

60 ГОДИНИ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ



Техническият справочник
е изготвен с помощта на
проф. д-р инж. Стоян СТОЯНОВ
доц. д-р инж. Васил ГОСПОДИНОВ
гл. ас. инж. Борислав БОЙЧЕВ
Електротехнически факултет
ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - София

I. Обозначаване на силови кабели, произведени по БДС 2581-86 и БДС 16291-85

Идентификация на обозначението _____

С силов кабел

Материал на проводника _____

А алуминиев проводник

- меден проводник

Изолационни материали _____

В изолация на поливинилхлорид (*PVC*)

П изолация от полиетилен (*PE*)

Х изолация от омрежен полиетилен (*XLPE*)

Екрани и други конструктивни елементи _____

Еа екран от алуминиеви ленти

Ек екран от концентрични медни телове

Еке екран от концентрични медни тел около всяко отделно жило

Ем екран от медни ленти

Еме екран от медни ленти около всяко отделно жило

(вн) елементи за надлъжна водозащита

(в) елементи за надлъжна и напречна водозащита

Защитна броня _____

Б броня от стоманени ленти

К броня от кръгли стоманени телове

П броня от плоски стоманени телове

Материали за обвивки и покривки _____

Т обвивка или покривка от *PVC*

Тз обвивка или покривка от полиетилен *PE*

само за кабели СрН с елементи за водозащита

П покривка от полиетилен *PE*

В покривка от покривка от *PVC*

Индекси _____

буква **А** записана след номиналното сечение на екрана означава екран от алуминиеви телове

- **ж** кабели със защитно жило, оцветено в жълто зелен цвят

- **с** кабели със свето- и атмосфероустойчива обвивка

- **ет** кабели предназначени за градски електротранспорт

- **Н** кабели с носещо стоманено въже

Брой жила _____

Сечение на проводниците в mm^2 _____

Тип на токопроводимите жила _____

кп кръгли плътни жила

км кръгли многожилни жила

ку кръгли многожилни уплътнени жила

сп секторни плътни жила

см секторни многожилни жила

Номинално напрежение _____

0,6/1 kV 3,6/6 kV 6,0/10 kV 12/20 kV 18/30 kV

Примери: **СВТ-ж** 4x1.5 кп 0.6/1 kV. Кабел с *PVC* изолация и обвивка, със зелено-жълто жило, 4 жила със сечение 1.5 mm^2 , плътен кръгъл проводник, номинално напрежение 0.6/1 kV.

САХЕкТ 1x185 ку /16 12/20 kV. Едножилен кабел с *XLPE* изолация, с кръгло многожично уплътнено алуминиево жило със сечение 185 mm^2 , меден екран 16 mm^2 , с *PVC* обвивка, номинално напрежение 12/12 kV

II. Обозначаване на силови кабели, произведени по DIN VDE 0271/0276

Идентификация на обозначението _____

N стандарт **DIN VDE**
(N) стандарт подобен на **DIN VDE**

Материал на проводника _____

A алуминиев проводник
 - меден проводник

Изоляционни материали _____

Y поливинилхлорид (*PVC*)
2X омрежен полиетилен (*XLPE*)

Екрани и други конструктивни елементи _____

C концентричен меден проводник
CW вълнообразен концентричен меден проводник
CE концентричен меден проводник около всяко отделно жило
S екран от медни жици
SE екран от медни жици около всяко отделно жило
H проводящи слоеве
(F) елементи за надлъжна водозащита
(FL) елементи за надлъжна и напречна водозащита

Защитна броня _____

B от стоманени ленти
R от галванизирани кръгли стоманени телове
F от галванизирани плоски стоманени телове
G противоположно обвита върху теловете стоманена лента

Материали за обвивки _____

Y поливинилхлорид (*PVC*)
2Y полиетилен (*PE*)
H термопластичен полимер без халоген
K оловна обвивка
KL алуминиева обвивка

Защитен проводник _____

J със защитен проводник
O без защитен проводник

Брой жила _____

Сечение на проводника в mm² _____

Тип на токопроводимите жила _____

re - кръгъл плътен проводник
rm - кръгъл многожичен проводник
se - секторен плътен проводник
sm - секторен многожичен проводник

Номинално напрежение _____

0,6/1 kV 3,6/6 kV 6,0/10 kV 12/20 kV 18/30 kV

Примери: **NYU - J 4x1.5 re 0.6/1 kV.** Кабел с *PVC* изолация и обвивка, със зелено-жълто жило, 4 жила със сечение 1.5 mm², меден плътен кръгъл проводник, номинално напрежение 0.6/1 kV.

