvar]				N_{mech}	f_{mech} [op/h]	N_{el}	f_{el} [op/h]
			400V	440V	500V	690V				
T1 B-C-N 160	160	107	74	81	92	127	25000	240	8000	120
T2 N-S-H-160*	160	107	74	81	92	127	25000	240	8000	120
T3 N-S 250*	250	166	115	127	144	199	25000	240	8000	120
T4 N-S-H-L-V250	250	166	115	127	144	199	20000	240	8000	120
T4 N-S-H-L-V320	320	212	147	162	184	254	20000	240	6000	120
T5 N-S-H-L-V400	400	267	185	203	231	319	20000	120	7000	60
T6 N-S-H-L-V630	630	421	291	302	364	502	20000	120	7000	60
T6 N-S-H-L800	800	533	369	406	461	637	20000	120	5000	60
T7 S-H-L1000	1000	666	461	507	576	795	10000	60	2000	60
T7 S-H-L1250	1250	833	577	634	721	994	10000	60	2000	60
T7 S-H-L1600	1600	1067	739	813	924	1275	10000	60	2000	60

* за версии с щепселно свързване максималната мощност на кондензаторната батерия се намалява с 10%

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 6: Таблица за избор на въздушни прекъсвачи SACE Emax

	I_{ncB}	I_{re}	Q_c [kvar]				N_{mech}	f_{mech}	N_{el}	f_{el}
CBType	(A)	(A)	400V	440V	500V	690V		(op/h)	(op/h)	
X1 B-N	630	421	291	320	364	502	12500	60	6000	30
X1 B-N	800	533	369	406	461	637	12500	60	6000	30
X1 B-N	1000	666	461	507	576	795	12500	60	4000	30
X1 B-N	1250	834	578	636	722	997	12500	60	4000	30
X1 B-N	1600	1067	739	813	924	1275	12500	60	3000	30
E1BN	800	533	369	406	461	637	25000	60	10000	30
E1BN	1000	666	461	507	576	795	25000	60	10000	30
E1BN	1250	834	578	636	722	997	25000	60	10000	30
E1BN	1600	1067	739	813	924	1275	25000	60	10000	30
E2B-N-S	800	533	369	406	461	637	25000	60	15000	30
E2B-N-S	1000	666	461	507	576	795	25000	60	15000	30
E2B-N-S	1250	834	578	636	722	997	25000	60	15000	30
E2B-N-S	1600	1067	739	813	924	1275	25000	60	12000	30
E2B-N-S	2000	1334	924	1017	1155	1594	25000	60	10000	30
E3 N-S-H-V	800	533	369	406	461	637	20000	60	12000	20
E3 N-S-H-V	1000	666	461	507	576	795	20000	60	12000	20
E3 N-S-H-V	250	834	578	636	722	997	20000	60	12000	20
E3 N-S-H-V	1600	1067	739	813	924	1275	20000	60	10000	20
E3 N-S-H-V	2000	1334	924	1017	1155	1594	20000	60	9000	20
E3 N-S-H-V	2500	1667	1155	1270	1444	1992	20000	60	8000	20
E3 N-S-H-V	3200	2134	1478	1626	1848	2550	20000	60	6000	20
E4S-H-V	3200	2134	1478	1626	1848	2550	15000	60	7000	10
E6 H-V	3200	2134	1478	1626	1848	2550	12000	60	5000	10

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

Контактът на хора с обекти под напрежение представлява опасност поради протичане на електрически ток през човешкото тяло. Въздействията са следните:

- **тетанизация:** поразените от протичащия ток мускули се свиват неконтролируемо и отделянето от токопроводящи части е трудно. Забележка: много високия ток обикновено не предизвиква мускулни спазми, тъй като когато тялото докосне такъв ток, свиването на мускулите е толкова силно, че най-често изхвърлят човека далеч от проводящата част;

- **спиране на дихателната дейност:** ако токът протича през мускулите, които контролират белите дробове, неволните контракции на тези мускули влияят на нормалния респираторен процес и засегнатият човек може да умре вследствие на задушаване или да получи увреждания, причинени от асфиксията;

- **вентрикуларни фибрилации:** най-опасният ефект се причинява от наслагването на външните токове с физиологическите, което води до генериране на неконтролируеми контракции и причинява промени в сърдечния цикъл. Тази аномалия може да се превърне в необратимо явление, тъй като тя продължава действието си и след отстраняване на причинителя;

- **изгаряния:** дължат се на нагриването, в следствие на ефекта на Джаул от преминаващия през човешкото тяло ток.

Стандартът IEC 60479-1 “Ефекти на електрически ток върху хората и животните” е ръководство за въздействията на тока, преминаващ през човешкото тяло, което трябва да се използва при определяне на изискванията за електрическа безопасност. Чрез „време–токовата” диаграма Стандартът показва четирите зони, в които са разделени физиологическите въздействия от променлив ток (15 до 100 Hz), преминаващ през човешкото тяло.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

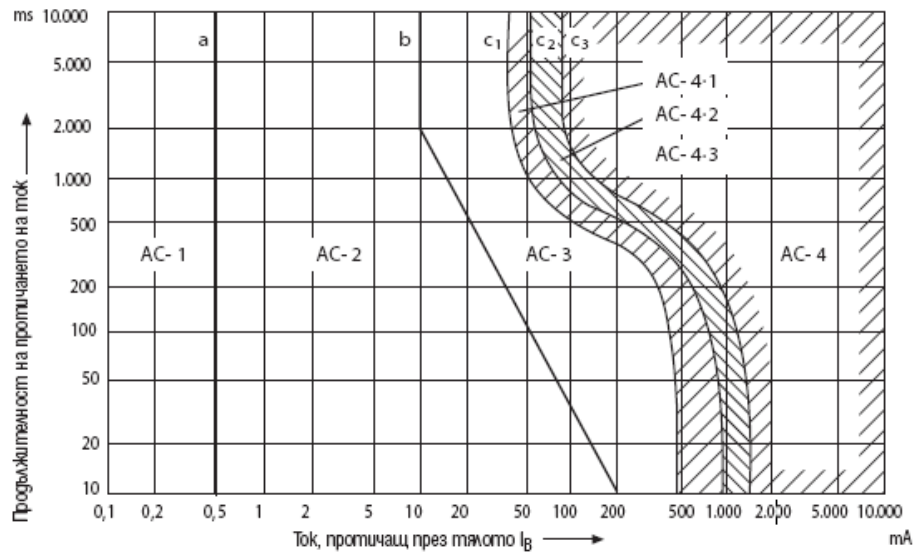
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Фигура 1: Зони в графиката време-ток на въздействието на променливия ток върху човешкото тяло



Означение на зоната	Граници на зоната	Физиологическо въздействие
АС-1	До 0,5 mA крива а	Обикновено няма реакция.
АС-2	0,5 mA до крива b*	Обикновено няма вредно физиологическо въздействие.
АС-3	от крива b до крива c ₁	Обикновено не се очаква увреждане на органите. Вероятност за мускулни контракции, подобни на спазми и затруднение в дишането при протичане на ток за повече от 2 секунди. Обратими смущения от образуване и провеждане на импулси в сърцето, включително предсърдно мъждене и преходно спиране на сърдечната дейност без камерни фибрилации, увеличават се с нарастване на тока и продължителността
АС-4	над крива c ₁	Освен описаните за зона 3 могат да настъпят и нарастващи с големината на тока и времето опасни физиологични въздействия като спиране на сърдечната дейност, спиране на дишателната дейност и тежки изгаряния.
АС-4.1	c ₁ - c ₂	Вероятност от камерни фибрилации, нарастващи до около 5%.
АС-4.2	c ₂ - c ₃	Вероятност от камерни фибрилации до около 50%
АС-4.3	над крива c ₃	Вероятност от камерни фибрилации над 50%.

* продължителност на протичането на ток под 10 ms, границата за тока през човешкото тяло за крива b остава константна със стойност 200 mA.

В този стандарт се съдържа също така и съответна диаграма за постоянен ток.

Чрез прилагане на закона на Ом е възможно да се определи крива на безопасност за допустимите напрежения, след като се изчисли импеданса на човешкото тяло. Електрическият импеданс на човешкото тяло зависи от много фактори. В цитирания по-горе стандарт са дадени различни стойности на импеданса като функция на допирното напрежение и пътя на тока.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

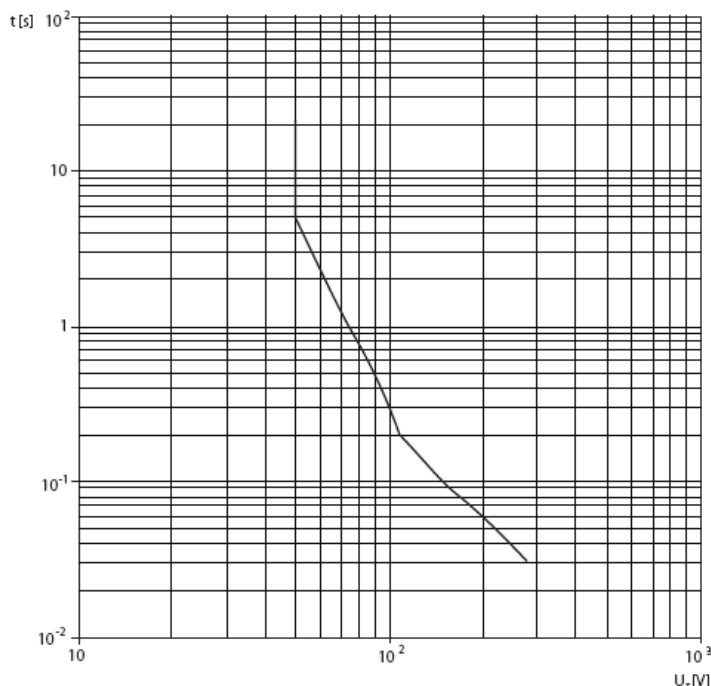
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В стандарта IEC 60479-1 са приети благоприятни от гледна точка на сигурността стойности за импеданса, показани на диаграмата, така че да се получи кривата на безопасност „време-напрежение“ (Фигура 2). Тя се отнася за напрежението на допир UT (т.е. напрежението, което се получава в следствие на повреда в изолацията, между проводяща част и достатъчно отдалечена точка от земята с нулев потенциал).

Това е максималната стойност на напрежението на допир без товар; така е разгледана възможно най-неблагоприятната ситуация за постигане на максимална безопасност.

Фигура 2: Характеристика на безопасност



От характеристиката на безопасност се получава, че за всички стойности на напрежението под 50 V допустимото време е безкрайно дълго; при 50 V допустимото време е 5 секунди. Кривата, показана на фигурата, се отнася за местоположения с най-често срещаните случаи; на някои местоположения съпротивлението на допир на човешкото тяло спрямо земята се променя и в резултат стойностите на допустимото напрежение за безкрайно време трябва да бъдат по-ниски от 25 V.

Поради това, че защитата от индиректен контакт се осъществява чрез прекъсване на веригата, е необходимо да се осигури това действие да се извърши в съответствие с изискванията за безопасност на разпределителната система.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

5 Защита на хората

5.2 Типове разпределителни мрежи

Разновидностите на земните съединения и последствията от контакта с части под напрежение са тясно зависими от разположението на неутралния проводник и на достъпните проводящи части.

За да се избере правилно защитното устройство е необходимо да се знае какъв тип е разпределителната мрежа (система) на инсталацията.

В IEC 60364-1 разпределителните системи са класифицирани с две букви.

Първата буква съответства на свързването на електрическата система към земята:

- T: директно свързване на една точка към земята, в променливотокови системи най-често неутралната точка;

- I: всички части под напрежение са изолирани от земята, в променливотокови системи най-често неутралната точка се свързва към земята чрез импеданс.

Втората буква съответства на свързването на достъпните токопроводящи части на инсталацията към земята:

- T: директно свързване на достъпните токопроводящи части към земята;

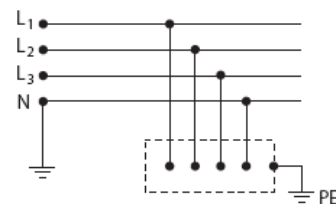
- N: директно свързване на достъпните токопроводящи части към заземената точка на електрическата система.

Следващите букви, ако има такива, съответстват на изпълнението на неутралния и защитния проводник:

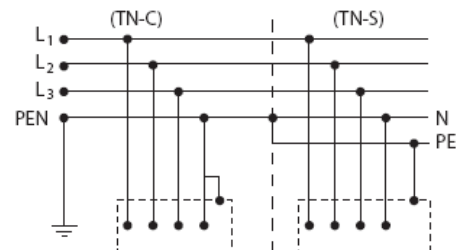
- S: защитната функция е реализирана чрез проводник, различен от неутралния;

- C: функцията на неутралата и защитния проводник са комбинирани в един проводник (PEN проводник). Разгледани са три типа разпределителни мрежи:

TT система



TN система



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

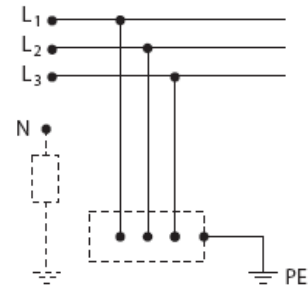
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

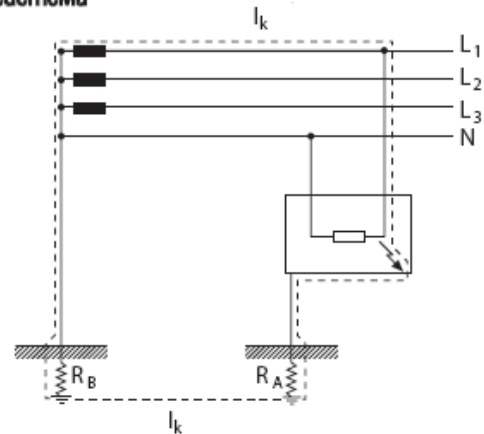
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

TT система



В TT мрежите неутралният проводник и достъпните проводящи части са свързани електрически независимо към заземителните електроди; токът на повредата протича към неутралната точка на електрическата система през земята (Фигура 1):

Фигура 1: Земно съединение в TT системи



В TT инсталациите неутралният проводник е свързан към звездния център на захранването и обикновено формира фазовото напрежение (230 V) за еднофазовите товари. Достъпните токопроводящи части поотделно или заедно са локално свързани към земята.

TT системите обикновено се използват за инсталации на граждански обекти.

TN мрежите обикновено се използват, когато електрозахранването е разпределено към консуматори, които имат свои собствени подстанции. Неутралният проводник е директно заземен в подстанцията; достъпните токопроводящи части са свързани към същата точка на заземяване на неутралния проводник, а могат да бъдат и локално заземени.

В зависимост от схемата на неутралния и защитния проводник се разглеждат три вида TN системи:

1. TN-C неутралната и защитната функция са комбинирани в един проводник (PEN проводник);
2. TN-S неутралната и защитната функция са винаги отделно;
3. TN-C-S неутралната и защитната функция са комбинирани в един проводник в част от системата (PEN) и са отделно в останалата част (PE + N).

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

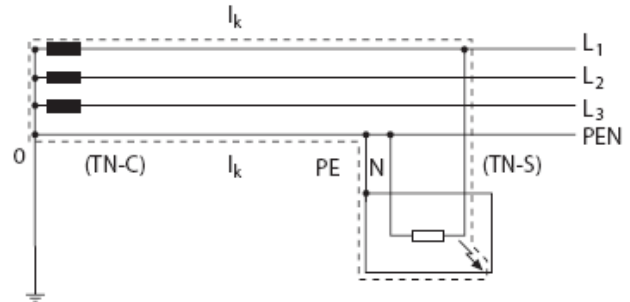
Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В TN системите токът на повреда протича към неутралната точка на електрическата система през твърда метална връзка, на практика без използване на заземителния електрод (Фигура 2).

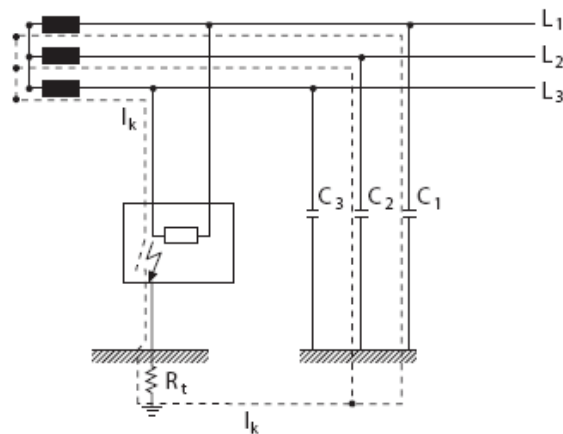
Фигура 2: Земно съединение в TN системи



IT системите нямат части под напрежение свързани директно към земята, но те могат да бъдат заземени чрез достатъчно голям импеданс. Достъпните токопроводящи части трябва да бъдат заземени поотделно, в групи или общо към независим заземителен електрод.

Токът на земното съединение протича към неутралната точка на електрическата система през заземителния електрод и капацитета на линейния проводник (Фигура 3).

Фигура 3: Земно съединение в IT системи



Тези разпределителни системи се използват за специални инсталации, при които непрекъснатостта на захранването е фундаментално изискване, където прекъсване в захранването може да причини опасност за хората или значителни икономически загуби, или където се изисква ниска стойност на първото земно съединение. В тези случаи трябва да се осигури устройство за мониторинг на изолацията или акустична сигнализация за възможни земни съединения или дефектиране на захранването оборудване

Съдържание Част 1

5 Защита на хората

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

Контактите на човек с части под напрежение могат да се разделят на две категории:

- директни контакти;
- индиректни контакти.

При директен контакт част от човешкото тяло докосва част от инсталацията, която нормално е под напрежение (неизолирани проводници, клеми и др.).

При индиректен контакт част от човешкото тяло докосва достъпна проводяща част, която при нормални условия не е под напрежение, но в конкретния момент е под напрежение поради повреда или износване на изолационните материали.

Средствата за защита от директен контакт са:

- изолиране на частите под напрежение с изолационен материал, който може да се отстрани само с разрушаване или разкъсване (например изолация на кабел);

- бариери или корпуси: частите под напрежение трябва да бъдат инсталирани в корпуси или зад бариери, осигуряващи клас на защита поне IPXXD или IP2X

- препятствия: разполагането на препятствия между частите под напрежение и оператора предотвратяват само неволен контакт, но не и преднамерен след отстраняване на препятствието без специални инструменти;

- изнасяне извън обсега: едновременно достъпни части под различен потенциал не бива да бъдат в обсега на достигане с ръце.

Допълнителна защита срещу директен контакт може да се постигне чрез използване на дефектнотокови защити (ДТЗ) с номинален работен остатъчен ток непревишаващ 30 mA. Трябва да се помни, че използването на ДТЗ като средство за защита от директен контакт не замества необходимостта

от прилагане на едно от гореописаните средства за защита.

Средствата за защита от индиректен контакт са:

- автоматично изключване на захранването: защитно устройство трябва да изключва захранването към веригата автоматично, така че допирът до частта под напрежение да не продължава толкова дълго, че да причини риск от вредно физиологическо въздействие за хората;

- допълнителна изолация или подсилена изолация, например чрез използване на компоненти от клас II;

- непроводящи места: изолирани подове и стени със стойности на съпротивление $>50 k_Ω$ за $U_r < 500 V$; $>100 k_Ω$ за $U_r > 500 V$ и без защитни проводници вътре;

- електрическо отделяне, например чрез използване на изолиращ трансформатор за захранване на веригата;

- незаземено локално еквипотенциално свързване: места, където достъпните проводящи части са свързани заедно, но не са заземени.

И накрая, следните мерки осигуряват комбинирана защита от директен и индиректен контакт:

- SELV (Safety Extra Low Voltage – безопасно свръхниско напрежение) система и PELV (Protective Extra Low Voltage – защитено свръхниско напрежение) система;

- FELV (Functional Extra Low Voltage – функционално свръхниско напрежение) система.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Защитата от директен и индиректен контакт е осигурена, ако са изпълнени изискванията, определени в 411 от IEC 60364-4-41; в частност:

- номиналното напрежение не трябва да превишава 50 V променлив ток средноквадратична стойност и 120 V постоянен ток без пулсации;
- захранването трябва да бъде от SELV или PELV източник;
- трябва да са изпълнени всички изисквания за инсталацията, определени за такъв тип електрически вериги.

SELV веригите имат следните характеристики:

1) Захранват се от независим източник или от безопасен източник. Независими източници са батериите или дизеловите генератори. Безопасни източници са захранванията, получени чрез изолиращ трансформатор;

2) Няма точки на заземяване. Забранено е заземяването както на достъпните проводящи части, така и на частите под напрежение на SELV веригите;

3) Трябва да бъдат отделени от другите електрически системи. Отделянето на SELV веригите от другите вериги трябва да бъде гарантирано за всички компоненти; за тази цел проводниците на SELV веригите могат да бъдат част от многожилни кабели или могат да бъдат в допълнителна изолационна обвивка.

За PELV системите се изискват същите предписания както за SELV с изключение на забраната за заземените точки; действително, в PELV веригите винаги поне една точка е заземена.

FELV вериги се използват, когато поради функционални причини изискванията за SELV или PELV вериги не могат да бъдат изпълнени; те изискват изпълнение на следните правила:

- a) Трябва да бъде осигурена защита от директен контакт чрез:
- бариери или корпуси със степен на защита в съответствие с описаното по-горе (в мерките за защита от директен контакт);
 - изолация, съответстваща на минималното тестово напрежение, определено за първичната верига.