NA2XS2Y 1x35 rm/16 6/10 kV. Едножичен кабел с *XLPE* изолация, с *PE* обвивка, кръгло многожично алуминиево жило със сечение 35 mm², меден екран 16 mm², номинално напрежение 6/10 kV

III. Обозначаване на хармонизирани проводници според DIN VDE 0281, DIN VDE 0282 и DIN VDE 0292

<p>Идентификация на обозначението</p> <p>A одобрена национална норма H хармонизирана норма</p> <p>Номинално напрежение U</p> <p>01 100 V 03 300/300 V 05 300/500 V 07 450/750 V</p> <p>Материали за изолация</p> <p>V поливинилхлорид (PVC) R естествен или стирен-бутадиенов каучук (NR/SR) S силиконов каучук (SIR) B етилен-пропиленов каучук (EPR) G етилен-винилацетат кополимер (EVA) N2 хлоропренов каучук за споени кабели (CR) V2 поливинилхлорид топлоустойчив (PVC) V3 поливинилхлорид ниско температурен (PVC)</p> <p>Конструктивни елементи</p> <p>C екран Q4 допълнителна полиамидна обвивка (PA) T текстилна оплетка върху усуканите жила T6 текстилна оплетка върху всяко жило</p> <p>Материали за обвивки</p> <p>V поливинилхлорид (PVC) R естествен или стирен-бутадиенов каучук (NR/SR) N хлоропренов каучук (CR) B етилен-пропиленов каучук (EPR) N2 хлоропренов каучук за кабели за заваряване (CR) N4 хлоропренов каучук- топлоустойчив (CR) Q полиуретан (PUR) V2 поливинилхлорид топлоустойчив (PVC) V3 поливинилхлорид ниско температурен (PVC) V4 поливинилхлорид омрежен (PVC) V5 поливинилхлорид маслоустойчив (PVC) T текстилна оплетка T2 текстилна оплетка от неподдържащи горенето компоненти J Оплетка от стъклени влакна</p> <p>Специални конструктивни характеристики</p> <p>H плосък двужилен кабел без обвивка, разделяем H2 плосък двужилен кабел с обвивка H6 плосък многожилен кабел с обвивка H7 двуслойна обвивка H8 спирални кабели D3 елемент, поемащ напрежения в кабела D5 централен елемент, не поемащ напрежения в кабела FM телекомуникационни жила в силови кабели</p> <p>Тип на жилата</p> <p>U едножичен, клас 1 R многожичен, клас 2 K многожичен фино усукан, клас 5, за фиксиран монтаж F многожичен фино усукан, клас 5, за гъвкави кабели H многожичен много фино усукан, клас 6, за гъвкави кабели D многожичен фино усукан, за кабели за заваряване E многожичен много фино усукан, за кабели за заваряване Y мишурно жило, фини жички, обвити около текстилна сърцевина</p> <p>Брой на жилата</p> <p>Заземително жило</p> <p>G със заземително жило X без заземително жило</p> <p>Номинално сечение на проводника в mm²</p>	
--	--

Примери: **H07V-U 2.5** - хармонизиран PVC - изолиран едножичен проводник, със сечение 2.5 mm², с PVC изолация, с едножично медно токопроводимо жило - клас 1, за номинално напрежение 450/750 V.

H07RN - F 3G, 1.5 - хармонизиран каучуков кабел с изолация тип R от естествен или стирен-бутадиенов каучук (NR/SR) и обвивка тип N от хлоропренов каучук (CR), трижичен, със жълто-зелен защитен проводник, със сечение 1.5 mm², с многожично фино усукано токопроводимо жило - клас 5, за средни механични усилия и усилия за номинално напрежение 450/750 V.

IV. Указания за полагане и монтаж на силови кабели

1. Фактори, влияещи върху метода на полагане на кабелите и експлоатацията им

- работна среда
 - натрупване на кабели на едно монтажно място
 - въздействие на външни топлинни източници
 - специфично топлинно съпротивление на почвата
 - слънчево греене
- паразитни токове, токове на утечка, корозия
- движение и разместване на почвата, вибрации и колебания на конструкциите
- химически въздействия
- защитните обвивки на кабелите

2. Защита на положените кабели от механични повреди

- при полагане на кабели в земя на дълбочина най-малко 0.7 м
- при полагане на кабели под улични платна на дълбочина най-малко 0.9 м
- в тръби при полагане на кабели в земя на по-малка дълбочина
- полагане в тунели, по естакади, на кабелни стелажи и лавици

3. Диаметри на проходи и тръби, в които са положени кабели

- вътрешен диаметър на тръбата най-малко 1,5 пъти на диаметъра на кабела
- при полагане на няколко кабела се избира тръба, която свободно да поеме снопа
- при изграждане на трифазна система от едножилни кабели в стоманени тръби всички кабели на една система трябва да се положат в една обща тръба

4. Най-ниска допустима температура на полагане на кабели

- - 5 °C за кабели с PVC обвивка
 - - 20 °C за кабели с PE обвивка
- тези температури се отнасят до самия кабел, а не за околната среда

5. Усилия и натоварване на опън при полагане на кабели с изтегляща глава

- максимална сила на опън $P = S \cdot u$, където S е сечението на токопроводимото жило в mm^2 , а u е допустимо натоварване на опън, за медни жила = 50 N/ mm^2 , за алуминиеви жила = 30 N/ mm^2
с изтеглящ чорап
- приемат се същите сили на опън както и при изтеглящата глава