Ако не е правено такова изпитване, изолацията на достъпните непроводящи части на оборудването трябва да бъде подсилена по време на монтажа, така че да издържа тестово напрежение от 1500 Vac средноквадратична стойност в продължение на 1 минута;

- b) Трябва да бъде осигурена защита от индиректен контакт чрез:
- свързване на достъпните проводящи части на оборудването на FELV системата към защитния проводник на първичната верига, при условие, че той е защитен чрез някоя от мерките описани в защитата от директен контакт;
 - свързване на проводник под напрежение от FELV веригата към защитния проводник на първичната верига, при условие, че като защитна мярка е осигурено автоматично прекъсване на захранването;

c) Щепселите на FELV системите трябва да не могат да влизат в гнездата на контактите на мрежи с други напрежения, и щепселите на мрежи с други напрежения трябва да не могат да влизат в гнездата на контактите на FELV системите.

На Фигура 1 са показани основните характеристики на SELV, PELV и FELV системите.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

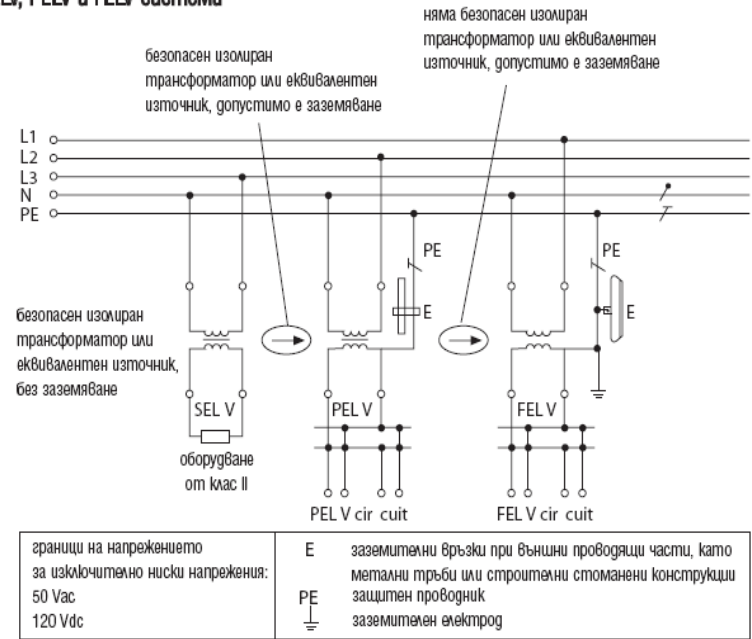
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Фигура 1: SELV, PELV и FELV системи



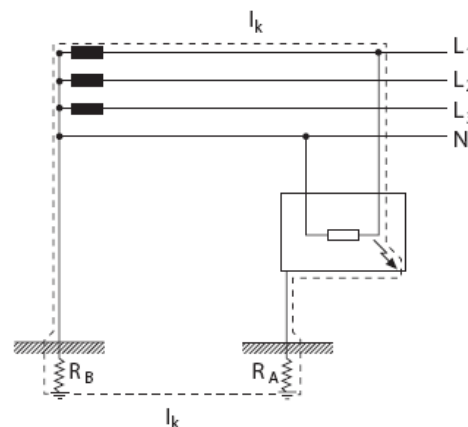
ЗАБЕЛЕЖКА 1: На тази фигура не са показани устройства за защита от надноминален ток.

5 Защита на хората

5.4 ТТ разпределителни мрежи

На Фигура 1 е показана веригата на една ТТ система със земно съединение:

Фигура 1: Земно съединение в ТТ система



Токът на повреда засяга вторичната намотка на трансформатора, фазовия проводник, съпротивлението на повредата, защитния проводник и съпротивлението на заземителния електрод (заземителна система на инсталацията (R_A) и заземителна система, в която неутралата е свързана към (R_b)).

Съгласно изискванията на ИЕС 60364-4 защитните устройства трябва да бъдат координирани със заземителната система, за да може бързо да се изключи захранването, ако напрежението на допир достигне вредящи на човешкото тяло стойности.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Приемайки 50 V (25 V за определени места) за гранична стойност на напрежението, условието, което трябва да бъде изпълнено, за да се ограничи напрежението на достъпните проводящи части под тази гранична стойност, е:

$$R_t \leq \frac{50}{I_a} \text{ или } R_t \leq \frac{50}{I_{\Delta n}}$$

където:

R_t е общото съпротивление, равно на сумата от съпротивленията на заземителния електрод (R_A) и защитния проводник за достъпните проводящи части [Ω];

I_a е токът, който до 5 секунди задейства автоматично операцията по отваряне устройството за защита от надноминален ток, отчетен от кривата му на изключване [A];

$I_{\Delta n}$ е номиналният остатъчен работен ток до 1 секунда на прекъсвача [A].

От горното се вижда, че стойността R_t съществено се различава, когато се използват автоматични прекъсвачи вместо дефектнотокови защиты.

Действително, при първите е необходимо да се получат много ниски стойности на заземителното съпротивление (обикновено по-ниски от 1 Ω), тъй като за повреди, които продължават 5 секунди, токът на изключване обикновено е голям, докато при вторите е възможно да се реализират заземителни системи със стойности на съпротивлението от хиляди оме, което е по-лесно за изпълнение.

В Таблица 1 са показани максималните стойности на земното съпротивление, което може да се получи чрез дефектнотокови защиты, за относително стандартни местоположения (50 V):

Таблица 1: Стойности на земното съпротивление

$I_{\Delta n}$ [A]	R_t [Ω]
0.01	5000
0.03	1666
0.1	500
0.3	166
0.5	100
3	16
10	5
30	1.6

Пример:

Да се осигури защита чрез автоматичен прекъсвач Tmax T1B160 In125, за който стойността на тока на изключване за по-малко от 5 секунди, отчетена от характеристиката на изключване, е около 750 A, при стартиране от студено състояние (най-лошият случай за защитите от претоварване и к.с.).

Така:

$$R_t \leq \frac{50}{750} = 0.06 \Omega$$

За да се осигури изискваната защита, трябва да се изгради заземителна система със заземително съпротивление $R_t < 0,06 \Omega$, стойност, която не се получава лесно.

Обратно, при използване на същия прекъсвач с монтиран защитен блок за остатъчен ток RC221 на ABB SACE с номинален остатъчен работен ток $I_{\Delta n} = 0,03$ A, необходимата стойност на заземителното съпротивление е:

$$R_t \leq \frac{50}{0.03} = 1666.6 \Omega$$

която лесно може да се получи практически.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

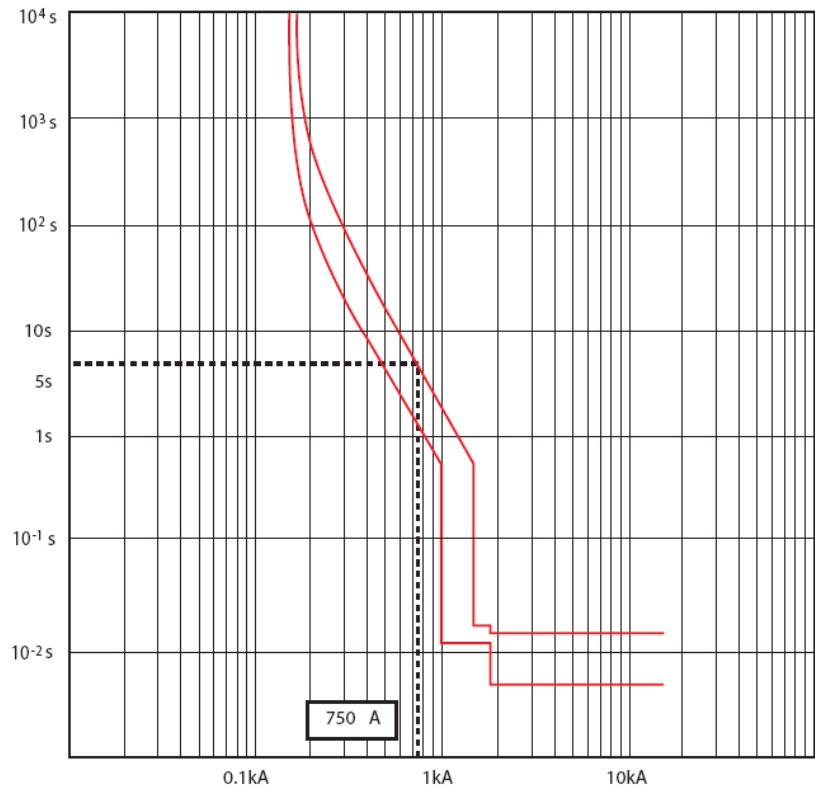
6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)



В електрически инсталации с обща заземителна система и товари, защитени чрез устройства с различни токове на изключване, за постигане на координиране на всички товари със заземителната система трябва да се разгледа най-лошият случай, като се вземе устройството с най-висок ток на изключване.

В следствие на това, когато няколко захранващи линии имат устройства за защита от свръхток, а други – от остатъчен ток, всички предимства, произтичащи от използването на защитните блокове за остатъчен ток се анулират. Това е така, защото R_t трябва да се изчисли на базата I_5s на устройството за защита от свръхток, тъй като той е по-големият ток на изключване за тези два вида устройства.

Затова се препоръчва защитата на всички товари в TT системите да се реализира чрез прекъсвачи за остатъчен ток – дефектнотокови защиты, координирани със заземителната система. Така може да се използват предимствата както от бързото прекъсване на веригата при възникне на повреда, така и от лесното изпълнение на заземителната система

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

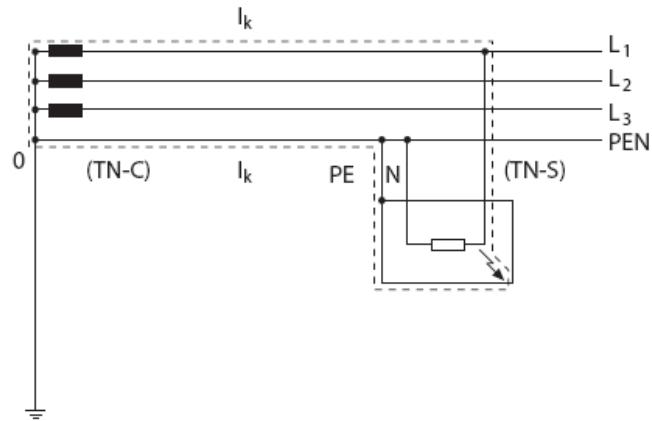
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

5 Защита на хората

5.5 TN разпределителни мрежи

На Фигура 1 е показана веригата на една TN система със земно съединение:

Фигура 1: Земно съединение в TN система



Контурът на повредата не засяга заземителната система и обикновено се образува от последователното свързване на фазовия и защитния проводник. За осигуряване на защита с автоматично прекъсване на веригата, съгласно предписанията на IEC 60364-4, трябва да бъде изпълнено следното условие:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

където

Z_s е импедансът на веригата на повредата, обхващаща източника, проводника под напрежение до точката на повредата и защитния проводник между точката на повредата и източника [Ω];

U_0 е номиналното средноквадратично променливо напрежение спрямо земята [V];

I_a е токът, задействащ автоматичното изключващото защитно устройство в рамките на времето, указано в Таблица 1, като функция на номиналното напрежение U_0 . За разпределителните вериги е допустимо конвенционално време на изключване непревишаващо 5 секунди, [A]; ако защитата е реализирана чрез дефектнотокови устройства, I_a е номиналният остатъчен работен ток $I_{\Delta n}$.

Таблица 1: Максимални времена на изключване за TN системи

U_0 [V]	Време на изключване [s]
120	0.8
230	0.4
400	0.2
> 400	0.1

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В TN инсталации земното съединение с нисък импеданс, което възниква от страна НН, причинява ток на късо съединение с доста висока стойност поради ниските параметри на веригата в точката на повредата. Защитата от индиректен контакт може да се реализира с автоматичен прекъсвач: необходимо е да се провери, дали работният ток в определеното време е по-нисък от тока на късо съединение.

Използването на дефектнотокови защиты подобрява условията за защита, особено когато импеданса на повредата не е с ниска стойност, ограничавайки по този начин тока на късо съединение; този ток може да се задържи за доста дълго време като причини прегряване на проводниците и риск от пожар.

И накрая, важно е да се подчертае факта, че дефектнотоковите защиты не могат да се използват в TN-C системи, тъй като там неутралната и защитната функция се изпълняват от един проводник, вследствие на тази конфигурация дефектнотоковата защита не може да работи.

Пример:

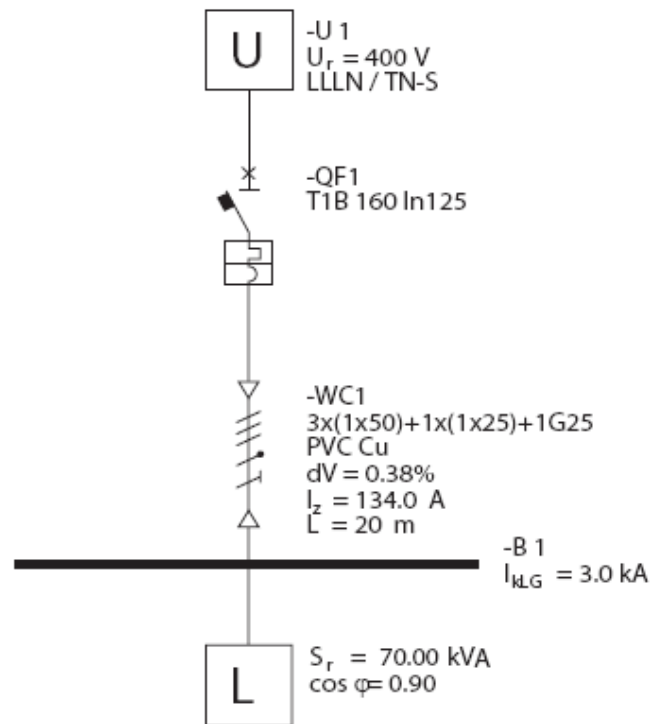
В инсталацията, представена на Фигура 2, токът на земно съединение е:

$$I_{kLG} = 3 \text{ kA}$$

Номиналното напрежение спрямо земята е 230 V, следователно, съгласно Таблица 1, трябва да се провери, че:

$$I_a (0.4 \text{ s}) \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{kLG} = 3 \text{ kA}$$

Фигура 2



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване

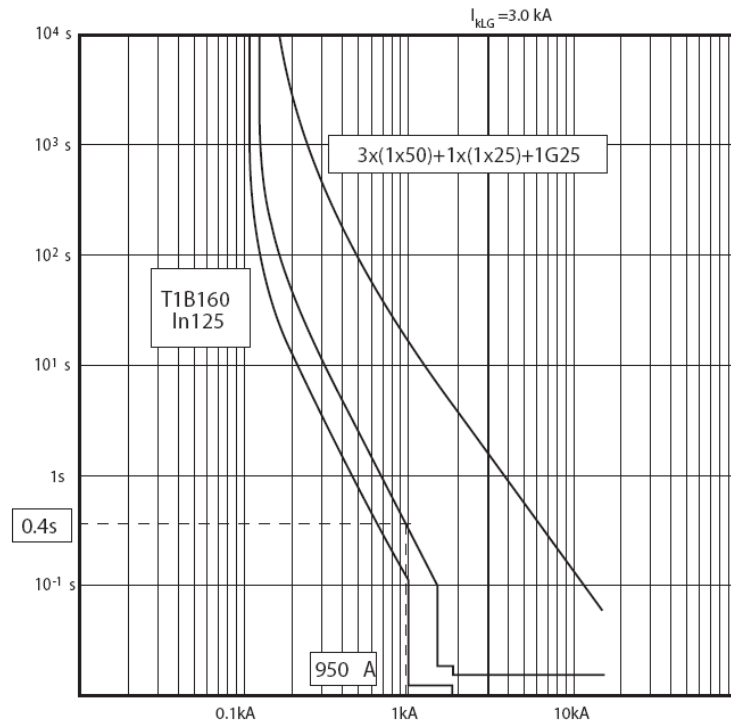
тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

От характеристиката на изключване (Фигура 3) е ясно, че прекъсвачът изключва до 0,4 секунди за стойност на тока, по-ниска от 950 А. В резултат на това, защитата от индиректен контакт се осигурява от същия прекъсвач, който реализира защита на кабела от късо съединение и претоварване, без да е необходимо да се използва допълнителна дефектнотокова защита.

Фигура 3: LG времетокови криви на изключване

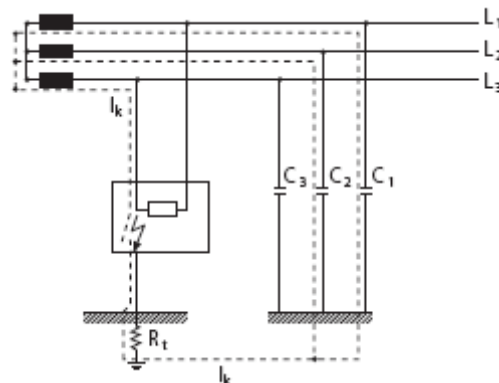


5 Защита на хората

5.6 IT разпределителна мрежа

Както е показано на Фигура 1, токът на земно съединение в IT системите протича през капацитета на линейния проводник до неутралната точка на електрическото захранване. По тази причина първото земно съединение се характеризира с толкова ниска стойност на тока, че защитите от свръхток не могат да изключат; произтичащото от допир напрежение е много ниско.

Фигура 1: Земно съединение в IT съединение



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Съгласно IEC 60364-4 автоматичното прекъсване на веригата в случай на първо земно съединение не е необходимо, само ако е изпълнено следното условие:

$$R_t \cdot I_d \leq U_L$$

където:

R_t е съпротивлението на заземителния електрод за достъпните проводящи части [Ω];

I_d е токът на повреда, при първата повреда импедансът между фазовия проводник и достъпна проводяща част е пренебрежим [A];

U_L е 50 V за относително стандартни местоположения (25 V за специални).

Ако това условие е изпълнено, след първата повреда напрежението при докосване на достъпните проводящи части е по-ниско от 50 V, допустимо за човешкото тяло за безкрайно време, както се вижда от характеристиката на безопасност (виж Глава 5.1 “Общи положения: въздействие на електрическия ток хората”).

В IT системите трябва да бъде осигурено устройство за мониторинг на изолацията за индикация на възникване на първото земно съединение; в случай на втора повреда, захранването трябва да бъде прекъснато съгласно следните варианти:

а) когато достъпните проводящи части са заземени в групи или индивидуално, условията за защита са същите както при TT системите (вижте Глава 5.4 “TT системи”);

б) когато достъпните проводящи части са свързани със защитен проводник и заземени общо, в сила са условията за TN системи; в частност, трябва да са изпълнени следните условия:

без наличие на неутралата:

$$Z_s \leq \frac{U_r}{2 \cdot I_a}$$

при наличие на неутралата:

$$Z_s \leq \frac{U_r}{2 \cdot I_a}$$

където:

- U_0 е номиналното напрежение между фаза и неутрала [V];
- U_r е номиналното напрежение между фазите [V];
- Z_s е импедансът на контура на повредата, обхващаща фазовия и защитния проводник на веригата [Ω];

- Z'_s е импедансът на контура на повредата, обхващаща неутралния и защитния проводник на веригата [Ω];

- I_s е работният ток на защитното устройство в рамките на времето на изключване, определено в Таблица 1, или в рамките на 5 секунди за разпределителни мрежи.

Таблица 1: Максимални времена на изключване в IT системи

Номинално напрежение U_0/U_r [V]	Време на изключване [s]	
	Без неутрала	С неутрала
120/240	0.8	5
230/400	0.4	0.8
400/690	0.2	0.4
580/1000	0.1	0.2

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В ИЕС 60364-4 е определено, че ако споменатите в точка б) изисквания не могат да бъдат изпълнени чрез устройство за защита от свръхток, трябва на всеки захранван товар да се осигури защита чрез устройство за остатъчен ток.

Големината на устройството за защита от остатъчен ток трябва да бъде избрана внимателно, за да се избегне нежелано изключване, дължащо се и на конкретния път на тока на първата повреда през капацитета на линейния проводник до неутралната точка на електрическото захранване (вместо линията с повреда при по-висока стойност на тока на повреда е възможно да бъде засегната друга изправна линия с по-висок капацитет).

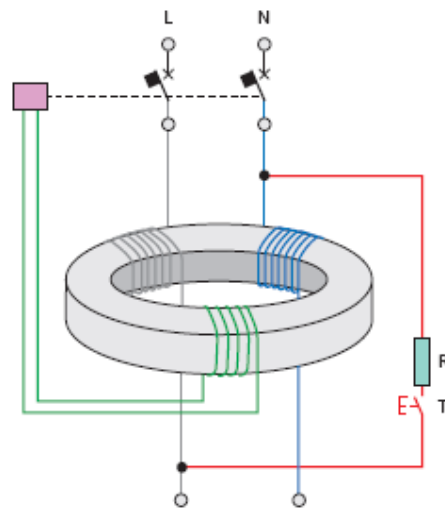
5 Защита на хората

5.7 Дефектнотокови защиты

Общи характеристики на дефектнотоковите защиты

Принципът на действие на дефектнотоковите защиты или защитните блокове за остатъчен ток е установяването на ток на земно съединение чрез тороиден трансформатор, който обхваща всички токопроводящи проводници, включително и неутралата, ако я има.

Фигура 1: Принцип на действие на дефектнотоковата защита



Когато няма земно съединение, векторната сума на токовете I_{Δ} е равна на нула. В случай на земно съединение, ако стойността на I_{Δ} надвиши номиналния работен остатъчен ток $I_{\Delta n}$, веригата на вторичната страна на тороида изпраща команден сигнал до специално предназначена за това изключваща бобина, която предизвиква изключването на прекъсвача.

Можем да направим класификация на дефектнотоковите защиты според типа на тока на повреда, който те могат да установят:

- тип АС: осигуряват изключване за остатъчни синусоидални променливи токове, независимо дали са внезапно възникващи или бавно нарастващи;

- тип А: осигуряват изключване за остатъчни синусоидални променливи токове и остатъчни пулсиращи постоянни токове, независимо дали са внезапно възникващи или бавно нарастващи;

- тип В: осигуряват изключване за остатъчни синусоидални променливи токове, за остатъчни постоянни токове и остатъчни пулсиращи постоянни токове, независимо дали са внезапно възникващи или бавно нарастващи.

Друга класификация според работното време-закъснение е:

- без закъснение;

- със закъснение от S-тип

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Дефектнотоковите защиты могат да бъдат свързани или не и с други устройства; възможно е да се направи следното разграничаване:

- RCCB – чиста дефектнотокова защита : те имат защитен блок само за остатъчен ток и могат да реализират защита само от земно съединение. Те трябва да бъдат свързани със защита от претоварване и к.с. (термомагнитни прекъсвачи) или стопяеми предпазители за да се реализира защита от термични и динамични натоварвания;

- RCBO – дефектнотокова защита, комбинирана със защита от надноминален ток (свръхток): те представляват комбинация на защита от претоварване и к.с. и дефектнотокова защита; поради тази причина те осъществяват защита както срещу свръхток, така и срещу ток на земно съединение;

- Дефектнотокова защита с външен тороид: те се използват в промишлени инсталации с високи токове. Съставени са от защитен блок, свързан с външен тороид с намотка за установяване на остатъчен ток; в случай на земно съединение се изпраща команда към отварящия механизъм на прекъсвач или линеен контактор.

Освен $I_{\Delta n}$, работния остатъчен ток, друг много важен параметър за дефектнотоковите защиты е остатъчният ток на незадействане. Той представлява максималната стойност на остатъчния ток, която не задейства изключването на прекъсвача; той е равен на $0,5 I_{\Delta n}$. Оттук може да се направи заключението, че:

- при $I_{\Delta} < 0,5 \cdot I_n$ дефектнотоковата защита няма да се задейства;

- при $0,5 \cdot I_{\Delta n} < I_{\Delta} < I_{\Delta n}$ дефектнотоковата защита би могла да се задейства;

- при $I > I_{\Delta n}$ дефектнотоковата защита ще се задейства.

За избора на номинален работен остатъчен ток е необходимо да се вземе предвид освен координирането със заземителната система, също така и всички токове на утечка на инсталацията; тяхната векторна сума във всяка фаза не трябва да бъде по-голяма от $0,5 \cdot I_{\Delta n}$ за да се избегне нежелано изключване.

Селективност между дефектнотокови защиты

В стандарта IEC 60364-5-53 е определено, че може да се изисква селективност между дефектнотоковите защиты монтирани последователно, поради причини свързани с експлоатацията. Особено, когато се касае за безопасност, за осигуряване на непрекъснатост на захранването на части от инсталацията останали незасегнати от повредата, ако има такива. Тази селективност може да се постигне чрез избиране и инсталиране на дефектнотокови защиты така, че да се осигури разединяване от захранването чрез тази дефектнотоковата защита, която е най-близко стояща до повредата.

Има два вида селективност между дефектнотокови защиты:

- хоризонтална селективност: осъществява защитата на всяка линия чрез използване на предназначена за това дефектнотокова защита; по този начин в случай на земно съединение се прекъсва само неизправната линия, тъй като останалите устройства за остатъчен ток не установяват наличие на ток на утечка. Необходимо е обаче да се вземат мерки за защита от индиректен контакт в частта на разпределителната уредба и в частта на инсталацията между дефектнотоковата защита и захранването (Фигура 1);

- вертикална селективност: реализира се чрез използване на свързани последователно дефектнотокови защиты (Фигура 2).

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

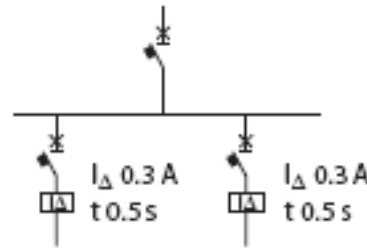
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

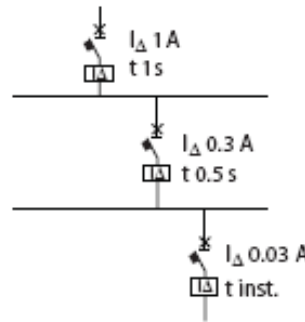
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Фигура 2: Хоризонтална селективност между устройства за остатъчен ток



Фигура 3: Вертикална селективност между устройства за остатъчен ток



Съгласно IEC 60364-5-53 за осигуряване на селективност между две последователно свързани дефектнотокови защиты, тези устройства трябва да удовлетворяват и двете условия описани по-долу:

- характеристиката „време-ток“ на незадействане на дефектнотоковата защита, разположена от страна на захранването, трябва да лежи над характеристиката „време-ток“ на дефектнотоковата защита, разположена от страната към товара

- номиналният остатъчен работен ток на устройството, разположено от страна на захранването, трябва да бъде по-голям от този на устройството, разположено от страната към товара.

Характеристиката „време-ток на незадействане“ е кривата, показваща зависимостта между максималната стойност на времето, през което остатъчен ток по-голям от остатъчният ток на незадействане (равен на $0,5 I_{\Delta n}$) протича през дефектнотоковата защита без да причини изключването ѝ.

В заключение, селективност между две последователно свързани дефектнотокови защиты може да се получи:

- за дефектнотокова защита тип S (с време-закъснение) разположена от страна на захранването (в съответствие с IEC 61008-1 и IEC 61009), чрез избиране на защита от остатъчен ток от общ тип, разположена надолу по веригата с $I_{\Delta n}$ равен на една трета от $I_{\Delta n}$ на устройството от страна на захранването;

- за електронни защитни блокове за остатъчен ток (RC221/222/223, RCQ) чрез избиране на устройство от страна на захранването със стойности по време и ток по-големи от тези на устройството намиращо се след него по веригата, като се внимава за толерансите.

За защита от индиректен контакт в разпределителни вериги в TT системи максималното време на изключване при $I_{\Delta n}$ не трябва да превишава 1 секунда (IEC 60364-4-41, параграф 413.1).

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

5 Защита на хората

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

Както е описано в предните глави, в стандартите са дадени указания за максималното време на изключване на защитните устройства за да се избегнат патологични въздействия върху хората, докоснали части под напрежение.

За защитата от индиректен контакт трябва да се провери, дали прекъсвачът изключва за време по-кратко от максималното време определено в стандарта; тази проверка се извършва чрез сравняване на минималния ток на късо съединение на достъпната проводяща част, която се защитава, с работния ток съответстващ на времето определено в стандарта.

Минималният ток на късо съединение е токът, който възниква при късо съединение между фазата и защитния проводник в най-отдалечената точка на защитения проводник.

За изчисляване на минималния ток на късо съединение може да се използва приблизителен метод:

- приема се 50% увеличаване стойността на съпротивлението на проводниците, отнесено към 20°C, вследствие на нагряване причинено от тока на късо съединение;
- разглежда се 80% намаляване стойността на захранващото напрежение като резултат от късото съединение;
- разглежда се реактивното съпротивление на проводника само за сечения, по-големи от 95 mm².

Формулата по-долу е получена чрез прилагане на закона на Ом за защитното устройство и точката на повреда.

Значение на символите и константите, използвани във формулата:

- 0,8 е коефициентът, представящ намаляване на напрежението;
- 1,5 е коефициентът, представящ увеличението на съпротивлението;
- U_g е номиналното напрежение между фазите;
- U_0 е номиналното напрежение между фаза и земя;
- S е сечението на фазовия проводник;
- S_N е сечението на неутралния проводник;
- S_{PE} е сечението на защитния проводник;
- е специфичното съпротивление на проводника при 20°C;
- L е дължината на кабела;

- $m = \frac{S_n}{S_{PE}}$ е съотношението между общото сечение на фазовия проводник (сечението S на фазовия проводник, умножено с броя на паралелните проводници n) и сечението на защитния проводник S_{PE} , приемайки, че са направени от един и същ проводящ материал;

- $m_1 = \frac{S_N n}{S_{PE}}$ е съотношението между общото сечение на неутралния проводник (единичното сечение на неутралния проводник S_N , умножено с броя на паралелните проводници n) и сечението на защитния проводник S_{PE} , приемайки, че са направени от един и същ проводящ материал;

- k_1 е корекционният коефициент, който отчита реактивното съпротивление на кабелите със сечение по-голямо от 95 mm², може да се вземе от следната таблица:

Сечение на фазовия проводник [mm ²]	120	150	185	240	300
k_1	0.90	0.85	0.8	0.75	0.72

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

- k_2 е корекционният коефициент за проводници в паралел, получава се по следната формула:

$$k_2 = 4 \frac{n-1}{n}$$

където n е броят на проводниците в паралел за фаза.

- 1,2 е толеранса на защитата от късо съединение, разрешен от стандарта.

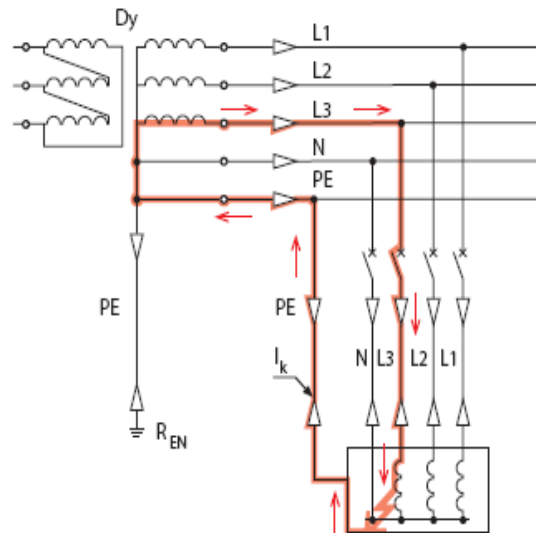
TN система

Формулата за оценяване на минималния ток на късо съединение е:

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot S}{1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

и следователно:

$$L = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot S}{1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_{kmin}} \cdot k_1 \cdot k_2$$



IT система

Формулите по-горе са в сила, когато втора повреда превърне IT системата в TN система.

Необходимо е да се проверяват поотделно инсталациите, в които няма инсталирана неутрала и тези в които има неутрала.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване

тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

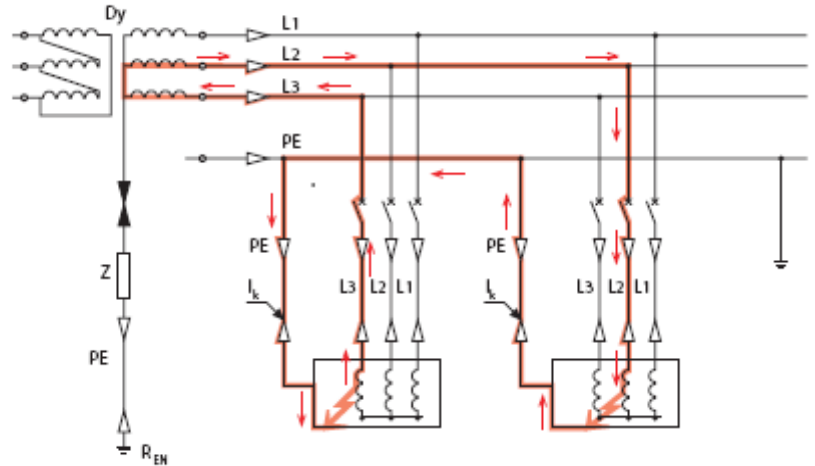
Инсталации без неутрала

Когато възникне втора повреда, формулата става:

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_f \cdot S}{2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

и следователно:

$$L = \frac{0.8 \cdot U_f \cdot S}{2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_{kmin}} \cdot k_1 \cdot k_2$$



Инсталации с неутрала

Случай А: трифазна верига в IT система с неутрала.

Формулата е:

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot S}{2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

и следователно:

$$L = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot S}{2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_{kmin}} \cdot k_1 \cdot k_2$$

Случай В: Верига от три фази + неутрала в IT система с неутрала.

Формулата е:

$$I_{kmin} = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot S_N}{2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m_1) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

и следователно:

$$L = \frac{0.8 \cdot U_0 \cdot S_N}{2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 \cdot \rho \cdot (1+m_1) \cdot I_{kmin}} \cdot k_1 \cdot k_2$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

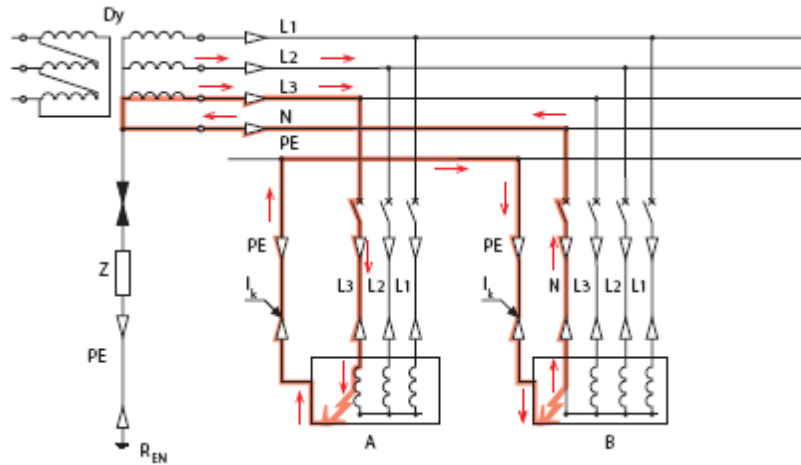
6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)



Забележка относно ползването на таблиците

Таблиците, в които е показана максималната защитена дължина (MPL), са съставени при отчитане на следните условия:

- един кабел на фаза;
- номинално напрежение 400 V (трифазна система);
- медни кабели;
- без неутрала, само за IT системи;
- сечение на защитния проводник съгласно Таблица 1:

Таблица 1: Сечение на защитния проводник

Сечение на фазовия проводник S [mm ²]	Сечение на защитния проводник S_{PE} [mm ²]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Когато за определянето на максималната защитена дължина се използва функцията S (късо съединение със времезакъснение), е необходимо да се провери, че времето на изключване е по-малко от стойността на времето, указана в Глава 5.5 Таблица 1 за TN системи и Глава 5.6 Таблица 1 за IT системи.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

Късото съединение е повреда с пренебрежим импеданс между проводници под напрежение и с разлика в потенциалите при нормални работни условия.

6.2 Класификация на повредите

В трифазни вериги могат да възникнат следните видове повреди:

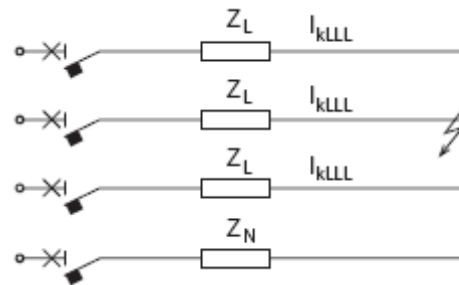
- трифазна повреда;
- двуфазна повреда;
- повреда фаза-неутрала;
- повреда фаза-РЕ.

Във формулите са използвани следните символи:

- I_k ток на късо съединение;
- U_r номинално напрежение;
- Z_L импеданс на фазовия проводник;
- Z_N импеданс на неутралния проводник;
- Z_{PE} импеданс на защитния проводник.

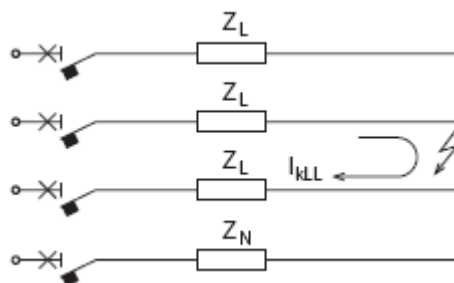
В следващата таблица са показани накратко вида на повредата и връзката между тока на късо съединение за симетрична повреда (три фази) и тока на късо съединение за асиметрични повреди (две фази и една фаза) на далечно разстояние от генераторите.

Трифазна повреда



$$I_{kLLL} = \frac{U_r}{\sqrt{3}Z_L}$$
$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

Двуфазна повреда



$$I_{kLL} = \frac{U_r}{2Z_L} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{kLLL} = 0.87 I_{kLLL}$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

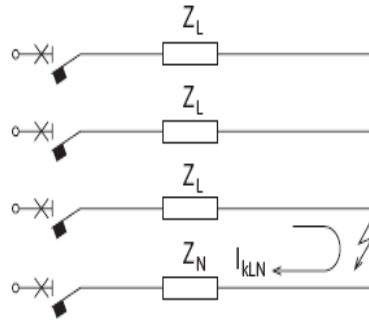
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Повреда фаза-неутрала



$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)}$$

Ако $Z_L = Z_N$ (сечението на неутралния проводник е равно на това на фазовия проводник):

$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(2Z_L)} = 0.5 I_{kLLL}$$

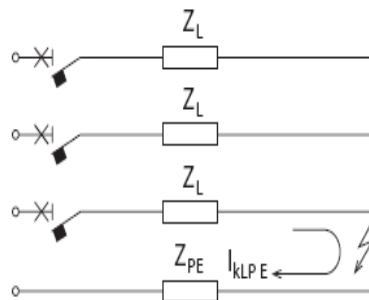
Ако $Z_N = 2Z_L$ (сечението на неутралния проводник е равно на половината от сечението на фазовия проводник):

$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(3Z_L)} = 0.33 I_{kLLL}$$

Ако $Z_N \approx 0$ гранично условие:

$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L)} = I_{kLLL}$$

Повреда фаза-РЕ



$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})}$$

Ако $Z_L = Z_{PE}$ (сечението на защитния проводник е равно на това на фазовия проводник):

$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(2Z_L)} = 0.5 I_{kLLL}$$

Ако $Z_{PE} = 2Z_L$ (сечението на защитния проводник е равно на половината от сечението на фазовия проводник):

$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(3Z_L)} = 0.33 I_{kLLL}$$

Ако $Z_N \approx 0$ гранично условие:

$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L)} = I_{kLLL}$$

Следващата таблица дава възможност бързо да се намери приблизителна стойност на тока на късо съединение.

Забележка	Трифазно късо съединение I_{kLL}	Двухазно късо съединение I_{kLL}	Късо съединение фаза-неутрала I_{kLN}	Късо съединение фаза-РЕ (TN система) I_{kLPE}
I_{kLL}	-	$I_{kLL} = 0.871 I_{kLL}$	$I_{LN} = 0.5 I_{kLLL} (Z_L = Z_N)$ $I_{LN} = 0.33 I_{kLLL} (Z_L = 0.5 Z_N)$ $I_{LN} = I_{kLLL} (Z_N \approx 0)$	$I_{LPE} = 0.5 I_{kLLL} (Z_L = Z_{PE})$ $I_{LPE} = 0.33 I_{kLLL} (Z_L = 0.5 Z_{PE})$ $I_{LPE} = I_{kLLL} (Z_{PE} \approx 0)$
I_{kLL}	$I_{kLL} = 1.16 I_{kLL}$	-	$I_{kLN} = 0.58 I_{kLL} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLN} = 0.38 I_{kLL} (Z_L = 0.5 Z_N)$ $I_{kLN} = 1.16 I_{kLL} (Z_N \approx 0)$	$I_{kLPE} = 0.58 I_{kLL} (Z_L = Z_{PE})$ $I_{kLPE} = 0.38 I_{kLL} (Z_L = 0.5 Z_{PE})$ $I_{kLPE} = 1.16 I_{kLL} (Z_{PE} \approx 0)$
I_{kLN}	$I_{kLL} = 2 I_{kLN} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLL} = 3 I_{kLN} (Z_L = 0.5 Z_N)$ $I_{kLL} = I_{kLN} (Z_N \approx 0)$	$I_{kLL} = 1.73 I_{kLN} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLL} = 2.6 I_{kLN} (Z_L = 0.5 Z_N)$ $I_{kLL} = 0.87 I_{kLN} (Z_N \approx 0)$	-	-

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

Токът на късо съединение може да се пресметне като се използва „метода на мощността на късо съединение”. Този метод дава възможност да се определи приблизителния ток на късо съединение в дадена точка на инсталацията по прост начин; резултатът обикновено е приемлив. Този метод обаче не е консервативен и дава толкова по-точни резултати, колкото по-близки стойности имат факторите на мощността на разглежданите компоненти (мрежа, генератори, трансформатори, двигатели и големи кабелни участъци и др.).

При метода „мощност на късо съединение” се изчислява тока на късо съединение I_k по формулата:

$$\text{Трифазно късо съединение: } I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

$$\text{Двуфазно късо съединение: } I_k = \frac{S_k}{2 \cdot U_r}$$

където:

- S_k е привидната мощност на късото съединение в точката на повредата;

- U_r е номиналното напрежение.

За определяне на привидната мощност на късото съединение S_k трябва да се отчетат всички елементи на мрежата, които могат да бъдат:

- Елементи, които участват в създаването на тока на късо съединение: мрежа, генератори, двигатели;

- Елементи, които ограничават стойността на тока на късо съединение: проводници и трансформатори.

Процедурата за изчисляване на тока на късо съединение включва следните стъпки:

1. Изчисляване на мощността на късо съединение за различните елементи на инсталацията;

2. Изчисляване на мощността на късо съединение в точката на повреда;

3. Изчисляване на тока на късо съединение.

6.3.1 Изчисляване на мощността на късо съединение за различните елементи на инсталацията

Привидната мощност на късо съединение s_k трябва да се определи за всички компоненти, които са част от инсталацията:

Мрежа

Електрическата мрежа включва всичко, което е в посока захранването след точката на присъединяване.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Обикновено, електроразпределителното дружество дава стойността на привидната мощност (S_{knet}) на късо съединение в точката на електрическото захранване. Ако обаче е известна стойността на тока на късо съединение I_{knet} , за трифазните системи стойността на мощността може да се получи по следната формула:

$$S_{knet} = \sqrt{3}U_r I_{knet}$$

където U_r е номиналното напрежение в точката на електрическо захранване.