6. Радиуси на огъване на кабели при монтаж

- допустим радиус на огъване - 15 пъти диаметъра на кабела
възможности за намаляване радиуса на огъване с 50 %
- при еднократно огъване
- при загравяне на кабела до 30 °C
- при огъване върху шаблон

7. Полагане и закрепване на кабелите при монтаж

- едножилните кабели могат да се полагат един до друг или в триъгълник
- при поединично закрепване на едножилни кабели се използват пластмасови скоби или такива от немагнитен материал
- стоманени скоби могат да се използват само ако не се получава затворен магнитен кръг
- закрепването на кабелите и кабелните снопове не трябва да води до появата на побитости вследствие на топлинни разширения на кабелите
- разстояние между скобите; при хоризонтално полагане - равно на 20-кратния диаметър на кабела; тези разстояние са в сила и при полагане върху лавици и стелажи, като в тези случаи разстоянието не трябва да е по-голямо от 0,8 м; при вертикално полагане - не повече от 1,5 м

V. Методи на инсталиране на кабели и проводници

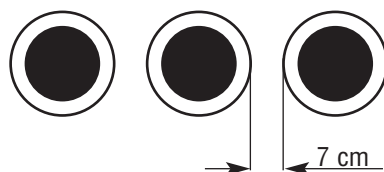
1. Методи на инсталиране и нормални работни условия за силови кабели, положени в земя



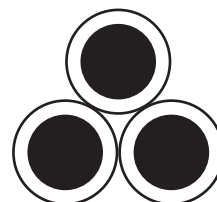
многожилен кабел



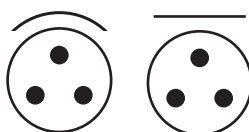
едножилен кабел в постояннотокова система (верига)



три едножилни кабели в 3-фазна система, поставени в една равнина на разстояние 7 cm



три едножилни кабели в 3-фазна система, поставени в сноп (в триъгълник)



многожилни кабели, поставени в пясък или земя, покрити с тухли, цимент или покрити с пластмасови ленти

Нормални работни условия за силови кабели, положени в земя *

- температура на земята на дълбочината на полагането -20°C
- специфично земно топлинно съпротивление
 - влажна среда - 1.0 K.m/W
- свързване и заземяване на металните обвивки или екрани на кабелите от двата края
- коефициент на натоварване - 0.7

Данни за други типове земна среда

- много влажна земя - 0.7 K.m/W
- суха земя - 2.0 K.m/W
- много суха земя - 3.0 K.m/W

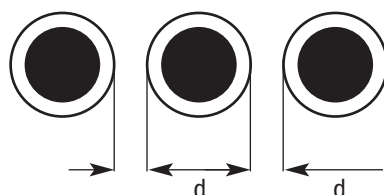
2. Методи на инсталиране и нормални работни условия за силови кабели, положени на въздух



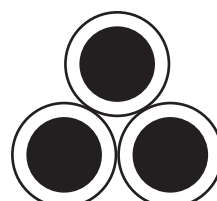
многожилен кабел



едножилен кабел в постояннотокова система (верига)



три едножилни кабели в 3-фазна система, поставени в една равнина на разстояние поне един диаметър на кабела - $1 d$



три едножилни кабели в 3-фазна система, поставени в сноп (в триъгълник)

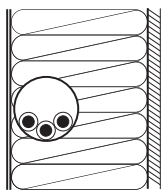
Нормални работни условия за силови кабели, положени на въздух *

- температура на въздуха -30°C
- свободно топлоотдаване при разстояние на кабела от стената или покрива $\geq 2 \text{ cm}$
- при кабели, разположени един до друг, в една равнина, с междина между тях, по-голяма от $1 d$
- при кабели, положени в различни равнини, една върху друга, с междина между тях по-голяма от 30 cm
- кабели, защитени от пряко слънчево греене
- достатъчно големи или вентилирани помещения
- свързване и заземяване на металните обвивки или екрани на кабелите от двете страни
- коефициент на натоварване - 0.7

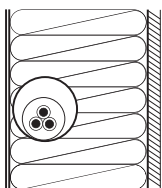
* **Забележка.** При други условия на полагане и степен на натоварване е необходима корекция на допустимия ток на кабела спрямо дадения при нормални условия

Методи на инсталиране на кабели и проводници

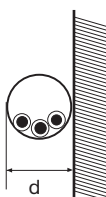
3. Методи на инсталиране на силови кабели и изолирани проводници в помещения и по стени



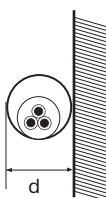
метод А1 - едножилни кабели и проводници, поставени в тръба и в термоизолирана среда



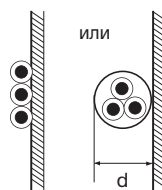
метод А2 - многожилни кабели с пластмасова обвивка, поставени в тръба и в термоизолирана среда. Средата включва външен панел от дърво, термична изолация и вътрешен панел от дърво или подобни на дърво материали с топлинно съпротивление $0.1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, тръбата / пластмасова или метална / е близо, но не се допира до вътрешния панел