Ако гореописаните данни липсват, може да се вземе за референтна стойност стойността на S_{knet} от долната таблица:

Нетно напрежение U_r [kV]	Мощност на късо съединение S_{knet} [MVA]
До 20	500
До 32	750
До 63	1000

Генератори

Мощността на късо съединение се получава от:

$$S_{kgen} = \frac{S_r \cdot 100}{X_{d\%}^*}$$

където $X_{d\%}^*$ е процентната стойност на свръхпреходното реактивно съпротивление (X''_d) или на преходното реактивно съпротивление (X'_d) или на синхронното реактивно съпротивление (X_d), в зависимост от момента, в който трябва да се оценява стойността на тока на късо съединение.

Най-често реактивните съпротивления се изразяват в проценти от номиналния импеданс на генератора (Z_d), определян чрез:

$$Z_d = \frac{U_r^2}{S_r}$$

където U_r и S_r са номиналните стойности на напрежението и мощността на генератора. Типични стойности са например:

- X''_d от 10% до 20%;

- X'_d от 15% до 40%;

- X_d от 80% до 300%.

Обикновено се разглежда най-лошия случай, този при свръхпреходно реактивно съпротивление. В следващата таблица са дадени приблизителните стойности на мощността на късо съединение на генератори ($X''_d = 12,5\%$):

S_r [kVA]	50	63	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000
S_{kgen} [MVA]	0.4	0.5	1.0	1.3	1.6	2.0	2.6	3.2	4.0	5.0	6.4	8.0	10.0	12.8	16.0	20.0	25.6	32.0

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Асинхронни трифазни двигатели

При условия на късо съединение електрическите двигатели могат да понесат повредата за кратко време (5-6 периода).

Мощността може да бъде изчислена от тока на късо съединение (I_k) на двигателя чрез следната формула:

$$S_{kmot} = \sqrt{3}U_r I_k$$

Типични стойности са:

$$S_{kmot} = 5 \div 7 S_{mot}$$

(I_k е около $5 \div 7 I_{mot}$: 5 за двигатели с малък размер, и 7 за по-големи двигатели).

Трансформатори

Мощността на късо съединение на трансформаторите (S_{ktrafo}) може да бъде изчислена чрез следната формула:

$$S_{ktrafo} = \frac{S_r \cdot 100}{u_k \%}$$

В следващата таблица са дадени приблизителните стойности на мощността на късо съединение на трансформатори.

S_r [kVA]	50	63	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000
u_k %	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6
S_{ktrafo} [MVA]	1.3	1.6	3.1	4	5	6.3	8	10	12.5	15.8	16	20	25	26.7	33.3			

Кабели

Добро приближение за мощността на късо съединение на кабели е следното равенство:

$$S_{kcable} = \frac{U_r^2}{Z_c}$$

където импедансът на кабела (Z_c) е:

$$Z_c = \sqrt{R_c^2 + X_c^2}$$

В следващата таблица са дадени приблизителните стойности на мощността на късо съединение на кабели при 50 и 60 Hz в зависимост от напрежението на захранването (дължина на кабела = 10 m):

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

S [mm ²]	230 [V]	400 [V]	440 [V]	500 [V]	690 [V]	230 [V]	400 [V]	440 [V]	500 [V]	690 [V]
	S_{kable} [MVA] @50 Hz					S_{kable} [MVA] @60 Hz				
1.5	0.44	1.32	1.60	2.07	3.94	0.44	1.32	1.60	2.07	3.94
2.5	0.73	2.20	2.66	3.44	6.55	0.73	2.20	2.66	3.44	6.55
4	1.16	3.52	4.26	5.50	10.47	1.16	3.52	4.26	5.50	10.47
6	1.75	5.29	6.40	8.26	15.74	1.75	5.29	6.40	8.26	15.73
10	2.9	8.8	10.6	13.8	26.2	2.9	8.8	10.6	13.7	26.2
16	4.6	14.0	16.9	21.8	41.5	4.6	13.9	16.9	21.8	41.5
25	7.2	21.9	26.5	34.2	65.2	7.2	21.9	26.4	34.1	65.0
35	10.0	30.2	36.6	47.3	90.0	10.0	30.1	36.4	47.0	89.6
50	13.4	40.6	49.1	63.4	120.8	13.3	40.2	48.7	62.9	119.8
70	19.1	57.6	69.8	90.1	171.5	18.8	56.7	68.7	88.7	168.8
95	25.5	77.2	93.4	120.6	229.7	24.8	75.0	90.7	117.2	223.1
120	31.2	94.2	114.0	147.3	280.4	29.9	90.5	109.5	141.5	269.4
150	36.2	109.6	132.6	171.2	326.0	34.3	103.8	125.6	162.2	308.8
185	42.5	128.5	155.5	200.8	382.3	39.5	119.5	144.6	186.7	355.6
240	49.1	148.4	179.5	231.8	441.5	44.5	134.7	163.0	210.4	400.7
300	54.2	164.0	198.4	256.2	488.0	48.3	146.1	176.8	228.3	434.7

При n паралелни кабели е необходимо стойността, дадена в таблицата, да се умножи с n . Ако дължината на кабела (L_{act}) е различна от 10 m, е необходимо стойността, дадена в таблицата, да се умножи със следния коефициент:

$$\frac{10}{L_{act}}$$

6.3.2 Изчисляване на мощността на късо съединение в точката на повреда

Правилото за определяне на мощността на късо съединение в точка на инсталацията в зависимост от мощността на късо съединение на различните елементи на веригата е аналогично на това за изчисляване на еквивалентната пълна проводимост. А именно:

- мощността на късо съединение на последователно свързаните елементи е равна на реципрочната стойност на сумата от реципрочните стойности на отделните мощности (както при успоредно свързани импеданси);

$$S_k = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}}$$

- мощността на късо съединение на успоредно свързани елементи е равна на сумата на отделните мощности на късо съединение (както при последователно свързани импеданси).

$$S_k = \sum S_i$$

Елементите на веригата се считат за свързани последователно или успоредно, погледнати от точката на повреда.

В случай на различни клонове свързани успоредно, разпределението на тока между различните клонове трябва да се изчисли след като се пресметне тока на късо съединение в точката на повредата. Това трябва да се направи за да се осигури правилния избор на защитно устройство в клоновете.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

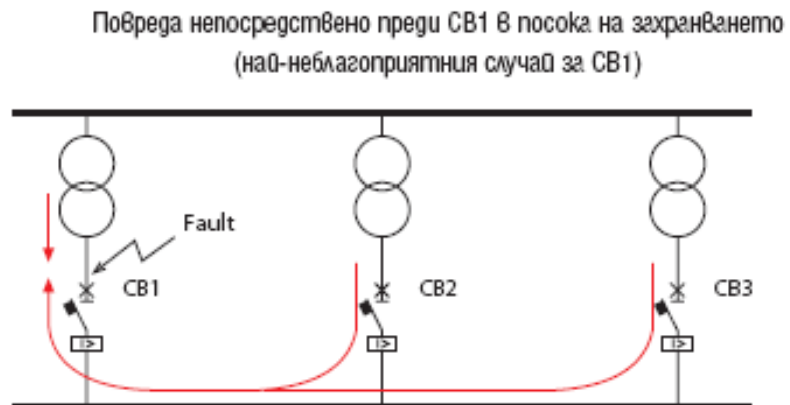
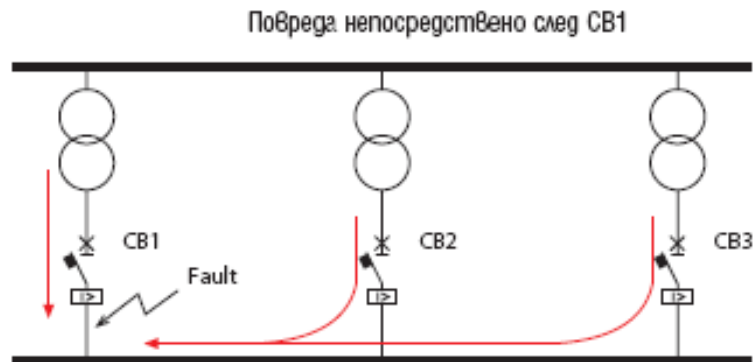
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.3.3 Изчисляване тока на късо съединение

За да се определи тока на късо съединение в една инсталация трябва да се разгледат както точката на повреда, така и конфигурацията на системата. Трябва да се вземе предвид и участието на двигателите в тока на късо съединение в съответните случаи.

Да разгледаме схемите по-долу, за прекъсвача CB1 най-лоши условия възникват, когато повредата е точно над прекъсвача от страна на захранването. При определяне на изключвателната способност на прекъсвача трябва да се отчете участието в тока на късо съединение и на другите два успоредно свързани трансформатора.



След като е определен еквивалента на мощността на късо съединение в точката на повредата, токът на късо съединение може да се изчисли по следната формула:

Трифазна верига:
$$I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

Двуфазна верига:
$$I_k = \frac{S_k}{2 \cdot U_r}$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

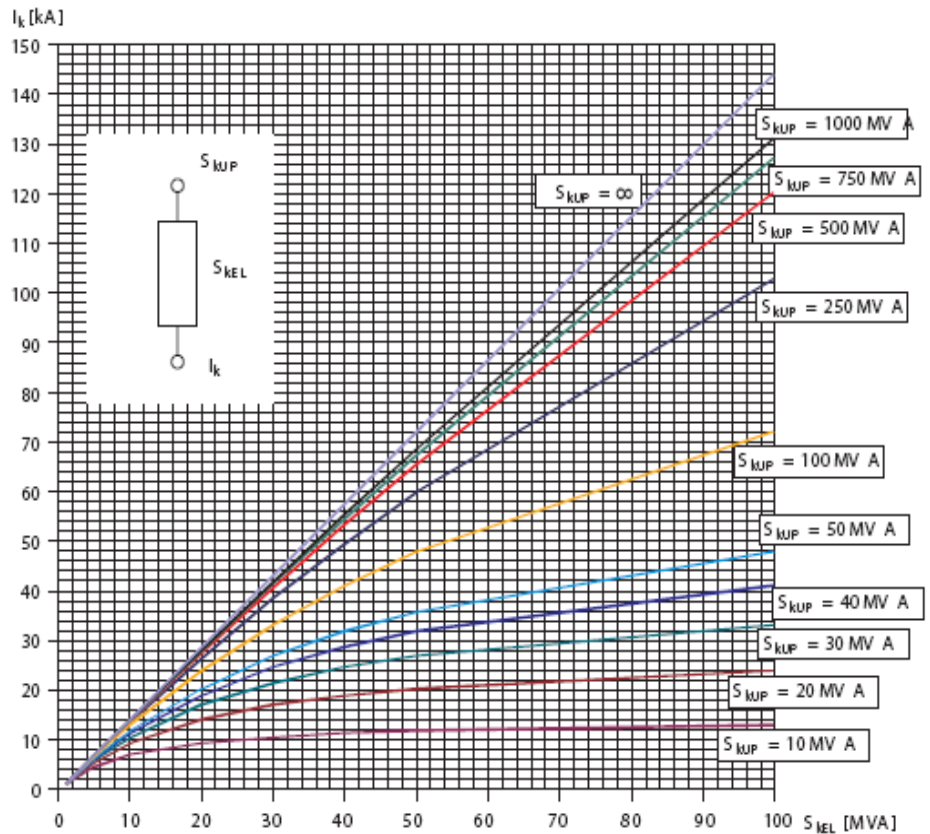
Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Като първо приближение, чрез използване на следващата графика е възможно да се оцени трифазния ток на късо съединение в посока надолу по веригата след обект с известна мощност на късо съединение (S_{kEL}); в съответствие на тази стойност, познавайки мощността на късо съединение в посоката от обекта към захранването (S_{kUP}), стойността на I_k може да се отчете от оста у, изразена в kA при 400 V.

Фигура 1: Графика за изчисляване на ток на трифазно късо съединение при 400 V



6.3.4 Примери

Следващите примери показват изчисляването на ток на късо съединение в няколко различни вида инсталации.

Пример 1

Мрежа от страна на захранването:

$$U_r = 20000 \text{ V}$$

$$S_{knet} = 500 \text{ MVA}$$

Трансформатор:

$$S_r = 1600 \text{ kVA}$$

$$u_k\% = 6\%$$

$$U_{1r} / U_{2r} = 20000/400$$

Двигател:

$$P_r = 220 \text{ kW}$$

$$I_{kmot} / I_r = 6,6$$

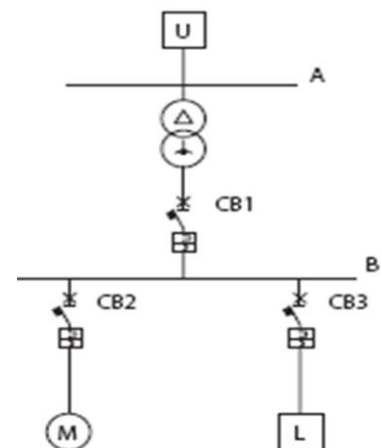
$$\cos\varphi_r = 0,9$$

$$\eta = 0,917$$

Обобщен товар:

$$I_{rL} = 1443,4 \text{ A}$$

$$\cos\varphi_r = 0,9$$



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

Изчисляване на мощността на късо съединение на различните

елементи

Мрежа:

$$S_{knet} = 500 \text{ MVA}$$

Трансформатор:

$$S_{ktrafo} = \frac{100}{u_k\%} S_r = 26.7 \text{ MVA}$$

Двигател:

$$S_{rmot} = \frac{P_r}{\eta \cos \varphi_r} = 267 \text{ MVA}$$

$S_{kmot} = 6,6 \cdot S_{rmot} = 1,76 \text{ MVA}$ за първите 5-6 периода (при 50 Hz около 100 ms)

Изчисляване на тока на късо съединение за избор на прекъсвачи

Избиране на прекъсвач СВ1

За прекъсвача СВ1 най-лошите условия възникват, когато повредата е веднага след прекъсвача в посока товара. В случай на повреда от страна на захранването, през прекъсвача ще премине само токът на повреда, идващ от двигателя, който е значително по-малък от тока на късо съединение на мрежата.

Веригата, погледната от точката на повреда, се представя от последователно свързани мрежа и трансформатор. Съгласно посочените по-горе правила, мощността на късо съединение се определя чрез следната формула:

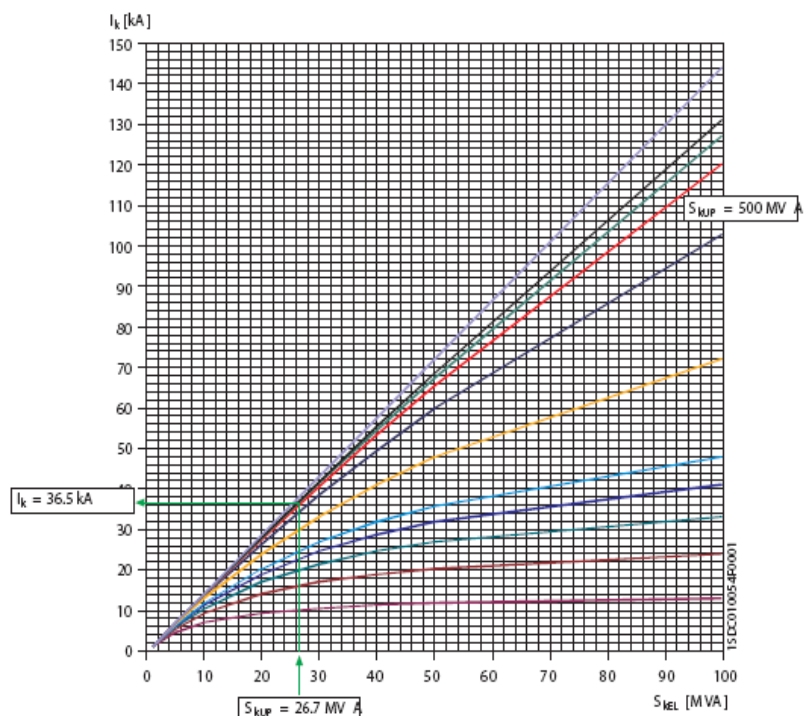
$$S_{kCB1} = \frac{S_{knet} \cdot S_{ktrafo}}{S_{knet} + S_{ktrafo}} = 25.35 \text{ MVA}$$

Максималният ток е:

$$I_{kCB1} = \frac{S_{kCB1}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 36.6 \text{ kA}$$

Номиналният ток от страна НН на трансформатора е равен на 2309 A; следователно прекъсвачът, който трябва да се избере е Emax E3N 2500 (виж таблица 2, гл. 3.4).

Използвайки графиката от Фигура 1 е възможно да се намери I_{kCB1} от кривата с $S_{kUP} = S_{knet} = 500 \text{ MVA}$, съответстващо на $S_{kEL} = S_{ktrafo} = 26,7 \text{ MVA}$:



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Избиране на прекъсвач СВ2

За прекъсвача СВ2 най-неблагоприятни условия са, когато повредата възникне веднага след прекъсвача от страната на товара. Веригата, погледната от точката на повреда, се представя от последователно свързани мрежа и трансформатор. Токът на късо съединение е същият като този за СВ1.

$$I_{kCB1} = \frac{S_{kCB1}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 36.6 \text{ kA}$$

Номиналният ток на двигателя е равен на 385 А; прекъсвачът, който трябва да се избере е Tmax T5H 400.

Избиране на прекъсвач СВ3

И за СВ3 най-неблагоприятни условия възникват, когато точката на повредата е веднага след прекъсвача от страната на товара.

Веригата, погледната от точката на повреда, се представя чрез два успоредни клона: двигателя и последователно свързаните мрежа и трансформатор. Съгласно посочените по-горе правила, мощността на късо съединение се определя чрез следната формула:

Двигател // (Мрежа + Трансформатор)

$$S_{kCB3} = S_{k\text{mot}} + \frac{1}{\frac{1}{S_{k\text{net}}} + \frac{1}{S_{k\text{trafo}}}} = 27.11 \text{ MVA}$$

$$I_{kCB3} = \frac{S_{kCB3}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 39.13 \text{ kA}$$

Номиналният ток на товара L е равен на 1443 А; прекъсвачът, който трябва да се избере е Tmax T7S1600 или Emax X1B1600.

Пример 2

Веригата, показана на схемата, се състои от захранване, два успоредно свързани трансформатора и три товара.

Мрежа от страната на захранването:

$$U_{r1} = 20000 \text{ V}$$

$$S_{k\text{net}} = 500 \text{ MVA}$$

Трансформатори 1 и 2:

$$S_r = 1600 \text{ kVA}$$

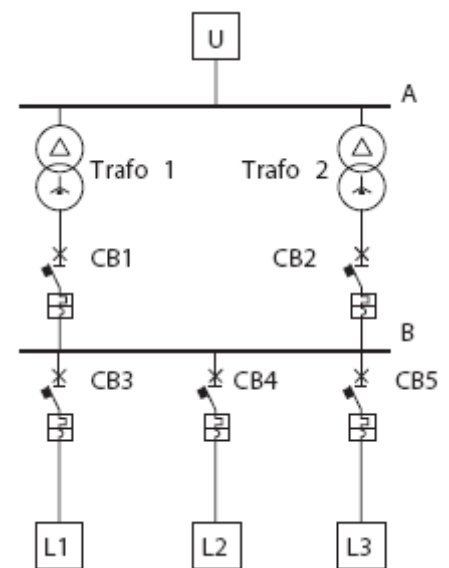
$$u_{k\%} = 6\%$$

$$U_{1r}/U_{2r} = 20000/400$$

$$\text{Товар L1: } S_r = 1500 \text{ kVA; } \cos\varphi = 0.9$$

$$\text{Товар L2: } S_r = 1000 \text{ kVA; } \cos\varphi = 0.9$$

$$\text{Товар L3: } S_r = 50 \text{ kVA; } \cos\varphi = 0.9$$



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Изчисляване на мощността на късо съединение на различните елементи:

Мрежа

$$S_{knet} = 500 \text{ MVA}$$

Трансформатори 1 и 2

$$S_{ktrafo} = \frac{100}{u_k\%} S_r = 26.7 \text{ MVA}$$

Избиране на СВ1 (СВ2)

За прекъсвачите СВ1 (СВ2) най-неблагоприятните условия възникват, когато повредата е веднага след прекъсвача от страна на товара. Съгласно описаните по-горе правила, веригата погледната от точката на повреда е еквивалентен на паралелно свързани два трансформатора последователно с мрежата: Мрежа + (Трансформатор 1 // Трансформатор 2).

Полученият по този начин ток на късо съединение съответства на тока на късо съединение на събирателната шина. На базата на симетричността на веригата, този ток се разпределя равномерно в двата клона (наполовина във всеки). Токът, който протича през СВ1 (СВ2), следователно е равен на половината на този на събирателната шина.

$$S_{kbusbar} = \frac{S_{knet}(S_{ktrafo1} + S_{ktrafo2})}{S_{knet} + (S_{ktrafo1} + S_{ktrafo2})} = 48.2 \text{ MVA}$$

$$I_{kbusbar} = \frac{S_{kbusbar}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 69.56 \text{ kA}$$

$$I_{kCB1(2)} = \frac{I_{kbusbar}}{2} = 34.78 \text{ kA}$$

Прекъсвачите СВ1/СВ2, които трябва да бъдат избрани на базата на номиналния ток на трансформаторите, са $E_{max} E3N 2500$.

Избиране на СВ3-СВ4-СВ5

За тези прекъсвачи най-неблагоприятните условия възникват, когато повредата стане веднага след прекъсвача от страна на товара. Следователно, токът на късо съединение, който трябва да се вземе под внимание, е този на събирателната шина:

$$I_{kCB3} = I_{kbusbar} = 69.56 \text{ kA}$$

Прекъсвачите, които трябва да се изберат на базата на токовете на товарите, са:

СВ3: $E_{max} E3S 2500$

СВ4: $E_{max} E2S 1600$

СВ5: $T_{max} T2H 160$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

Изчисляване на мощността на късо съединение на различните елементи:

Мрежа

$$S_{knet} = 500 \text{ MVA}$$

Трансформатори 1 и 2

$$S_{ktrafo} = \frac{100}{u_k\%} S_r = 26.7 \text{ MVA}$$

Избиране на СВ1 (СВ2)

За прекъсвачите СВ1 (СВ2) най-неблагоприятните условия възникват, когато повредата е веднага след прекъсвача от страна на товара. Съгласно описаните по-горе правила, веригата погледната от точката на повреда е еквивалентен на паралелно свързани два трансформатора последователно с мрежата: Мрежа + (Трансформатор 1 // Трансформатор 2).

Полученият по този начин ток на късо съединение съответства на тока на късо съединение на събирателната шина. На базата на симетричността на веригата, този ток се разпределя равномерно в двата клона (наполовина във всеки). Токът, който протича през СВ1 (СВ2), следователно е равен на половината на този на събирателната шина.

$$S_{kbusbar} = \frac{S_{knet}(S_{ktrafo1} + S_{ktrafo2})}{S_{knet} + (S_{ktrafo1} + S_{ktrafo2})} = 48.2 \text{ MVA}$$

$$I_{kbusbar} = \frac{S_{kbusbar}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 69.56 \text{ kA}$$

$$I_{kCB1(2)} = \frac{I_{kbusbar}}{2} = 34.78 \text{ kA}$$

Прекъсвачите СВ1/СВ2, които трябва да бъдат избрани на базата на номиналния ток на трансформаторите, са $E_{max} E3N 2500$.

Избиране на СВ3-СВ4-СВ5

За тези прекъсвачи най-неблагоприятните условия възникват, когато повредата стане веднага след прекъсвача от страна на товара. Следователно, токът на късо съединение, който трябва да се вземе под внимание, е този на събирателната шина:

$$I_{kCB3} = I_{kbusbar} = 69.56 \text{ kA}$$

Прекъсвачите, които трябва да се изберат на базата на токовете на товарите, са:

СВ3: $E_{max} E3S 2500$

СВ4: $E_{max} E2S 1600$

СВ5: $T_{max} T2H 160$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_2S_2)

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

Таблицата по-долу дава възможност да се определи по консервативен път трифазния ток на късо съединение в точка на мрежа 400 V в посока надолу по веригата на еднополюсен меден кабел при температура 20°C. Известни стойности:

-трифазният ток на късо съединение в посока на захранването спрямо кабела;

-дължината и сечението на кабела.

Сечение на кабела [mm ²]	Дължина [m]																																		
	0.9	1.1	1.4	1.8	2.5	3.5	5.3	7	9.4	14	0.9	1.1	1.4	1.8	2.5	3.5	5.3	7	9.4	14															
1.5																																			
2.5											0.9	1	1.2	1.5	1.8	2.3	2.9	4.1	5.9	8.8	12	16	24												
4											0.9	1.2	1.4	1.6	1.9	2.3	2.8	3.7	4.7	6.6	9.4	14	19	25	38										
6												0.8	1.1	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	3.5	4.2	5.6	7	10	14	21	28	38	56							
10												0.9	1.2	1.4	1.9	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.8	7	9.4	12	16	23	35	47	63	94					
16												0.9	1.1	1.5	1.9	2.2	3	3.7	4.7	5.6	6.5	7.5	9.3	11	15	19	26	37	56	75	100	150			
25												0.9	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.6	5.8	7.2	8.7	10	12	14	17	23	29	41	58	87	116	155	233	
35												1.2	1.6	2	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8	10	12	14	16	20	24	32	40	56	80	121	161	216	324	
50												1.1	1.7	2.3	2.8	3.4	4.5	5.7	6.8	9	11	14	17	20	23	28	34	45	57	79	113	170	226	303	455
70												0.8	1.5	2.3	3.1	3.8	4.6	6.2	7.7	9.2	12	15	19	23	27	31	38	46	62	77	108	154	231	308	413
95												1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	50	60	80	100	140	200	300	400	
120												1.2	2.4	3.6	4.8	6	7.2	10	12	14	19	24	30	36	42	48	60	72	96	120	168	240	360	481	
150												1.4	2.8	4.2	5.6	7	8.4	11	14	17	23	28	35	42	49	56	70	84	113	141	197	281	422		
185												1.6	3.2	4.8	6.4	8	10	13	16	19	26	32	40	48	56	64	80	96	128	160	224	320	480		
240												1.8	3.7	5.5	7.3	9.1	11	15	18	22	29	37	46	55	64	73	91	110	146	183	256	366	549		
300												2	4	6	8	10	12	16	20	24	32	40	50	60	70	80	100	120	160	200	280	400			
2x120												2.4	4.8	7.2	10	12	14	19	24	29	38	48	60	72	84	96	120	144	192	240	336	481			
2x150												2.8	5.6	8.4	11	14	17	23	28	34	45	56	70	84	98	113	141	169	225	281	394	563			
2x185												3.2	6.4	10	13	16	19	26	32	38	51	64	80	96	112	128	160	192	256	320	448				
3x120												3.6	7.2	11	14	18	22	29	36	43	58	72	90	108	126	144	180	216	288	360	505				
3x150												4.2	8.4	13	17	21	25	34	42	51	68	84	105	127	148	169	211	253	338	422					
3x185												4.8	10	14	19	24	29	38	48	58	77	96	120	144	168	192	240	288	384	480					

I_k по посока на захранването

[kA]	I_k по посока на товара																									
	100	96	92	89	85	82	78	71	65	60	50	43	36	31	27	24	20	17	13	11	7.8	5.6	3.7	2.7	2.0	1.3
90	86	83	81	78	76	72	67	61	57	48	42	35	31	27	24	20	17	13	11	7.8	5.6	3.7	2.7	2.0	1.3	
80	77	75	73	71	69	66	62	57	53	46	40	34	30	27	24	20	17	13	10	7.7	5.5	3.7	2.7	2.0	1.3	
70	68	66	65	63	62	60	56	53	49	43	38	33	29	26	23	19	16	13	10	7.6	5.5	3.7	2.7	2.0	1.3	
60	58	57	56	55	54	53	50	47	45	40	36	31	28	25	23	19	16	12	10	7.5	5.4	3.7	2.7	2.0	1.3	
50	49	48	47	46	45	44	43	41	39	35	32	29	26	23	21	18	15	12	10	7.3	5.3	3.6	2.6	2.0	1.3	
40	39	39	38	38	37	37	35	34	33	31	28	26	24	22	20	17	15	12	10	7.1	5.2	3.6	2.6	2.0	1.3	
35	34	34	34	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	20	19	16	14	11	10	7.1	5.1	3.5	2.6	2.0	1.3	
30	30	29	29	29	28	28	28	27	26	25	23	22	20	19	18	16	14	11	9.3	7.0	5.0	3.5	2.6	1.9	1.3	
25	25	24	24	24	24	24	23	23	22	21	21	19	18	17	16	14	13	11	9.0	6.8	5.0	3.4	2.6	1.9	1.3	
20	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18	17	16	15	15	14	13	12	10	8.4	6.5	4.8	3.3	2.5	1.9	1.3	
15	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14	13	13	12	12	12	11	10	8.7	7.6	6.1	4.6	3.2	2.5	1.9	1.3	
12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	9.3	8.8	7.8	7.0	5.7	4.4	3.1	2.4	1.9	1.3
10	10	10	10	10	10	10	10	9.5	9.4	9.2	9.0	8.8	8.5	8.3	8.1	7.7	7.3	6.5	5.9	5.0	3.9	2.9	2.3	1.8	1.2	
8.0	8.0	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7	7.6	7.5	7.4	7.2	7.1	6.9	6.8	6.5	6.2	5.7	5.2	4.5	3.7	2.8	2.2	1.7	1.2	
6.0	6.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	5.7	5.6	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	4.9	4.8	4.4	4.1	3.6	3.1	2.4	2.0	1.6	1.1	
3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	0.9	

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Забележка:

• В случай, че I_k от страна на захранването и дължината на кабела не се съдържат в таблицата, трябва да се ползват:

- стойността вдясно над I_k от страна на захранването;

- стойността вдясно под дължината на кабела.

Тези приближения позволяват изчисленията да благоприятстват безопасността.

• В случай, че в таблицата не се съдържат паралелни кабели, дължината трябва да се раздели на броя на паралелните кабели.

Пример

Данни

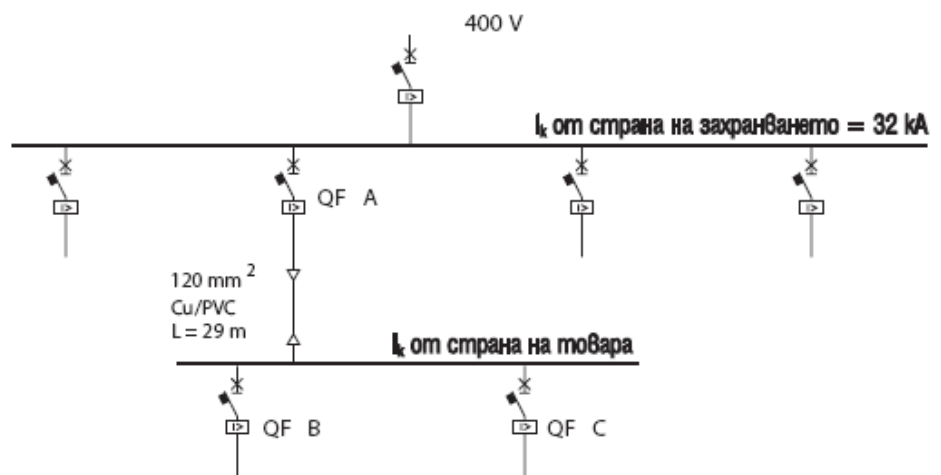
Номинално напрежение = 400 V

Сечение на кабела = 120 mm²

Проводник = меден

Дължина = 29 m

Ток на късо съединение от страна на захранването = 32 kA



Процедура

В реда, съответстващ на сечение на кабела 120 mm² в първата таблица, ако не може да се намери колона за дължина равна на 29 m се взема най-близката по-малка стойност, в случая 24 m. В колоната за ток на късо съединение от страна на захранването във втората таблица, ако не може да се определи ред със стойност 32 kA се взема най-близката по-голяма стойност, в този случай 35 kA.

От пресичането на този ред (първоначална стойност 35 kA) с определената преди това колона (дължина на кабела 24 m) се получава стойността на тока на късо съединение надолу по веригата равна на 26 kA.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.5 Алгебра на последователностите

6.5.1 Общи положения

Възможно е симетричните, балансирани трифазни мрежи да се представят по един опростен начин чрез свеждане на трифазната мрежа до еднофазна такава със същата стойност на номинално напрежение каквото е напрежението линия-линия на трифазната система.

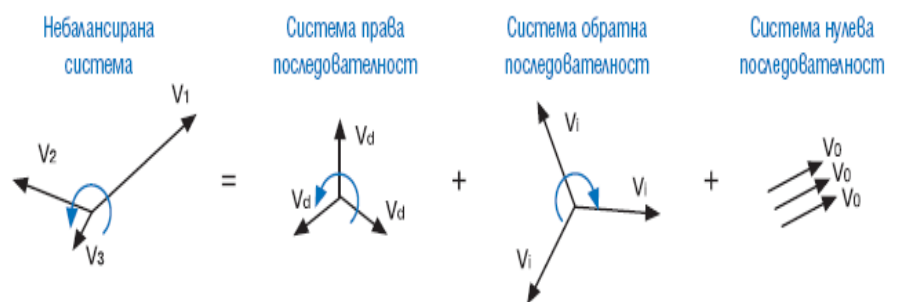
Асиметричните мрежи не могат да се сведат до представяне на еднофазна мрежа точно заради този дисбаланс. В този случай, тъй като не е възможно опростяване, е необходимо да се процедира съгласно аналитичните методи типични за пресмятане на електрически системи.

Техниката на моделиране, позволяваща изчисляването на асиметрична и дебалансирана мрежа чрез преобразуването ѝ в система от три балансирани мрежи, всяка от които може да бъде представена чрез лесно решима еднофазова еквивалентна верига, представлява метода на симетричните компоненти.

Този метод произлиза от математически съждения, съгласно които всяка система от три фазора1)

може да се разложи в три системи от фазори със следните характеристики:

- балансирана система, наречена права последователност, образувана от три фазора с еднаква величина, изместени на 120° и имащи същата фазова последователност като оригиналната система;
- балансирана система, наречена обратна последователност, образувана от три фазора с еднаква величина, изместени на 120° и имащи обратна фазова последователност спрямо оригиналната система;
- система, наречена нулева последователност, образувана от три фазора с еднаква величина във фаза.



- 1) Фазорът е векторно представяне на величина, която се променя във времето. Сигнал от вида

$$v(t) = \sqrt{2} \cdot V \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) \text{ се представя чрез фазора } \bar{v} = V \cdot e^{j\varphi}.$$

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.5.2 Системи с права, обратна и нулева последователност

Следните съотношения* представляват връзката между величините на трифазна балансирана мрежа и системите с права, обратна и нулева последователност:

$$\begin{aligned} \bar{V}_0 &= \frac{1}{3} (\bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{V}_3) & \bar{I}_0 &= \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3) & \bar{V}_1 &= \bar{V}_0 + \bar{V}_d + \bar{V}_i & \bar{I}_1 &= \bar{I}_0 + \bar{I}_d + \bar{I}_i \\ \bar{V}_2 &= \frac{1}{3} (\bar{V}_1 + \alpha \bar{V}_2 + \alpha^2 \bar{V}_3) & \bar{I}_2 &= \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \alpha \bar{I}_2 + \alpha^2 \bar{I}_3) & \bar{V}_3 &= \bar{V}_0 + \alpha^2 \bar{V}_d + \alpha \bar{V}_i & \bar{I}_3 &= \bar{I}_0 + \alpha^2 \bar{I}_d + \alpha \bar{I}_i \\ \bar{V}_3 &= \frac{1}{3} (\bar{V}_1 + \alpha^2 \bar{V}_2 + \alpha \bar{V}_3) & \bar{I}_3 &= \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \alpha^2 \bar{I}_2 + \alpha \bar{I}_3) & & & & \end{aligned}$$

* В тези формули компонентите на права, обратна и нулева последователност са означени с индекси “d”, “i” и съответно “0”.

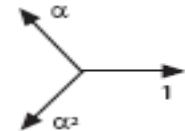
Комплексната константа $\alpha = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ е версор, който при умножаване с вектор завърта този вектор на 120° в положителна посока (обратно на часовниковата стрелка).

Комплексната константа $\alpha^2 = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ се използва за завъртане на -120° .

Някои полезни характеристики на тази система от три вектора са следните:

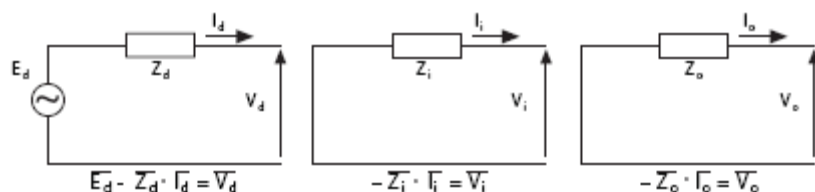
$$\begin{aligned} 1 + \alpha + \alpha^2 &= 0 \\ |\alpha^2 - \alpha| &= \sqrt{3} \end{aligned}$$

Фигура 2



Следователно, една реална трифазна мрежа може да се представи чрез три еднофазни мрежи, свързани с трите последователности - права, обратна и нулева, чрез заместване на всяка компонента със съответната еквивалентна верига. Ако генераторите могат да се приемат за симетрични, каквато е практиката и приемайки за права последователност тази, която те генерират, трите еднофазни мрежи се дефинират чрез следните вериги и уравнение:

Фигура 3



където:

- E_d е напрежението линия - нулева на частта между повредата и захранването;
- Z е импеданса на системата между повредата и захранването;
- V е напрежението, измерена на мястото на повредата.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

6 Изчисляване тока на късо съединение

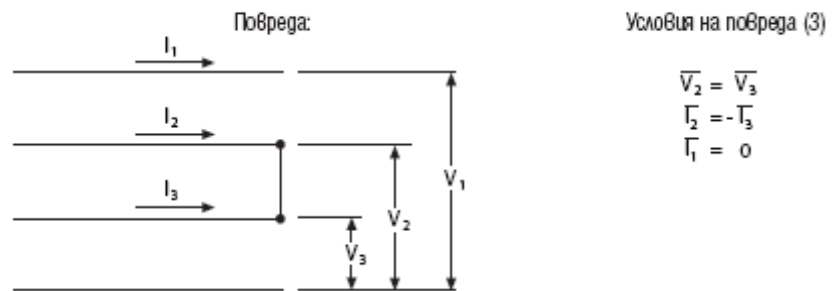
6.5.3 Изчисляване на ток на късо съединение чрез алгебра на последователностите

Без да навлизаме в теоретични подробности е възможно да покажем процедурата за опростяване и решаване на електрическата мрежа при предварително установени условия на повреда чрез пример.

Повреда фаза-фаза

Схемата на типологията на тази повреда и връзката между токовете и напреженията може да се представи по следния начин:

Фигура 4

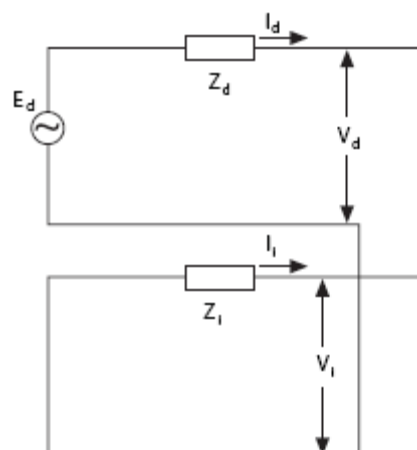


Използвайки дадените условия на повреда и формула 1) получаваме, че:

$$\begin{aligned} V_d &= V_1 \\ I_d &= -I_1 \\ I_c &= 0 \text{ следователно } V_c = 0 \end{aligned}$$

Тези съотношения, приложени към трите схеми на последователности от Фигура 3, водят до дефиниране на мрежа от последователности, еквивалентна на трифазната мрежа, която описва началните условия на повредата. Тази мрежа може да се представи по следния начин:

Фигура 5



Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Чрез решаване на тази проста мрежа (състояща се от последователно свързани елементи) във връзка с тока I_d се получава следното:

$$\bar{I}_d = \left| \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \right|$$

Използвайки формулите (2), приложени за тока, и формулите (4), получаваме:

$$\bar{I}_2 = (\alpha^2 - \alpha) \cdot \bar{I}_d \quad \bar{I}_3 = (\alpha - \alpha^2) \cdot \bar{I}_d$$

Понеже $|(\alpha^2 - \alpha)|$ се получава равно на $\sqrt{3}$, стойността на тока на късо съединение линия-линия в двете фази, засегнати от повредата, може да се изрази по следния начин:

$$|\bar{I}_2| = |\bar{I}_3| = |\bar{I}_{k2}| = \sqrt{3} \cdot \left| \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \right|$$

Използвайки формулите (2), приложени за напрежението и формулите (4), намерени преди това, получаваме следното:

$$\bar{V}_1 = 2 \cdot \bar{V}_i \quad \text{б) за фазата, незасегната от повредата}$$
$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 = (\alpha^2 + \alpha) \cdot \bar{V}_d = -\bar{V}_d \quad \text{7) за фазите, засегнати от повредата}$$

Чрез схемата на обратна последователност отношението б) може да се запише като:

$$\bar{V}_1 = -2 \cdot \bar{Z}_i \cdot \bar{I}_i$$

В продължение на казаното и тъй като $\bar{I}_d = -\bar{I}_i$, фазата, незасегната от повредата, ще бъде:

$$\bar{V}_1 = \frac{2 \bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \cdot \bar{E}_d$$

За фазите, засегнати от повредата, за които $\bar{V}_d = \bar{V}_i = \frac{\bar{V}_1}{2}$, се получава:

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 = -\frac{\bar{V}_1}{2} = \frac{\bar{Z}_i \cdot \bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i}$$

Вземайки за образец предния пример, можем да анализираме всички типове повреди и да изразим тока и напрежението на повредата като функция на импедансите на системите с права, обратна и нулева последователност.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

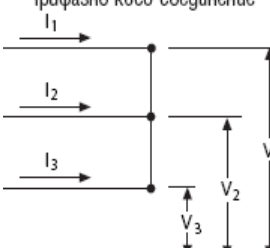
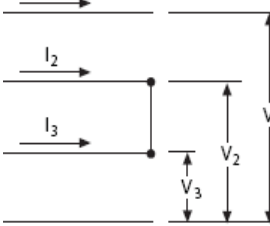
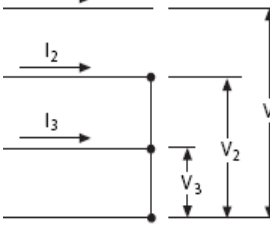
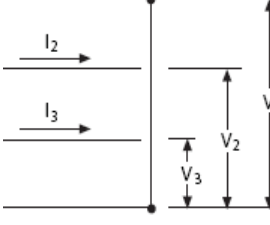
Приложение А: Изчисляване

тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

В Таблица 1 по-долу е направено обобщение:

Тип на повреда	Условия на повреда	Ток	Напрежение на фазите
<p>Трифазно късо съединение</p> 	$\bar{V}_1 = \bar{V}_2 = \bar{V}_3$ $\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0$	$ \bar{I}_k = \bar{I}_1 = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \bar{Z}_d }$	$\bar{V}_1 = \bar{V}_2 = \bar{V}_3 = 0$
<p>Късо съединение линия - линия</p> 	$\bar{V}_2 = \bar{V}_3$ $\bar{I}_2 = -\bar{I}_3$	$ \bar{I}_k = \bar{I}_2 = \frac{U_n}{ \bar{Z}_d + \bar{Z}_i }$	$ \bar{V}_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \right $ $ \bar{V}_2 = \bar{V}_3 = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot \left \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \right $
<p>Късо съединение линия - линия със заземяване</p> 	$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 = 0$ $\bar{I}_1 = 0$ $ \bar{I}_{ground} = \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_i}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_i \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right $	$ \bar{I}_2 = U_n \cdot \left \frac{(1 + \alpha) \cdot \bar{Z}_i + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_i \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right $ $ \bar{I}_3 = U_n \cdot \left \frac{(1 + \alpha) \cdot \bar{Z}_i + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_i \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right $	$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 = 0$ $ \bar{V}_1 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_i \cdot \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_i \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right $
<p>Еднофазно късо съединение</p> 	$\bar{V}_1 = 0$ $\bar{I}_2 = \bar{I}_3 = 0$	$ \bar{I}_k = \bar{I}_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n}{ \bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0 }$	$\bar{V}_1 = 0$ $ \bar{V}_2 = U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_i \cdot \alpha \cdot \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} \right $ $ \bar{V}_3 = U_n \cdot \left \frac{-\alpha \cdot \bar{Z}_i + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_0} \right $

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

6 Изчисляване на тока на късо съединение

6.5.4 Прави, обратни и нулеви последователности на импеданси на късо съединение на електрическо оборудване

Всеки компонент на електрическа мрежа (система – трансформатор – генератор – кабел) може да се представи с права, обратна и нулева последователност на импеданса.