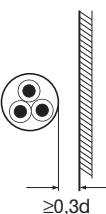
метод В1 - едножилни кабели и проводници, поставени в тръба, закрепена на дървена стена



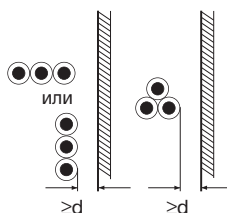
метод В2 - многожилни кабели с пластмасова обвивка, поставени в тръба, закрепена на дървена стена. И при двата метода пластмасовата или металната тръбата е закрепена така, че разстоянието между нея и стената трябва да бъде по-малко от 0.3 пъти от диаметъра на тръбата. Тръбата може да бъде инсталирана директно на стената, ако е зидария или гипсова повърхност.



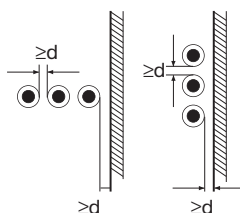
метод С - едножилни или многожилни кабели с пластмасова обвивка, инсталирани на дървена стена. Кабелите трябва да бъдат монтирани така, че разстоянието между тях и стената да бъде по-малко от 0.3 пъти от кабела. Кабелите може да бъдат инсталирани и директно на стената, ако е зидария или под мазилката.



метод Е - многожилни кабели с пластмасова обвивка, инсталирани на открито. Разстоянието между кабела и околните конструкции е такава, че не се ограничава разсейването на топлината, т.е. по-голямо от $0.3 d$

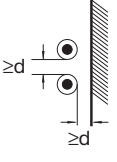






метод F - едножилни кабели с пластмасова обвивка, положени един до друг, с контакт помежду си, инсталирани на открито. Разстоянието между кабелите и околните конструкции е такава, че не се ограничава разсейването на топлината, т.е. по-голямо от d



метод G - едножилни кабели с пластмасова обвивка, положени на разстояние d един от друг, инсталирани на открито. Разстоянието между кабелите и околните конструкции е такава, че не се ограничава разсейването на топлината, т.е. по-голямо от d

VI. Таблицы за допустимо токово натоварване на проводници и кабели, препоръчано от заводите - производители

Таблица 1. Допустим ток за изолирани проводници и кабели за работни напрежения до 1000 V при допустимата работна температура на токопроводимите им жила и допустимата температура на околната среда за всеки тип от таблицата					
Тип кабел	H05V-U, H05V -K, H07V-U H07V -R, H07V -K, ПВ-А1, ПВ-А2 H07V2-U, H07V2-K H05S-U, H05S-K, ПСКГ H07RN-F, ШКПТ	H05RR-F, H05RN-F, ШКПЛ H07RN-F, ШКПТ, H03VH-H, H03VV-F H03VVH2-F, H05VV-F ШВПЛ-А, ШВПЛ-Б ШВПС-В	NSHCOU, NSHTOU A07RN-F H07VVH6-F NHMH, NHMH NYSLY, NYSLCY		
инсталиране	на открито	на или над повърхност			
вид					
брой натоварени жила	1	2	3	2 или 3	
сечение, mm ²	допустим ток, А				
0,5	-	3	3	9	
0,75	15	6	6	12	
1	19	10	10	15	
1,5	24	16	16	18	
2,5	32	25	20	26	
4	42	32	25	34	
6	54	40	-	44	
10	73	63	-	65	
16	98	-	-	82	
25	129	-	-	108	
35	158	-	-	135	
50	198	-	-	168	
70	245	-	-	207	
95	292	-	-	250	
120	344	-	-	292	
150	391	-	-	335	
185	448	-	-	382	
240	528	-	-	453	
300	608	-	-	523	
400	726	-	-	-	
500	830	-	-	-	

Посочените данни са валидни при следните условия:





- Достатъчно големи помещения или помещения с много въздух, в които околната температура не се променя чувствително от електрическите загуби в проводниците
- Защита срещу директно топлинно облъчване от слънцето и други

Забележка. За едножилни проводници, положени един до друг или в триъгълник, допустимият ток се коригира с коефициенти:











- при полагане върху повърхност
 - * 0,76 при еднофазни и постояннотокови вериги;
 - * 0,67 при трифазни вериги;
- при полагане във въздух съответно с 0,8 и 0,7

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 2. Допустим ток за силови кабели ниско напрежение 0,6/1 kV, произведени по БДС 16291-85, с PVC изолация (макс. работна температура 70 °C), положени в земя (20 °C) или във въздух (30 °C)











Тип кабел	СВТ, СВТТ, СВБТ		САВТ, САВТТ, САВБТ	
проводник	меден		алуминиев	
вид				
сечение, mm ²	допустим ток, А			
в земя (температура 20 °C)				
1,5	29	25	-	-
2,5	38	34	-	25
4	49	45	38	32
6	62	55	52	42
10	83	76	63	53
16	104	96	82	75
25	136	126	106	92
35	162	151	128	110
50	192	178	150	134
70	236	225	186	170
95	285	270	220	210
120	322	306	250	245
150	363	346	282	274
185	410	390	320	310
240	475	458	375	360
300	540		425	
400	610		485	
500	690		555	
във въздух (температура 30°C)				
1,5	20	19	-	-
2,5	27	25	-	20
4	36	34	28	26
6	45	43	38	34
10	63	59	48	43
16	82	79	63	64
25	113	105	85	82
35	138	126	105	100
50	168	157	127	119
70	210	199	165	152
95	262	246	205	185
120	307	285	235	215
150	352	326	270	245
185	405	374	315	285
240	482	445	375	338
300	555		440	
400	650		515	
500	750		600	

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 3. Допустим ток за силови кабели за напрежение 0,6/1 kV, с PVC изолация по DIN VDE 0276 (макс. работна температура 70 °C), положени в земя (20 °C) или във въздух (30 °C)										
Проводник	Меден					Алуминиев				
вид		 *	 *				 *	 **		 *
сечение, mm ²	допустим ток, А									
в земя (температура 20 °C)										
тип кабел	NYU			NYSY		NAYY			NAYSU	
1,5	30	27	41	31	27	-	-	-	-	-
2,5	39	36	55	40	36	-	-	-	-	-
4	50	47	71	51	47	-	-	-	-	-
6	62	59	90	63	59	-	-	-	-	-
10	83	79	124	84	79	-	-	-	-	-
16	107	102	160	108	102	-	-	-	-	-
25	138	133	208	139	133	106	102	160	108	103
35	164	159	250	166	160	127	123	193	129	123
50	195	188	296	196	190	151	144	230	153	145
70	238	232	365	238	234	185	179	283	187	180
95	286	280	438	281	280	222	215	340	223	216
120	325	318	501	315	319	253	245	389	252	246
150	365	359	563	347	357	284	275	436	280	276
185	413	406	639	385	402	322	313	496	314	313
240	479	473	746	432	463	375	364	578	358	362
300	541	535	848	473	518	425	419	656	397	415
400	614	613	975	521	579	487	484	756	441	474
500	693	687	1125	574	624	558	553	873	489	528
във въздух (температура 30 °C)										
1,5	21	19,5	27	22	19,5	-	-	-	-	-
2,5	28	25	35	29	26	-	-	-	-	-
4	37	34	47	39	34	-	-	-	-	-
6	47	43	59	49	44	-	-	-	-	-
10	64	59	81	67	60	-	-	-	-	-
16	84	79	107	89	80	-	-	-	-	-
25	114	106	144	119	108	87	82	110	91	83
35	139	129	176	146	132	107	100	135	112	101
50	169	157	214	177	160	131	119	166	137	121
70	213	199	270	221	202	166	152	210	173	155
95	264	246	334	270	249	205	186	259	212	189
120	307	285	389	310	289	239	216	302	247	220
150	352	326	446	350	329	273	246	345	280	249
185	406	374	516	399	377	317	285	401	321	287
240	483	445	618	462	443	378	338	479	374	339
300	557	511	717	519	504	437	400	555	426	401
400	646	597	843	583	577	513	472	653	488	468
500	747	669	994	657	626	600	539	772	556	524
* - за многожилни кабели (1,5 до 10 mm ²) да се използва корекционен коефициент, даден по-долу										
** - за постояннотокова система										
брой натоварени жила		в земя				във въздух				
5		0,70				0,75				
7		0,60				0,65				
10		0,50				0,55				
14		0,45				0,50				
19		0,40				0,45				
24		0,35				0,40				
40		0,30				0,35				
61		0,25				0,30				

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 4. Допустим ток за силови кабели ниско напрежение 0,6/1 kV, с омрежена полиетиленова изолация XLPE (макс. работна температура 90 °C), положени в земя (20 °C) или във въздух (30 °C)