Система

Под „система“ се разбира електроразпределителната мрежа (обикновено СрН), от която се захранва инсталацията. Тя се характеризира с елементи с права и обратна последователност, като импедансът с нулева последователност не се взема под внимание, тъй като свързаните в триъгълник намотки на първичната схема на трансформатора ограничават тока с нулева последователност. Що се отнася до съществуващите импеданси, може да се запише:

$$Z_d = Z_i = Z_{NET} \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot I_{k3}}$$

Трансформатор

Той се характеризира с елементи с права и обратна последователност; освен това като функция на свързването на намотките и на разпределителната система откъм страната НН може да има също и компонент с нулева последователност.

Следователно, може да се каже, че:

$$Z_d = Z_i = Z_T = \frac{uk\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r}$$

където компонента с нулева последователност може да се изрази като:

$Z_0 = Z_T$, когато е възможен поток на токове с нулева последователност в двете намотки

$Z_0 = \infty$, когато не е възможен поток на токове с нулева последователност в двете намотки

Кабел

Той се характеризира с елементи с права, обратна и нулева последователност, които варират като функция на обратния път на тока на късо съединение.

Що се отнася до компонентите с права и обратна последователност може да се каже, че:

$$Z_d = Z_i = Z_c = R_c + j X_c$$

За да се оцени импеданса с нулева последователност е необходимо да се познава пътя на затваряне на тока:

$$Z_o = Z_c + j3 \cdot Z_{nc} = (R_c + 3 \cdot R_{nc}) + j(X_c + 3 \cdot X_{nc})$$

Обратен път през неутралния проводник (повреда фаза-неутрала)

$$Z_o = Z_c + j3 \cdot Z_{pec} = (R_c + 3 \cdot R_{pec}) + j(X_c + 3 \cdot X_{pec})$$

Обратен път през защитния проводник (повреда фаза-РЕ в TN-S система)

$$Z_o = Z_{ec} + j3 \cdot Z_{ec} = (R_c + 3 \cdot R_{ec}) + j(X_c + 3 \cdot X_{ec})$$

Обратен път през заземителния проводник (повреда фаза-заземление в ТТ система)

където:

- Z_c , R_c и X_c се отнасят за линейния проводник;
- Z_{nc} , R_{nc} и X_{nc} се отнасят за неутралния проводник;
- Z_{pec} , R_{pec} и X_{pec} се отнасят за защитния проводник РЕ;
- Z_{ec} , R_{ec} и X_{ec} се отнасят за заземителния проводник.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Синхронни генератори

Казано най-общо, реактивните съпротивления с права, обратна и нулева последователност на синхронните генератори (както и на електродвигателите) имат различни стойности. За правата последователност се използва само свръхпреходното реактивно съпротивление X''_d , тъй като в този случай изчисляването на тока на повредата има най-високата стойност.

Реактивното съпротивление с обратна последователност е много променливо, варира между стойностите на X''_d и X''_q . В началните моменти на късо съединение X''_d и X''_q не се различават много и затова можем да приемем, че $X_i = X''_d$. Обратно, ако X''_d и X''_q се различават съществено е възможно да има стойност равна на средната стойност на двете реактивни съпротивления, т.е. получава се:

$$X_i = \frac{X''_d + X''_q}{2}$$

Реактивното съпротивление с нулева последователност също е много променливо и стойността му е по-малка от стойностите на другите две споменати по-горе. За него може да се приеме стойност равна от 0,1 до 0,7 пъти реактивното съпротивление с обратна или права последователност и може да се изчисли по следния начин:

$$X_o = \frac{x_o\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r}$$

където $x_o\%$ е параметър, характерен за машината. Освен това, компонентът с нулева последователност се влияе също така и от типа на заземяване на генератора, което се отразява чрез въвеждане на параметрите R_G и X_G . Това са съответно съпротивлението на заземлението и реактивното съпротивление на генератора. Ако звездната точка на генератора е недостъпна или по някакъв начин незаземена, импеданса на заземлението е ∞ .

Като обобщение, трябва да се вземат предвид следните изрази за импедансите:

$$\begin{aligned} Z_d &= (R_a + j \cdot X''_d) \\ Z_i &= (R_a + j \cdot X''_d) \\ Z_o &= R_a + 3 R_G + j \cdot (X_o + 3 \cdot X_G) \end{aligned}$$

където R_a е съпротивлението на статора, дефинирано като ,

$$R_a = \frac{X''_d}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_a}$$

като T_a е времевата константа на статора

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Товари

Ако товарът е пасивен, импедансът трябва да се приеме за безкрайност.

Ако товарът не е пасивен, какъвто може да бъде при асхронните двигатели, възможно е да се приеме, че машината е представена с импеданса Z_M за правата и обратната последователност. Като за нулевата последователност стойността Z_{0M} трябва да е дадена от производителя. Освен това, ако двигателите не са заземени, импедансът на нулевата последователност трябва да бъде ∞ .

Следователно:

$$Z_d = Z_i = Z_M = (R_M + j \cdot X_M)$$

при Z_M е равен на:

$$Z_M = \frac{U_r^2}{I_{LR}} \cdot \frac{1}{S_r}$$

където:

I_{LR} е стойността на тока, когато роторът е блокиран от двигателя;

I_r е номиналният ток на двигателя.;

$S_r = \frac{P_r}{(\eta \cos \varphi)}$ е номиналната привидна мощност на двигателя;

Отношението $\frac{R_M}{X_M}$ е добре известно; за двигатели НН това отношение може да се приеме за равно на 0,42

$$X_M = \frac{Z_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_M}{X_M}\right)^2}}$$

При

, от където може да се определи $X_M = 0,922 \cdot Z_M$.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

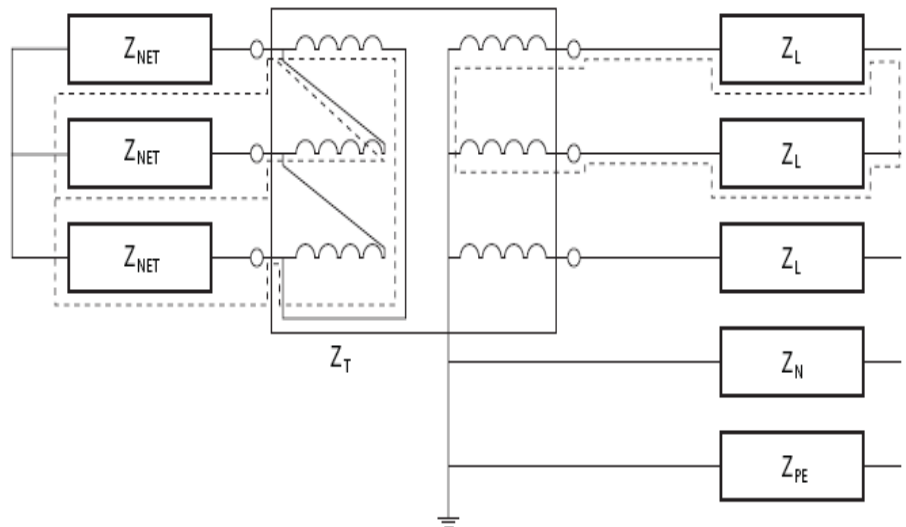
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

6.5.5 Формули за изчисляване на токовете на повреда като функция на електрическите параметри на инсталацията

Чрез Таблица 1 и формулите дадени за импедансите на последователностите изразени като функция на електрическите параметри на компонентите на инсталацията може да се изчислят различните токове на късо съединение.

В следващия пример се разглежда мрежа с трансформатор СрН/НН с първична намотка тип триъгълник и вторична намотка със заземен звезден център и се приема повреда линия-линия в посока обратна на захранването (в посока товара) спрямо кабелната разпределителна линия.

Фигура 6



Прилагаме алгебрата на последователностите:

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3} \cdot E_d}{(Z_d + Z_i)}$$

Импедансите, съответстващи на правата и обратната последователност, които разглеждаме са:

$$Z_d = Z_i = Z_{NET} + Z_T + Z_L$$

Приемайки, че $E_d = \frac{U_r}{\sqrt{3}}$, получаваме следното:

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3} \cdot E_d}{(Z_d + Z_i)} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$$

където:

U_r е номиналното напрежение на страна НН;

Z_T е импедансът на трансформатора;

Z_L е импедансът на фазовия проводник;

Z_{NET} е импедансът на мрежата от страна на захранването.

Вземайки за образец горния пример, можем да получим Таблица 2 по-долу, която дава изрази за токовете на късо съединение според различните типологии на повредата.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

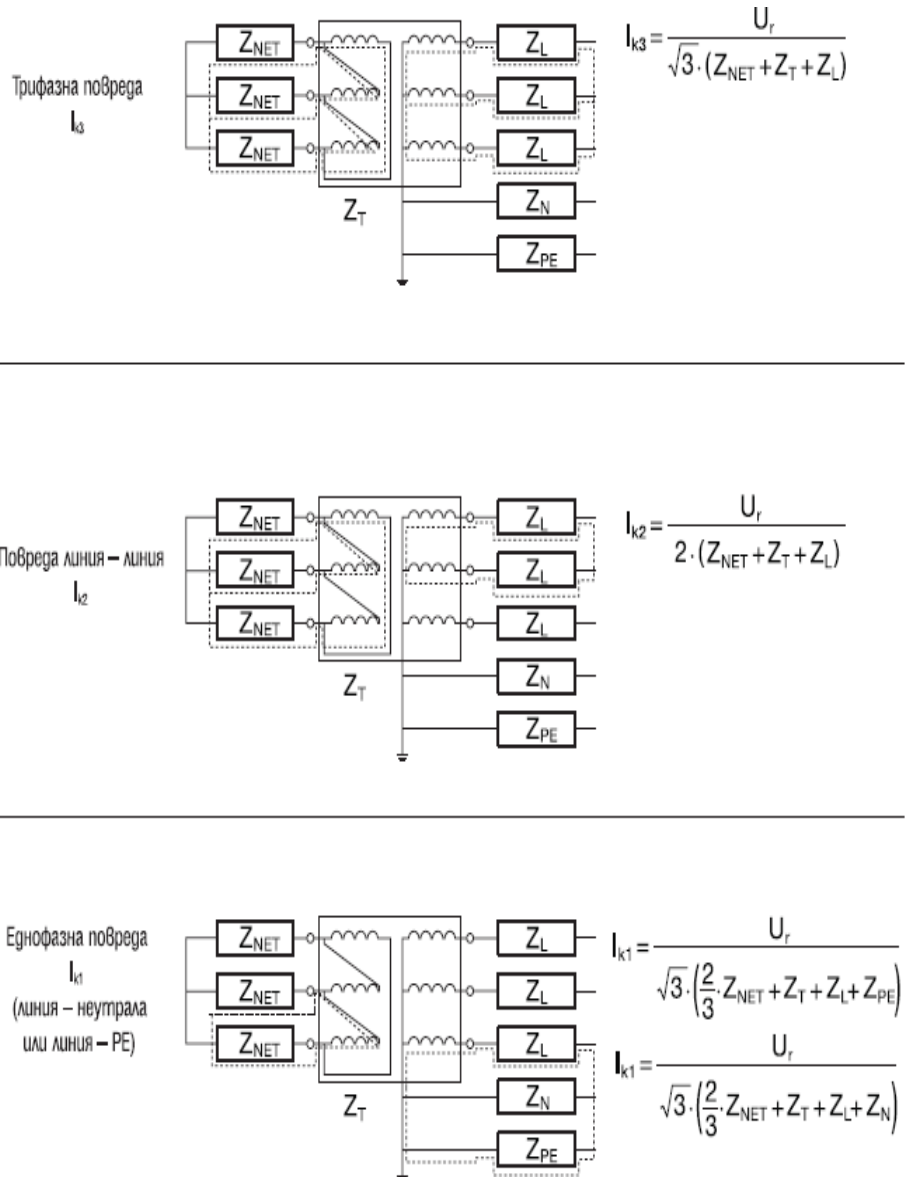
6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 2



Където:

U_r е номиналното напрежение на страна НН

Z_T е импедансът на трансформатора

Z_L е импедансът на фазовия проводник

Z_{NET} е импедансът на мрежата преди захранването

Z_{PE} е импедансът на защитния проводник (PE)

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

В Таблица 3 по-долу са обобщени зависимостите за тока на повреда, отчитайки дефинираната или безкрайната стойност на мощността на мрежата от страна на захранването и разстоянието от точката на повредата до трансформатора.

Таблица 3

	Дефинирана стойност на мощност на мрежата преди захранването		Безкрайна мощност на мрежата преди захранването $Z_{NET} \rightarrow 0$	
	Далеч от трансформатора	Близко до трансформатора $Z_L \rightarrow 0, Z_{PE} (o Z_N) \rightarrow 0$	Далеч от трансформатора	Близко до трансформатора $Z_L \rightarrow 0, Z_{PE} (o Z_N) \rightarrow 0$
I_{k3}	$I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$	$I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{NET} + Z_T)}$	$I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_L)}$	$I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T)}$
I_{k2}	$I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$	$I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T)}$	$I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_T + Z_L)}$	$I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_T)}$
	$I_{k2} < I_{k3}$	$I_{k2} = 0,87 \cdot I_{k3}$	$I_{k2} = 0,87 \cdot I_{k3}$	$I_{k2} = 0,87 \cdot I_{k3}$
I_{k1}	$I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot Z_{NET} + Z_T + Z_L + Z_{PE}\right)}$	$I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot Z_{NET} + Z_T\right)}$	$I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_L + Z_{PE})}$	$I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T)}$
	$I_{k1} > I_{k3}$ if $Z_{NET} > 3 \cdot Z_{PE}$	$I_{k1} > I_{k3}$	$I_{k1} \leq I_{k3}$	$I_{k1} = I_{k3}$

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.6 Изчисляване на върховата стойност на тока на късо съединение

Електродинамичните въздействия на тока на късо съединение са особено опасни за шинопроводящите канали, но те могат да повредят и кабелите.

Пиковият ток е важен също така за пресмятане стойността на I_{cm} на прекъсвача.

Стойността на I_{cm} е свързана също така със стойността на I_{cu} съгласно Таблица 16 на стандарта IEC 60947-1. Съотносено към тока на късо съединение на инсталацията, трябва да бъде изпълнено $I_{cm} > I_{cr}$.

Пиковият ток на инсталацията може да се изчисли по следната формула (виж стандарт 60909-0):

$$I_{kp} = I_k'' \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1.02 + 0.98 \cdot e^{-\frac{3 \cdot R}{X}}\right)$$

където:

- I_k'' е токът на късо съединение (средноквадратична стойност) в началния момент на късото съединение;

- R е съпротивителната компонента на импеданса на късо съединение на мястото на повредата;

- X е реактивната компонента на тока на късо съединение на мястото на повредата.

Когато е известен факторът на мощността $\cos k$ е възможно да се напише:

$$I_{kp} = I_k'' \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1.02 + 0.98 \cdot e^{-\frac{3}{\tan \phi_k}}\right)$$

Съдържание Част 1 6 Изчисляване тока на късо съединение

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

6.7 Участие на непрекъсваемите токозахранващи устройства (UPS) в тока на късо съединение

В този раздел е отделено особено внимание на непрекъсваемите токозахранващи устройства (UPS) с двойно преобразуване или он-лайн непрекъсваеми токозахранващи устройства (UPS), спадащи към категорията VFI (Voltage and Frequency Independent). При тях изходното напрежение е независимо от промените в мрежовото напрежение, а промените в честотата се регулират в рамките на стандартните граници предписани от стандарта; тази система се характеризира със следните работни характеристики:

- При нормални работни условия, при наличие на мрежово напрежение товарът се захранва от самата мрежа през непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS);

- При аварийни условия (липса на мрежа) захранването към товара се осигурява от батерията и инвертора („захранване остров“ с отделено от мрежата непрекъсваемо токозахранващо устройство (UPS));

- При кратковременен свръхток, необходим на товара (например пуск на двигател), електрозахранването на товара е гарантирано от мрежата чрез статичен превключвател, който отделя непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS);

- При работи по поддръжка, например, при повреда на непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS), товарът се захранва от мрежата чрез ръчен байпасен превключвател, като временно отпада разполагаемостта на аварийното захранване.

По отношение на оразмеряването на защитите от страна на захранването спрямо непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS) е необходимо да се познават характеристиките на мрежовото напрежение и на тока на късо съединение. За оразмеряване на защитите от страната на товара е необходимо да се познават стойностите на тока, преминаващ през непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS).

Ако електрозахранването на товарите се извършва директно от мрежата чрез ръчен байпас, то прекъсвачът от страната на товара трябва да има изключвателна способност (I_{cu}) подходяща за тока на късо съединение на мрежата от страна на захранването.

Освен това, ако е необходимо, трябва да се направи оценка на координирането на защитата по отношение на работните условия.

Във всички случаи, за да се изберат подходящите защиты е важно да се разграничават следните два вида работни условия за непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS):

1) Непрекъсваемо токозахранващо устройство (UPS) при нормални работни условия

А) Състояние на претоварване:

-ако се дължи на повреда на батерията, това състояние засяга само прекъсвача от захранващата страна на непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS) (също е вероятна намесата на защитите на батерията);

-ако се дължи на товара, това състояние може да не повлияе на непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS), което е в режим на байпас посредством статичния преобразувател.

В) Състояние на късо съединение:

Токът на късо съединение е ограничен чрез оразмеряването на тиристорите на мостовия инвертор. На практика непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS) може да захранва максимален ток на късо съединение, равен на 150 до 200% от номиналната стойност. В случай на късо съединение инверторът подава максимален ток за ограничено време (няколкоотин милисекунди) и след това превключва към мрежата, така че захранването към товара се осъществява през веригата на байпаса.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

В този случай селективността между прекъсвача от страна на захранването и този от страната на вара е много важна, за да бъде изключен само товарът засегнат от повредата.

Веригата на байпаса, която се нарича още статичен превключвател, е формирана от тиристорни, защитени от свръхбързи стопяеми предпазители и може да захранва товара с по-висок ток отколкото инвертора; този ток се ограничава от параметрите на използваните тиристори, от инсталираната мощност и от осигурените защиты.

Тиристорите във веригата на байпаса обикновено се оразмеряват така, че да издържат на следните условия на претоварване:

125% за 600 секунди

150% за 60 секунди

700% за 600 милисекунди

1000% за 100 милисекунди

По-подробни данни могат да се получат от техническата информация, предоставена от производителя.

2) Непрекъсваемо токозахранващо устройство (UPS) при аварийни работни условия

А) Условия на претоварване:

Това условие засяга само прекъсвача от страната на товара, поддържа се от батерията и има следните възможности на претоварване, изчислени обикновено в дадения порядък:

$1,15 \times I_n$ за безкрайно време

$1,25 \times I_n$ за 600 секунди

$1,5 \times I_n$ за 60 секунди

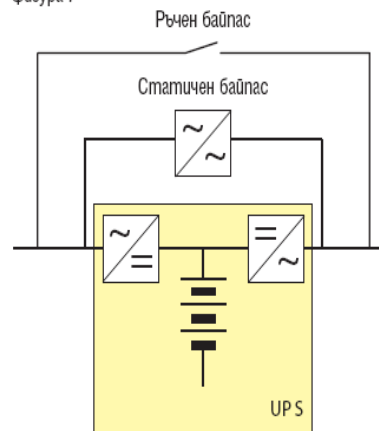
$2 \times I_n$ за 1 секунда

По-подробни данни могат да се получат от техническата информация, предоставена от производителя.