Проводник	Меден					Алуминиев				
вид			 *					 *		
сечение, mm ²	допустим ток, А									
в земя (температура 20 °C)										
кабел тип	N2XY; N2X2Y			N2XCY; N2XC2Y		NA2XY; NA2X2Y			NA2XCY; NA2XC2Y	
1,5	33	31	48	33	31	-	-	-	-	-
2,5	42	40	63	43	40	-	-	-	-	-
4	54	52	82	55	52	-	-	-	-	-
6	67	64	102	68	65	-	-	-	-	-
10	89	86	136	91	87	-	-	-	-	-
16	115	112	176	117	113	-	-	-	-	-
25	148	145	229	150	146	114	112	177	116	113
35	177	174	275	179	176	136	135	212	138	136
50	209	206	326	211	208	162	158	252	164	159
70	256	254	400	257	256	199	196	310	201	197
95	307	305	480	304	307	238	234	372	240	236
120	394	348	548	341	349	272	268	425	272	269
150	349	392	616	377	391	305	300	476	303	302
185	445	444	698	418	442	347	342	541	340	342
240	517	517	815	469	509	404	398	631	387	397
300	583	585	927	514	569	457	457	716	430	454
400	663	671	1064	565	637	525	529	825	479	520
500	749	758	1227	623	691	601	609	952	531	584
във въздух (температура 30 °C)										
кабел тип	N2XY; N2X2Y; N2XH			N2XCY; N2XC2Y; N2XCH		NA2XY; NA2X2Y; NA2XH			NA2XCY; NA2XC2Y; NA2XCH	
1,5	26	24	33	27	25	-	-	-	-	-
2,5	34	32	43	36	33	-	-	-	-	-
4	44	42	57	47	43	-	-	-	-	-
6	56	53	72	59	54	-	-	-	-	-
10	77	74	99	81	75	-	-	-	-	-
16	102	98	131	109	100	-	-	-	-	-
25	138	133	177	146	136	106	102	136	112	104
35	170	162	217	179	165	130	126	166	137	128
50	207	197	265	218	201	161	149	205	169	152
70	263	250	336	275	255	204	191	260	214	194
95	325	308	415	336	314	252	234	321	263	239
120	380	359	485	388	364	295	273	376	308	278
150	437	412	557	438	416	339	311	431	349	316
185	507	475	646	501	480	395	360	501	401	365
240	604	564	774	580	565	472	427	600	469	430
300	697	649	901	654	643	547	507	696	535	506
400	811	761	1060	733	737	643	600	821	615	575
500	940	866	1252	825	807	754	695	971	700	682

*- за постояннотокова система

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 5. Допустим ток за кабели, положени в сгради по инсталационни методи А1, А2, В1, В2, с макс. работна температура на проводника 70 °С и температура на околната среда 30 °С									
Тип кабел	H07V-U; H07V-R; H07V-K		NYM; NHXMH; NYU; NYCY		H07V-U; H07V-R; H07V-K		NYM; NHXMH; NYU; NYCY		
инсталационен метод	А1		А2		В1		В2		
вид									
брой на натоварените жила	2	3	2	3	2	3	2	3	
сечение, mm ²	допустим ток, А								
1,5	15,5	13,5	15,5	13	17,5	15,5	16,5	15	
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	
4	26	24	25	23	32	28	30	27	
6	34	31	32	29	41	36	38	34	
10	46	42	43	39	57	50	52	46	
16	61	56	57	52	76	68	69	62	
25	80	73	75	68	101	89	90	80	
35	99	89	92	83	125	110	111	99	
50	119	108	110	99	151	134	133	118	
70	151	136	139	125	192	171	168	149	
95	182	164	167	150	232	207	201	179	
120	210	188	192	172	269	239	232	206	
150	240	216	219	196	-	-	-	-	
185	273	245	248	223	-	-	-	-	
240	320	286	291	261	-	-	-	-	
300	367	328	334	298	-	-	-	-	

Таблица 6. Допустим ток за кабели, положени в сгради по инсталационни методи С, Е, F и G, с макс. работна температура на проводника 70 °С и температура на околната среда 30 °С									
Тип кабел	NYM, NYIFU, NO5W-U; NHXMH, NYU, NYCY				NYU				
инсталационен метод	С		Е		F		G		
вид									
брой на натоварените жила	2	3	2	3	2	3	2	3	
сечение, mm ²	допустим ток, А								
1,5	19,5	17,5	22	18,5	-	-	-	-	
2,5	27	24	30	25	-	-	-	-	
4	36	32	40	34	-	-	-	-	
6	46	41	51	43	-	-	-	-	
10	63	57	70	60	-	-	-	-	
16	85	76	94	80	-	-	-	-	
25	112	96	119	101	131	114	110	146	
35	138	119	148	126	162	143	137	181	
50	168	144	180	153	196	174	167	219	
70	213	184	232	196	251	225	216	281	
95	258	223	282	238	304	275	264	341	
120	299	259	328	276	352	321	308	396	
150	344	299	379	319	406	372	356	456	
185	392	341	434	364	463	427	409	521	
240	461	403	514	430	546	507	485	615	
300	530	464	593	497	629	587	561	709	
400	-	-	-	-	754	689	656	852	
500	-	-	-	-	868	789	749	982	
630	-	-	-	-	1005	905	855	1138	

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 7. Допустим ток за кабели, положени в сгради по инсталационни методи А1, А2, В1, В2, с макс. работна температура на проводника 90 °С и температура на околната среда 30 °С

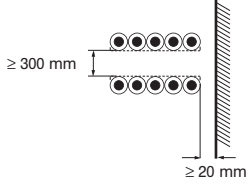
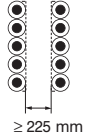
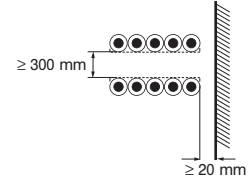
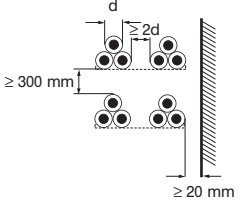
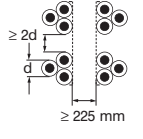
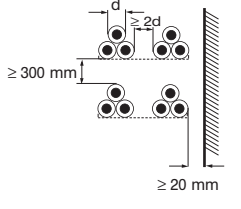
Тип кабел	H07V2-U, H07V2-K		N2XY, N2XH, N2XCH, NHXH FE180 NHXCH FE180, NHXH, NHXCHX		H07V2-U, H07V2-K		N2XY, N2XH, N2XCH, NHXH FE180 NHXCH FE180, NHXH, NHXCHX	
инсталационен метод	A1		A2		B1		B2	
вид								
брой на натоварените жила	2	3	2	3	2	3	2	3
сечение, mm ²	допустим ток, А							
-	-	-	-	-	23	20	22	-
-	26	23	25	22	31	28	30	26
4	35	31	33	30	42	37	40	35
6	45	40	42	38	54	48	51	44
10	61	54	57	51	75	66	69	60
16	81	73	76	68	100	88	91	80
25	106	95	99	89	133	117	119	105
35	131	117	121	109	164	144	146	128
50	158	141	145	130	198	175	175	154
70	200	179	183	164	253	222	221	194
95	241	216	220	197	306	269	265	233
120	278	249	253	227	354	312	305	268
150	318	285	290	259	-	-	-	-
185	362	324	329	295	-	-	-	-
240	424	380	386	346	-	-	-	-
300	486	435	442	396	-	-	-	-

Таблица 8. Допустим ток за кабели, положени в сгради по инсталационни методи С, Е, F и G, с макс. работна температура на проводника 90 °С и температура на околната среда 30 °С

Тип кабел	N2XY, N2XH, N2XCH*, NHXH FE180, NHXCH FE180*, NHXH, NHXCHX*				N2XY, N2XH, NHXH FE180, NHXH					
инсталационен метод	C		E		F		G			
вид										
брой на натоварените жила	2	3	2	3	2	3	3			
сечение, mm ²	допустим ток, А									
-	24	22	26	23	-	-	-	-	-	-
-	33	30	36	32	-	-	-	-	-	-
4	45	40	49	42	-	-	-	-	-	-
6	58	52	63	54	-	-	-	-	-	-
10	80	71	86	75	-	-	-	-	-	-
16	107	96	115	110	-	-	-	-	-	-
25	138	119	149	127	161	141	135	182	161	161
35	171	147	185	158	200	176	169	226	201	201
50	209	179	225	192	242	216	207	275	246	246
70	269	229	289	246	310	279	268	353	318	318
95	328	278	352	298	377	342	328	430	389	389
120	382	322	410	346	437	400	383	500	454	454
150	441	371	473	399	504	464	444	577	527	527
185	506	424	542	456	575	533	510	661	605	605
240	599	500	641	538	679	634	607	781	719	719
300	693	576	741	621	783	736	703	902	833	833
400	-	-	-	-	940	868	823	1085	1008	1008
500	-	-	-	-	1083	998	946	1253	1169	1169
630	-	-	-	-	1254	1151	1088	1454	1362	1362

* стойностите са валидни само за многожилните конструкции на кабелите с концентричен проводник

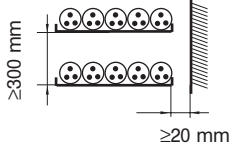
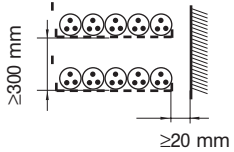
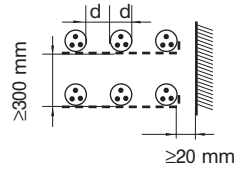
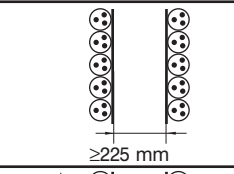
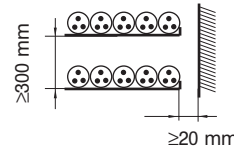
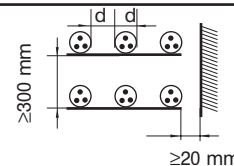
Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 9. Коефициенти за преизчисляване на допустимото токово натоварване за едножилни силови кабели, положени групирани, на кабелни лавици и стелажки в кабелни канали						
Метод на инсталиране		Брой на кабелните лавици и стелажки	Брой на трифазните системи			
съоръжение, на което се полагат кабелите	вид		1	2	3	
Перфорирани кабелни лавици с не по-малко от 30 % перфорация на общата повърхност		1	0,98	0,91	0,87	
		2	0,96	0,87	0,81	
		3	0,95	0,85	0,78	
		1	0,96	0,86	-	
		2	0,95	0,84	-	
		3	-	-	-	
Кабелни стелажки с опорна повърхност не повече от 10 % на общата повърхност		1	1,00	0,97	0,96	
		2	0,98	0,93	0,89	
		3	0,97	0,90	0,86	
	Перфорирани кабелни лавици с не по-малко от 30 % перфорация на общата повърхност		1	1,00	0,98	0,96
			2	0,97	0,93	0,89
			3	0,96	0,92	0,86
		1	1,00	0,91	0,89	
		2	1,00	0,90	0,86	
		3	-	-	-	
Кабелни стелажки с опорна повърхност не повече от 10 % на общата повърхност		1	1,00	1,00	1,0	
		2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,9	

Забележка. Коефициентите за преизчисляване са за еднослойно групиране на едножилни кабели. При неспазване на това условие или неспазване на указаните разстояния корекционните коефициенти трябва да бъдат намалени. За паралелно монтирани токови вериги всяка група от три проводника се разглежда като една токова система.