В) Условия на късо съединение:

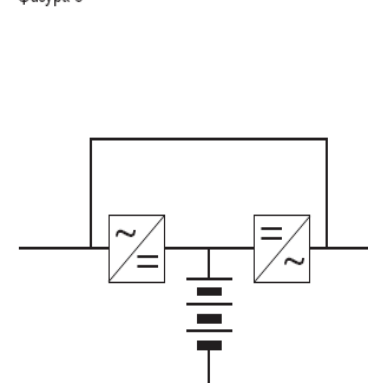
Максималният ток към товара се ограничава само от веригата на инвертора (до стойности от 150 до 200% от номиналната стойност). Инверторът захранва късото съединение за определен период от време, обикновено до няколко милисекунди, след което непрекъсваемото токозахранващо устройство (UPS) прекъсва веригата на товара, оставяйки го без захранване. В този режим на работа е необходима селективност между прекъсвача от страната на товара и инвертора, което е доста трудно постижимо изискване поради много малките времена на изключване на инверторното защитно устройство.

Фигура 7



Он-лайн непрекъсваемо токозахранващо устройство (UPS) със статичен превключвател

Фигура 8



Оф-лайн непрекъсваемо токозахранващо устройство (UPS): товарите се захранват директно от мрежата

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Общ товар

Формулата за изчисляване на тока на товара за общ товар е:

$$I_b = \frac{P}{k \cdot U_r \cdot \cos \varphi}$$

където:

- P е активната мощност [W];
- k е коефициент със стойност:
 - 1 за еднофазни системи или постоянно токови системи;
 - 3 за трифазни системи;
- U_r е номиналното напрежение [V] (за трифазни системи това е линейното напрежение, за еднофазни системи това е фазовото напрежение);
- $\cos \varphi$ е фактора на мощността.

От Таблица 1 може да се определи тока на товара за някои стойности на мощността му в зависимост от номиналното напрежение. Таблицата е изчислена на базата на $\cos \varphi = 0,9$; за други стойности на фактора на мощността стойността от Таблица 1 трябва да бъде умножена с коефициента даден в Таблица 2, съответстващ на действителната стойност на фактора на мощността ($\cos \varphi_{act}$).

Таблица 1: Ток на товара за трифазни системи с $\cos \varphi = 0,9$

P [kW]	U_r [V]						
	230	400	415	440	500	600	690
0.03	0.08	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
0.04	0.11	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04
0.06	0.17	0.10	0.09	0.09	0.08	0.06	0.06
0.1	0.28	0.16	0.15	0.15	0.13	0.11	0.09
0.2	0.56	0.32	0.31	0.29	0.26	0.21	0.19
0.5	1.39	0.80	0.77	0.73	0.64	0.53	0.46
1	2.79	1.60	1.55	1.46	1.28	1.07	0.93
2	5.58	3.21	3.09	2.92	2.57	2.14	1.86
5	13.95	8.02	7.73	7.29	6.42	5.35	4.65
10	27.89	16.04	15.46	14.58	12.83	10.69	9.30
20	55.78	32.08	30.92	29.16	25.66	21.38	18.59
30	83.67	48.11	46.37	43.74	38.49	32.08	27.89
40	111.57	64.15	61.83	58.32	51.32	42.77	37.19
50	139.46	80.19	77.29	72.90	64.15	53.46	46.49
60	167.35	96.23	92.75	87.48	76.98	64.15	55.78
70	195.24	112.26	108.20	102.06	89.81	74.84	65.08
80	223.13	128.30	123.66	116.64	102.64	85.53	74.38
90	251.02	144.34	139.12	131.22	115.47	96.23	83.67
100	278.91	160.38	154.58	145.80	128.30	106.92	92.97
110	306.80	176.41	170.04	160.38	141.13	117.61	102.27
120	334.70	192.45	185.49	174.95	153.96	128.30	111.57
130	362.59	208.49	200.95	189.53	166.79	138.99	120.86
140	390.48	224.53	216.41	204.11	179.62	149.68	130.16
150	418.37	240.56	231.87	218.69	192.45	160.38	139.46
200	557.83	320.75	309.16	291.59	256.60	213.83	185.94

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

P [kW]	U _r [V]						
	230	400	415	440	500	600	690
250	697.28	400.94	386.45	364.49	320.75	267.29	232.43
300	836.74	481.13	463.74	437.39	384.90	320.75	278.91
350	976.20	561.31	541.02	510.28	449.05	374.21	325.40
400	1115.65	641.50	618.31	583.18	513.20	427.67	371.88
450	1255.11	721.69	695.60	656.08	577.35	481.13	418.37
500	1394.57	801.88	772.89	728.98	641.50	534.58	464.86
550	1534.02	882.06	850.18	801.88	705.65	588.04	511.34
600	1673.48	962.25	927.47	874.77	769.80	641.50	557.83
650	1812.94	1042.44	1004.76	947.67	833.95	694.96	604.31
700	1952.39	1122.63	1082.05	1020.57	898.10	748.42	650.80
750	2091.85	1202.81	1159.34	1093.47	962.25	801.88	697.28
800	2231.31	1283.00	1236.63	1166.36	1026.40	855.33	743.77
850	2370.76	1363.19	1313.92	1239.26	1090.55	908.79	790.25
900	2510.22	1443.38	1391.21	1312.16	1154.70	962.25	836.74
950	2649.68	1523.56	1468.49	1385.06	1218.85	1015.71	883.23
1000	2789.13	1603.75	1545.78	1457.96	1283.00	1069.17	929.71

Таблица 2: Корекционен коефициент за ток на товара с фактор на мощността $\cos\varphi$, различен от 0.9

COS _{факт}	1	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7
k _{факт}	0.9	0.947	1	1.059	1.2	1.2	1.286

*За стойности $\cos\varphi_{\text{факт}}$ които не се съдържа в таблицата, $k_{\cos\varphi} = \frac{1}{\cos\varphi_{\text{факт}}}$

Таблица 3 дава възможността да се определи тока на товара за някои стойности на мощността в зависимост от номиналното напрежение. Таблицата е изчислена на базата на $\cos\varphi = 1$; за други стойности на фактора на мощността стойността от тук трябва да бъде умножена с коефициента даден в Таблица 4 съответстващ на действителната стойност на фактора на мощността ($\cos\varphi_{\text{факт}}$)

Таблица 3: Тока на товара за еднофазни системи с $\cos\varphi = 1$ или постоянно токови системи

P [kW]	U _r [V]						
	230	400	415	440	500	600	690
0.03	0.13	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04
0.04	0.17	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
0.06	0.26	0.15	0.14	0.14	0.12	0.10	0.09
0.1	0.43	0.25	0.24	0.23	0.20	0.17	0.14
0.2	0.87	0.50	0.48	0.45	0.40	0.33	0.29
0.5	2.17	1.25	1.20	1.14	1.00	0.83	0.72
1	4.35	2.50	2.41	2.27	2.00	1.67	1.45
2	8.70	5.00	4.82	4.55	4.00	3.33	2.90
5	21.74	12.50	12.05	11.36	10.00	8.33	7.25
10	43.48	25.00	24.10	22.73	20.00	16.67	14.49
20	86.96	50.00	48.19	45.45	40.00	33.33	28.99

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

P [kW]	U_r [V]						
	230	400	415	440	500	600	690
	I_b [A]						
30	130.43	75.00	72.29	68.18	60.00	50.00	43.48
40	173.91	100.00	96.39	90.91	80.00	66.67	57.97
50	217.39	125.00	120.48	113.64	100.00	83.33	72.46
60	260.87	150.00	144.58	136.36	120.00	100.00	86.96
70	304.35	175.00	168.67	159.09	140.00	116.67	101.45
80	347.83	200.00	192.77	181.82	160.00	133.33	115.94
90	391.30	225.00	216.87	204.55	180.00	150.00	130.43
100	434.78	250.00	240.96	227.27	200.00	166.67	144.93
110	478.26	275.00	265.06	250.00	220.00	183.33	159.42
120	521.74	300.00	289.16	272.73	240.00	200.00	173.91
130	565.22	325.00	313.25	295.45	260.00	216.67	188.41
140	608.70	350.00	337.35	318.18	280.00	233.33	202.90
150	652.17	375.00	361.45	340.91	300.00	250.00	217.39
200	869.57	500.00	481.93	454.55	400.00	333.33	289.86
250	1086.96	625.00	602.41	568.18	500.00	416.67	362.32
300	1304.35	750.00	722.89	681.82	600.00	500.00	434.78
350	1521.74	875.00	843.37	795.45	700.00	583.33	507.25
400	1739.13	1000.00	963.86	909.09	800.00	666.67	579.71
450	1956.52	1125.00	1084.34	1022.73	900.00	750.00	652.17
500	2173.91	1250.00	1204.82	1136.36	1000.00	833.33	724.64
550	2391.30	1375.00	1325.30	1250.00	1100.00	916.67	797.10
600	2608.70	1500.00	1445.78	1363.64	1200.00	1000.00	869.57
650	2826.09	1625.00	1566.27	1477.27	1300.00	1083.33	942.03
700	3043.48	1750.00	1686.75	1590.91	1400.00	1166.67	1014.49
750	3260.87	1875.00	1807.23	1704.55	1500.00	1250.00	1086.96
800	3478.26	2000.00	1927.71	1818.18	1600.00	1333.33	1159.42
850	3695.65	2125.00	2048.19	1931.82	1700.00	1416.67	1231.88
900	3913.04	2250.00	2168.67	2045.45	1800.00	1500.00	1304.35
950	4130.43	2375.00	2289.16	2159.09	1900.00	1583.33	1376.81
1000	4347.83	2500.00	2409.64	2272.73	2000.00	1666.67	1449.28

Таблица 4: Корекционен коефициент за тока на товара с фактор на мощността $\cos\phi$, различен от 1

$\cos\phi_{act}$	1	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7
$k_{\cos\phi}$	1	1.053	1.111	1.176	1.25	1.333	1.429

*За стойности $\cos\phi_{act}$ които не се съдържа в таблицата, $k_{\cos\phi} = \frac{1}{\cos\phi_{act}}$

Осветителни системи

Токът, потребяван от осветителните системи, може да се определи от каталога за осветителните устройства или да се изчисли приблизително по следната формула: $I_b = \frac{P_L n_L k_B k_N}{U_{rL} \cos\phi}$

където:

- P_L е мощността на лампата [W];
- n_L е броят на лампите за фаза;
- k_B е коефициент със стойност:
 - 1 за лампи, за които не са нужни спомагателни стартери;
 - 1,25 за лампи, за които са нужни спомагателни стартери;
- k_N е коефициент със стойност:
 - 1 за лампи свързвани тип звезда;
 - 3 за лампи свързвани тип триъгълник;
- U_{rL} е номиналното напрежение на лампите;
- $\cos\phi$ е факторът на мощността на лампите със стойност:
 - 0,4 за лампи без компенсация;
 - 0,9 за лампи с компенсация.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара Ib

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

Приложение А: Изчисляване тока на товара Ib

Двигатели

В Таблица 5 се съдържат приблизителните стойности на тока на товара за някои трифазни двигатели с накъсо съединен ротор, 1500 об./мин. при 50 Hz в зависимост от номиналното напрежение.

Забележка: Тези стойности са дадени само за информация и могат да варират в зависимост от производителя на двигателя и броя на полюсите

Таблица 5: Ток на товара за двигатели

Мощност на двигателя		Номинален ток на двигателя при:								
[kW]	PS = hp	220-230 V [A]	240 V [A]	380-400 V [A]	415 V [A]	440 V [A]	500 V [A]	600 V [A]	660-690 V [A]	
0.06	1/12	0.38	0.35	0.22	0.20	0.19	0.16	0.12	-	
0.09	1/8	0.55	0.50	0.33	0.30	0.28	0.24	0.21	-	
0.12	1/6	0.76	0.68	0.42	0.40	0.37	0.33	0.27	-	
0.18	1/4	1.1	1	0.64	0.60	0.55	0.46	0.40	-	
0.25	1/3	1.4	1.38	0.88	0.85	0.76	0.59	0.56	-	
0.37	1/2	2.1	1.93	1.22	1.15	1.06	0.85	0.77	0.7	
0.55	3/4	2.7	2.3	1.5	1.40	1.25	1.20	1.02	0.9	
0.75	1	3.3	3.1	2	2	1.67	1.48	1.22	1.1	
1.1	1.5	4.9	4.1	2.6	2.5	2.26	2.1	1.66	1.5	
1.5	2	6.2	5.6	3.5	3.5	3.03	2.6	2.22	2	
2.2	3	8.7	7.9	5	5	4.31	3.8	3.16	2.9	
2.5	3.4	9.8	8.9	5.7	5.5	4.9	4.3	3.59	3.3	
3	4	11.6	10.6	6.6	6.5	5.8	5.1	4.25	3.5	
3.7	5	14.2	13	8.2	7.5	7.1	6.2	5.2	4.4	
4	5.5	15.3	14	8.5	8.4	7.6	6.5	5.6	4.9	
5	6.8	18.9	17.2	10.5	10	9.4	8.1	6.9	6	
5.5	7.5	20.6	18.9	11.5	11	10.3	8.9	7.5	6.7	
6.5	8.8	23.7	21.8	13.8	12.5	12	10.4	8.7	8.1	
7.5	10	27.4	24.8	15.5	14	13.5	11.9	9.9	9	
8	11	28.8	26.4	16.7	15.4	14.4	12.7	10.6	9.7	
9	12.5	32	29.3	18.3	17	15.8	13.9	11.6	10.6	
11	15	39.2	35.3	22	21	19.3	16.7	14.1	13	
12.5	17	43.8	40.2	25	23	21.9	19	16.1	15	
15	20	52.6	48.2	30	28	26.3	22.5	19.3	17.5	
18.5	25	64.9	58.7	37	35	32	28.5	23.5	21	
20	27	69.3	63.4	40	37	34.6	30.6	25.4	23	
22	30	75.2	68	44	40	37.1	33	27.2	25	
25	34	84.4	77.2	50	47	42.1	38	30.9	28	
30	40	101	92.7	60	55	50.1	44	37.1	33	
37	50	124	114	72	66	61.9	54	45.4	42	
40	54	134	123	79	72	67	60	49.1	44	
45	60	150	136	85	80	73.9	64.5	54.2	49	
51	70	168	154	97	90	83.8	73.7	61.4	56	
55	75	181	166	105	96	90.3	79	66.2	60	
59	80	194	178	112	105	96.9	85.3	71.1	66	
75	100	245	226	140	135	123	106	90.3	82	
80	110	260	241	147	138	131	112	96.3	86	
90	125	292	268	170	165	146	128	107	98	
100	136	325	297	188	182	162	143	119	107	
110	150	358	327	205	200	178	156	131	118	
129	175	420	384	242	230	209	184	153	135	
132	180	425	393	245	242	214	186	157	140	
140	190	449	416	260	250	227	200	167	145	
147	200	472	432	273	260	236	207	173	152	
160	220	502	471	295	280	256	220	188	170	
180	245	578	530	333	320	289	254	212	190	
184	250	590	541	340	325	295	259	217	200	
200	270	626	589	370	340	321	278	235	215	
220	300	700	647	408	385	353	310	260	235	
250	340	803	736	460	425	401	353	295	268	
257	350	826	756	475	450	412	363	302	280	
295	400	948	868	546	500	473	416	348	320	
315	430	990	927	580	535	505	445	370	337	
355	480	1080	1010	636	580	549	483	405	366	
400	545	1250	1130	710	650	611	538	450	410	
450	610	1410	1270	800	740	688	608	508	460	
475	645	1490	1340	850	780	730	645	540	485	
500	680	1570	1420	890	830	770	680	565	510	
560	760	1750	1580	1000	920	860	760	630	570	
600	810	-	-	1080	990	920	810	680	610	
670	910	-	-	1200	1100	1030	910	760	680	

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Приложение В: Хармоници

Какво представляват те?

Всяка периодична форма на вълната може да бъде представена с помощта на хармоници; действително, съгласно теоремата на Фурие, всяка периодична функция с период T може да се представи като сума от:

- синусоида със същият период T ;

- няколко синусоиди със същата честота като цяло кратно на основната;

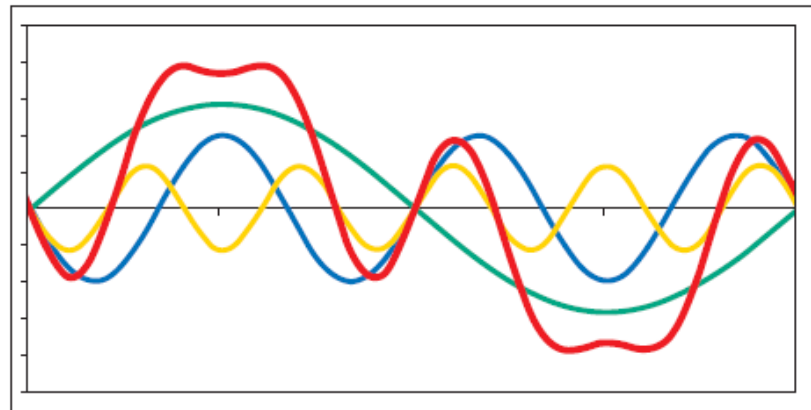
- възможна непрекъсната компонента, ако функцията има средна стойност различна от нула в периода.

Хармоникът с честота, съответстваща на периода на форма на вълната се нарича основен, а хармоник с честота равна на n пъти основната се нарича хармонична компонента от n -ти ред.

Перфектната синусоидална форма на вълната, съответстваща на теоремата на Фурие, няма хармонични компоненти от ред различен от основния. Затова е разбираемо защо няма хармоници в електрическите системи, в които формата на вълната на тока и напрежението е синусоидална. Обратно, наличието на хармоници в електрическите системи е показател за смущения във формата на вълната на напрежението или тока и това подсказва, че тези смущения в електрическото захранване може да са причинени от неизправно функциониране на оборудването и защитните устройства.

Да обобщим: хармониците не са нищо друго, освен компоненти на вълната при смущения. Тяхното познаване ни дава възможност да се анализира, която и да е периодична несинусоидална форма на вълната чрез различни компоненти на синусоидалната вълна.

Фигура 1 представлява графичен израз на тази концепция



Легенда:

- Несинусоидална форма на вълната
- Първи хармоник (основен)
- Трети хармоник
- Пети хармоник

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрически ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

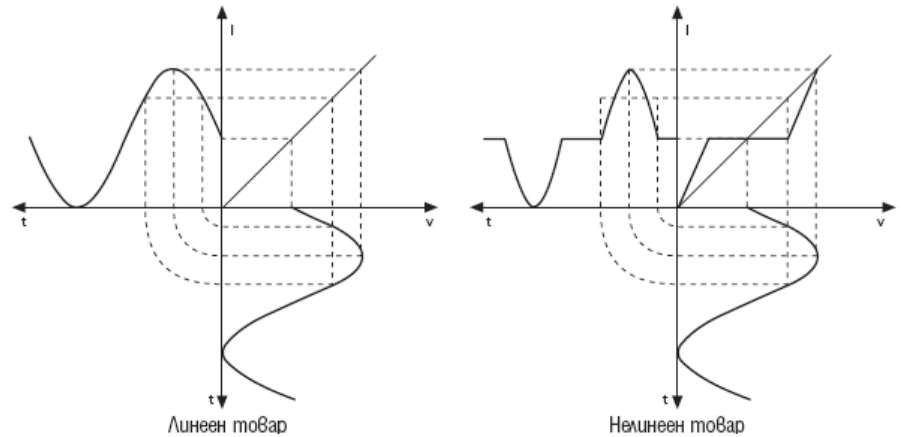
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Приложение В: Хармоници Как се генерират хармониците?

Хармониците се генерират от нелинейни товари. Когато приложим синусоидално напрежение към товар от този тип, ще получим ток с несинусоидална форма на вълната. Графиката на Фигура 2 илюстрира пример на несинусоидална форма на вълната на ток, дължаща се на нелинеен товар:

Фигура 2



Както беше казано, тази несинусоидална форма на вълната може да бъде разложена в хармоници. Ако импедансите на мрежата са много ниски, изкривяването на формата на напрежението произтичащо от хармонични токове е също ниско и рядко е над нивото на замърсяване, което съществува в мрежата. Като резултат мрежата може да остане практически синусоидална и при наличието на такива токови хармоници.

За да функционират правилно много електронни устройства се нуждаят от определена форма на вълната и затова трябва да „отрежат“ синусоидалната форма, така че да променят нейната средноквадратична стойност или да се получи постоянен ток от променливата стойност; в тези случаи токът в линията има несинусоидална графика.

Основните видове оборудване, генериращо хармоници, са:

- персонални компютри;
- флуоресцентни лампи;
- статични преобразователи;
- устройства за непрекъсваемо захранване;
- задвижвания с променлива скорост;
- заваръчни апарати.

Най-общо, изкривяването на формата на вълната се дължи на наличието на мостови токоизправители вътре в това оборудване, чиито полупроводникови устройства провеждат тока само за част от целия период и така генерират прекъснати графики и произтичащото от това възникване на многобройни хармоници.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

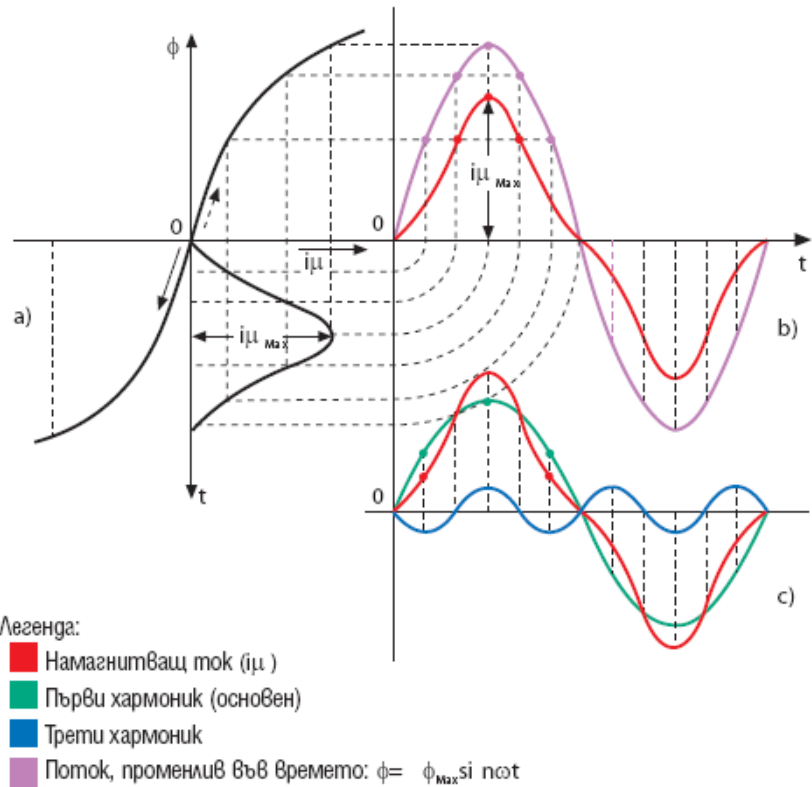
Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Приложение В: Хармоници

Трансформаторите също могат да са причина за замърсяване с хармоници; действително, прилагайки идеално синусоидално напрежение към трансформатор получаваме синусоидален намагнитващ поток, но поради процеса на магнитно насищане на желязото намагнитващият ток няма да бъде синусоидален. На Фигура 3 е показано графичното представяне на този процес:

Фигура 3



Резултатната форма на вълната на намагнитващия ток съдържа многобройни хармоници, най-големият от които е третият. Обаче, трябва да се има предвид, че намагнитващият ток най-често е малък процент от номиналния ток на трансформатора и въздействието на това изкривяване става все по-пренебрежимо, колкото по-натоварен е трансформаторът.

Въздействие

Основните проблеми причинявани от хармоничните токове са:

- 1) Претоварване на неутралата;
- 2) Увеличаване на загубите на трансформатора;
- 3) Увеличаване на ефекта на външния слой (скин ефекта).

Основните въздействия на хармоничните напрежения са:

- 4) Деформиране на напрежението
- 5) Смущения във въртящия момент на индукционни двигатели

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

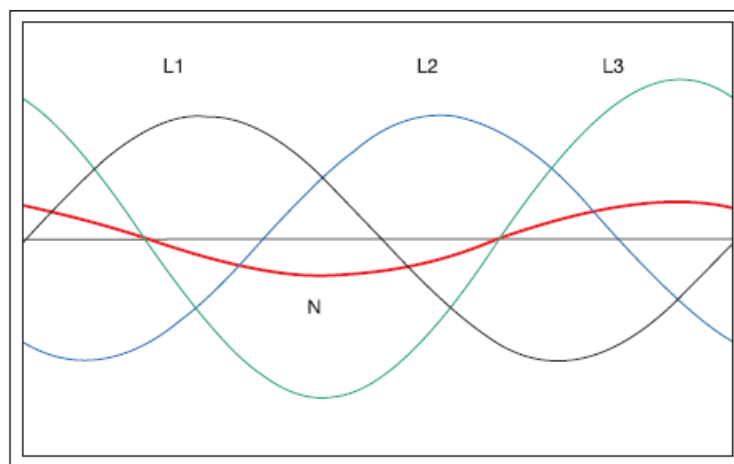
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Приложение В: Хармоници

1) Претоварване на неутралата

В трифазни симетрични и балансирани системи с неутрала, формите на вълната между фазите се изместват със 120° фазов ъгъл, така че когато фазите са еднакво натоварени токът в неутралата е нулев. Наличието на небалансирани товари (фаза-към-фаза, фаза-към-неутрала и др.) води до протичане на небалансиран ток в неутралата.

Фигура 4



На Фигура 4 е показана небалансирана система от токове (фаза 3 е с товар 30% по-висок отколкото другите две фази), като резултатният ток в неутралата е обозначен в червено. При тези обстоятелства стандартът позволява неутралният проводник да се оразмерява със сечение по-малко от фазовите проводници. При наличие на товари, причиняващи изкривяване, е необходимо да се оцени точно въздействието на хармониците.

Въпреки, че токовете с основна честота в трите фази се компенсират взаимно, компонентите на третия хармоник, имащи период равен на една трета от основния (равен на фазовото отместване между фазите, виж Фигура 5), са във фаза един спрямо друг и следователно се сумират в неутралния проводник, натрупвайки се към останалите небалансирани токове.

Същото важи и за хармониците от ред, кратен на три (четни и нечетни, макар че нечетните са по-разпространени).

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 ТТ разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

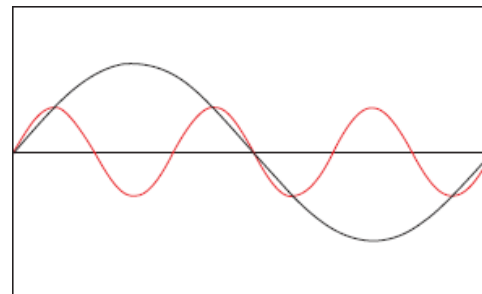
Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

Приложение В: Хармоници

Фигура 5

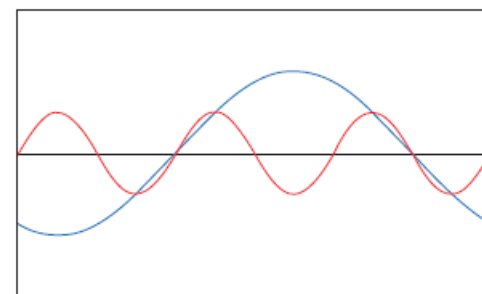
Фаза 1:

Основен хармоник и 3-ти хармоник



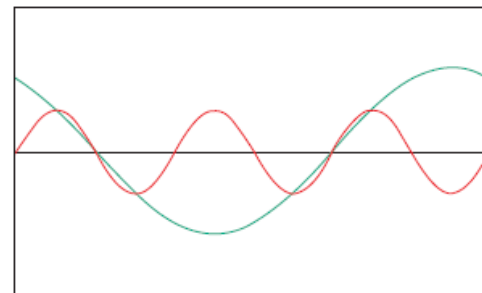
Фаза 2:

Основен хармоник и 3-ти хармоник

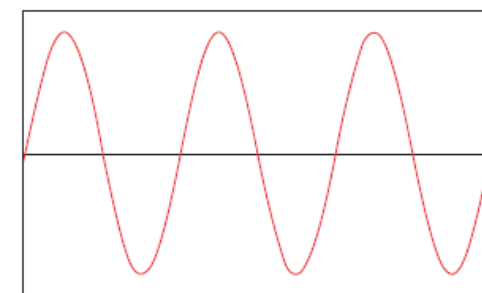


Фаза 3:

Основен хармоник и 3-ти хармоник



Резултанта на токовете от трите фази



Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

2) Увеличаване на загубите в трансформаторите

Въздействието на хармониците вътре в трансформаторите има три основни аспекта:

a) увеличаване на загубите в желязото (загуби без товар)

b) увеличаване на загубите в медта

c) наличие на хармоници, циркулиращи в намотките

a) Загубите в желязото се дължат на процеса на хистерезис и на загубите, причинени от вихрови токове; загубите от хистерезис са пропорционални на честотата, докато загубите от вихрови токове зависят от квадрата на честотата.

b) Загубите в медта съответстват на мощността, разсеяна при ефекта на Джаул в намотките на трансформатора. Когато честотата нараства (започвайки от 350 Hz), токът започва да се уплътнява на повърхността на проводниците (ефект на външния слой или скин ефект); при тези обстоятелства проводникът разполага с по-малко сечение за протичане на тока, така загубите от ефекта на Джаул нарастват.

Тези два аспекта влияят на нагряването, което понякога е причина за намаляване на работните характеристики на трансформатора.

c) Третият аспект е свързан с ефекта на хармониците от ред, кратен на три (хомополярни хармоници) в намотките на трансформатора. При намотки свързани тип триъгълник хармониците се погасяват взаимно и не се разпространяват към мрежата, защото са във фаза. Поради това този тип свързване представляват бариера за хармониците от ред, кратен на три, но е необходимо да се отдели специално внимание на този вид хармонични компоненти за правилното оразмеряване на трансформатора.

3) Увеличаване на ефекта на външния слой (скин ефекта)

С нарастването на честотата, токът започва да тече предимно по външната повърхност на проводника. Това явление е известно като ефект на външния слой или скин ефект и е по-изявено при високи честоти. При 50 Hz честота на електрическото захранване ефектът на външния слой е пренебрежим, но при честота над 350 Hz, което съответства на 7-мия хармоник, сечението за протичане на тока намалява и така се увеличава съпротивлението и възникват допълнителни загуби и нагряване.

При наличие на хармоници от висок ред е необходимо да се вземе под внимание ефекта на външния слой (скин ефекта), тъй като той се отразява на работния живот на кабелите. За да се преодолее този проблем е възможно да се използват многожилни кабелни проводници или шинни системи, образувани от няколко едножилни изолирани проводници.

4) Деформиране на напрежението

Деформираният товарен ток, който се черпи от нелинейния товар, води до деформиране на пада на напрежение в импеданса на кабела. Резултатната изкривена форма на вълната на напрежението се прилага към всички останали товари, свързани към същата верига, което става причина за протичане на хармонични токове в тях, дори ако това са линейни товари.

Решението е да се отделят веригите, които захранват товари генериращи хармоници, от тези които захранват товари чувствителни към хармоници.

5) Смущения във въртящия момент на индукционни двигатели

Хармоничното изкривяване на напрежението води до увеличаване на загубите от вихровите токове, по същия начин както при трансформаторите. Допълнителните загуби се дължат на генериране на хармонични полета в статора, всяко от които се опитва да завърти двигателя с различна скорост, както напред (1-ви, 4-ти, 7-ми, ...), така и назад (2-ри, 5-ти, 8-ми, ...). Високочестотните токове индуцирани в ротора допълнително увеличават загубите.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 ИЕС стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k_{2S2})

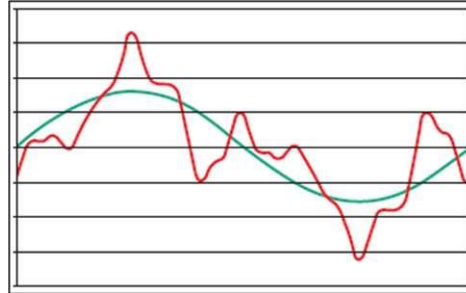
Приложение В: Хармоници

Основни формули

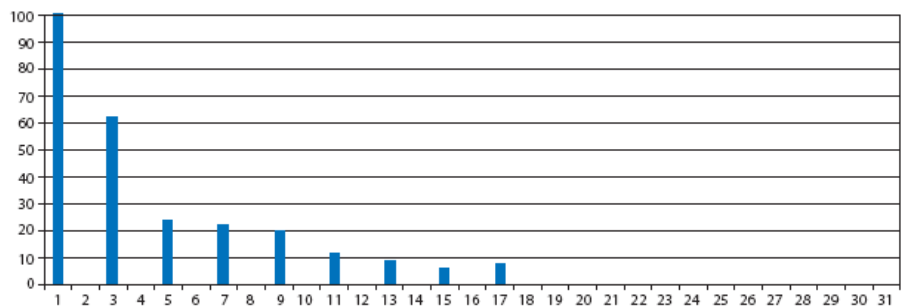
По-долу са дадени дефинициите на основните Величини, най-често използвани при анализ на хармониците:

Честотен спектър

Честотният спектър е класическото представяне на съдържанието на хармоници във формата на вълната и се състои от хистограма, даваща стойността на всеки хармоник като процент от основната компонента. Например, за следната форма на вълната:



Честотният спектър е:



Честотният спектър представя големината на наличните хармонични компоненти.

Коефициент на амплитудата

Коефициентът на амплитудата се дефинира като отношението на пиковата стойност и средноквадратичната стойност на вълната:

$$k = \frac{I_p}{I_{rms}}$$

В случая на идеална синусоидална вълна, той е равен на $\sqrt{2}$, но при наличие на хармоници, той може да достигне по-високи стойности.

Високите стойности на коефициента на амплитудата могат да причинят нежелано изключване на защитните устройства.

Средноквадратична стойност

Средноквадратичната стойност на периодична форма на вълната $e(t)$ се дефинира като:

$$E_{ems} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(t) dt}$$

където T е периодът.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели (k2S2)

Ако е известна средноквадратичната стойност на хармоничната компонента, лесно може да се изчисли общата средноквадратична стойност по следната формула:

$$E_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} E_n^2}$$

Общото хармонично изкривяване (ОХИ)

Общото хармонично изкривяване се дефинира като:

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad \text{по ток}$$

$$THD_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1} \quad \text{по напрежение}$$

Общото хармонично изкривяване е много важен параметър, който дава информация за хармоничното съдържание във формата на вълната на напрежението и тока и за необходимите мерки, които трябва да се предприемат в случай, че стойността му е висока. При $THDi < 10\%$ и $THDu < 5\%$ хармоничното съдържание се счита за пренебрежимо и като такова за неизискващо специални мерки.

IEC 60947 Комплектни разпределителни уредби

Приложение F към стандарта IEC 60947-2 съдържа информация относно направените изпитанията за роверяване на устойчивостта на блоковете за защита от свръхток спрямо хармоници.

В частност, там е описана формата на вълната на тествания ток, при който в съответствие с определени стойности на допълнителния ток защитният блок трябва да функционира съгласно предписанията на този стандарт.

По долу са изложени характеристиките на формата на вълната на тествания ток, който трябва да бъде образуван по следния начин:

1) С основна компонента и с 3-ти хармоник, вариращ между 72% и 88% от основната компонента, с коефициент на амплитудата равен на 2 или с 5-ти хармоник, вариращ между 15% и 55% от основната компонента и с коефициент на амплитудата равен на 1,9.

или

2) С основна компонента и с 3-ти хармоник, повече от 60% от основната компонента, с 5-ти хармоник, повече от 14% от основната компонента и със 7-ми хармоник повече от 7% от основната компонента. Тестваният ток трябва да има коефициент на амплитуда $> 2,1$ и трябва да протича за определено време ($< 42\%$ от времето на периода) на всяки полупериода.

Чрез формула (1) е възможно да се определи минималното сечение S на проводника, приемайки, че проводника е подложен на адиабатно нагряване от известна начална температура до определена крайна температура (приложимо, ако повредата продължава по-малко от 5 секунди):

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защиты

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение“

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

където:

- S е сечението [mm^2];
- I е стойността (средноквадратична) на вероятния ток на повреда при пренебрежим импеданс, който може да протече през защитното устройство [A];
- t е работното време на защитното устройство за автоматично изключване [s]; k може да бъде взет от таблици 2-7 или да се изчисли чрез формула (2)
- Q_c е обемният топлинен капацитет на материала на проводника [$J/^\circ Cmm^3$] при $20^\circ C$;
- B е реципрочната стойност на температурният коефициент на специфично съпротивление при CP $^\circ C$ за проводника [$^\circ C$];
- ρ_{20} е електрическото специфично съпротивление на материала на проводника при $20^\circ C$ [Ωmm];
- θ_i е началната температура на проводника [$^\circ C$];
- θ_f е крайната температура на проводника [$^\circ C$].

В Таблица 1 са показани стойностите на описаните по-горе параметри. където:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c (B+20)}{\rho_{20}} \ln \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B + \theta_i} \right)} \quad (2)$$

Таблица 1: Стойности на параметрите за различни материали

Материал	B [$^\circ C$]	Q_c [$J^\circ Cmm^3$]	ρ_{20} [Ωmm]	$\sqrt{\frac{Q_c (B+20)}{\rho_{20}}}$
Мед	234.5	$3.45 \cdot 10^{-3}$	$17.241 \cdot 10^{-6}$	226
Алуминий	228	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$28.264 \cdot 10^{-6}$	148
Олово	230	$1.45 \cdot 10^{-3}$	$214 \cdot 10^{-6}$	41
Стомана	202	$3.8 \cdot 10^{-3}$	$138 \cdot 10^{-6}$	78

Таблица 2: Стойности на k за фазови проводници

	Изоляция на проводника					
	PVC 300 mm ²	PVC 300 mm ²	EPR XLPE	Каучук 60 $^\circ C$	Минерална PVC	Неизолиран
Начална температура $^\circ C$	70	70	90	60	70	105
Крайна температура $^\circ C$	160	140	250	200	160	250
Материал на проводника:						
Мед	115	103	143	141	115	135/115 ^a
Алуминий	76	68	94	93	-	-
Връзки, споени с калай, в медни проводници	115	-	-	-	-	-

^a Тази стойност трябва да се използва за неизолирани кабели, достъпни за допир.

Таблица 3: Стойности на k за изолирани защитни проводници, които не са част от кабел и не са в сноп с други кабели

Изоляция на проводника	Температура $^\circ C$ ^b		Материала на проводника		
	Начална	Крайна	Мед	Алуминий	Стомана
70 $^\circ C$ PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
70 $^\circ C$ PVC	30	160/140 ^a	143/133 ^a	95/88 ^a	52/49 ^a
90 $^\circ C$ термoplastмаса	30	250	176	116	64
60 $^\circ C$ каучук	30	200	159	105	58
85 $^\circ C$ каучук	30	220	166	110	60
Силиконов каучук	30	350	201	133	73

^a По-ниската стойност са отнася за проводници с PVC изолация със сечение по-голямо от 300 mm².

^b Температурните граници за различните видове изолация са определени в IEC 60724.

Съдържание Част 1

Въведение

1. Стандарти

1.1 Общи аспекти

1.2 IEC стандарти за електрически инсталации

2 Защита на захранващи линии

2.1 Въведение

2.2 Полагане и оразмеряване на кабели

2.3 Защита от претоварване

2.4 Защита от късо съединение

2.5 Неутрални и защитни проводници

2.6 Магистрални шинопроводи

3 Защита на електрическото оборудване

3.1 Защита и пускане на осветителни инсталации

3.2 Защита и пускане на генератори

3.3 Защита и пускане на двигатели

3.4 Защита и пускане на трансформатори

4 Корекция на фактора на мощността

4.1 Общи аспекти

4.2 Методи на корекция на фактора на мощността

4.3 Прекъсвачи за защита и превключване на кондензаторни батерии

5 Защита на хората

5.1 Общи положения: въздействие на електрическия ток върху човека

5.2 Типове разпределителни мрежи

5.3 Защита от директен и от индиректен контакт

5.4 TT разпределителни мрежи

5.5 TN разпределителни мрежи

5.6 IT разпределителна мрежа

5.7 Дефектнотокови защити

5.8 Максимална защитена дължина за защита на хора

6 Изчисляване тока на късо съединение

6.1 Общи положения

6.2 Класификация на повредите

6.3 Определяне на тока на късо съединение: „Метод на мощността на късо съединение”

6.4 Определяне на тока на късо съединение I_k по дължина на кабела като функция на този преди него

6.5 Алгебра на последователностите

Приложение А: Изчисляване тока на товара I_b

Приложение В: Хармоници

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Приложение С: Изчисляване на коефициента k за кабели ($k2S2$)

Таблица 4: Стойности на k за неизолирани защитни проводници в контакт с кабелно покритие, но не в сноп с други кабели

Кабелно покритие	Температура °C ^a		Материала на проводника		
	Начална	Крайна	Мед	Алуминий	Стомана
			Стойност на k		
PVC	30	200	159	105	58
Полиетилен	30	150	138	91	50
CSP	30	220	166	110	60

^a Температурните граници за различните видове изолация са определени в IEC 60724.

Таблица 5: Стойности на k за защитни проводници, които са в сноп с други кабели, които са жила в кабели или са изолирани проводници

Изолация на проводника	Температура °C ^b		Материала на проводника		
	Начална	Крайна	Мед	Алуминий	Стомана
			Стойност на k		
70°C PVC	70	160/140 ^a	115/103 ^a	76/68 ^a	42/37 ^a
70°C PVC	90	160/140 ^a	100/86 ^a	66/57 ^a	36/31 ^a
90°C термoplastмаса	90	250	143	94	52
60°C каучук	60	200	141	93	51
85°C каучук	85	220	134	89	48
Силиконов каучук	180	350	132	87	47

^a По-ниската стойност са отнася за проводници с PVC изолация със сечение по-голямо от 300 mm².

^b Температурните граници за различните видове изолация са определени в IEC 60724.

Таблица 6: Стойности на k за защитни проводници от метален слой, например броня, метална защитна обвивка, концентричен проводник и др.

Изолация на проводника	Температура °C		Материала на проводника			
	Начална	Крайна	Мед	Алуминий	Олово	Стомана
			Стойност на k			
70°C PVC	60	200	141	93	26	51
70°C PVC	80	200	128	85	23	46
90°C термoplastмаса	80	200	128	85	23	46
60°C каучук	55	200	144	95	26	52
85°C каучук	75	220	140	93	26	51
Минерална PVC покритие ^a	70	200	135	-	-	-
Минерална, голя защитна обвивка	105	250	135	-	-	-

^a Тази стойност се използва и за неизолирани проводници, достъпни за допир или в контакт със запалим материал

Таблица 7: Стойности на k за неизолирани проводници, където няма риск от увреждане на намиращите се в близост материали от указаната температура

Изолация на проводника	Материала на проводника						
	Начална температура °C	Мед		Алуминий		Стомана	
		Стойност на k	Макс. температура °C	Стойност на k	Макс. температура °C	Стойност на k	Макс. температура °C
Видима и ограничена област	30	228	500	125	300	82	500
Нормални условия	30	159	200	105	200	58	200
Риск от пожар	30	138	150	91	150	50	150