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 10. Коефициенти за преизчисляване на допустимото токово натоварване за многожилни силови кабели, положени групирани, на кабелни лавици и стелажи в кабелни канали

Метод на инсталиране		Брой на кабелните лавици и стелажи	Брой многожилни кабели						
съоръжение, на което се полагат кабелите	вид		1	2	3	4	6	9	
Неперфорирани кабелни лавици		1	0,97	0,84	0,78	0,75	0,71	0,68	
		2	0,97	0,83	0,76	0,72	0,68	0,63	
		3	0,97	0,82	0,75	0,71	0,66	0,61	
		6	0,97	0,81	0,73	0,69	0,63	0,58	
Перфорирани кабелни лавици с не по-малко от 30 % перфорация на общата повърхност		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	
		6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,68	0,64	
		1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-	
		2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-	
		1	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-	
		2	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-	
	Кабелни стелажи с опорна повърхност не повече от 10 % на общата повърхност		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,81	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
			6	1,00	0,83	0,76	0,73	0,69	0,66
		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	-	

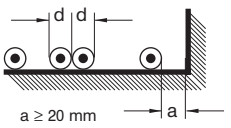
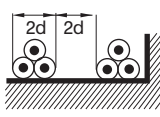
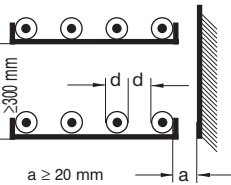
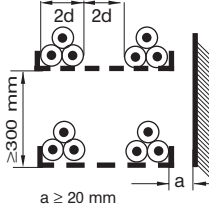
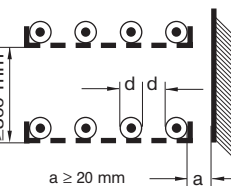
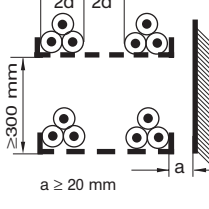
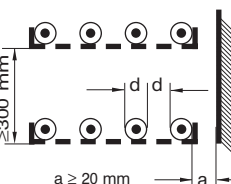
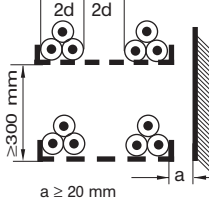
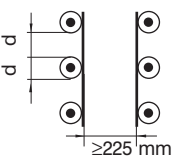
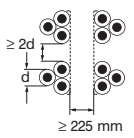
Забележка Коефициентите за преизчисляване са за еднослойно групиране на многожилни кабели. При неспазване на това условие или неспазване на указаните разстояния корекционните коефициенти трябва да бъдат намалени.

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 11. Допустим ток за силови кабели средно напрежение 6/10 kV, 12/20 kV, 18/30 kV с XLPE изолация												
Тип кабел	N2XS(Y); N2XS2(Y); N2XS2(Y); СХЕкТ; СХЕмТ; СХЕк(вн)П;						NA2XS(Y); NA2XS2(Y); NA2XS(F)2(Y); САХЕкТ; САХЕмТ; САХЕк(вн)П					
проводник	меден						алуминиев					
вид												
напрежение U ₀ /U, kV	6/10		12/20		18/30		6/10		12/20		18/30	
сечение, mm ²	допустим ток, А											
в земя (температура 20 °C)												
25	157	179	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	187	212	189	213	-	-	145	165	-	-	-	-
50	220	249	222	250	225	251	171	194	172	195	174	195
70	268	302	271	303	274	304	208	236	210	237	213	238
95	320	359	323	360	327	362	248	281	251	282	254	283
120	363	405	367	407	371	409	283	318	285	319	289	321
150	405	442	409	445	414	449	315	350	319	352	322	354
185	456	493	461	498	466	502	357	394	361	396	364	399
240	526	563	532	568	539	574	413	452	417	455	422	458
300	591	626	599	633	606	640	466	506	471	510	476	514
400	662	675	671	685	680	695	529	558	535	564	541	570
500	744	748	754	760	765	773	602	627	609	634	616	642
във въздух (температура 30 °C)												
25	163	194	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	197	235	200	235	-	-	153	182	-	-	-	-
50	236	282	239	282	241	282	183	219	185	219	187	219
70	294	350	297	351	299	350	228	273	231	273	232	273
95	358	426	361	426	363	425	278	333	280	332	282	331
120	413	491	416	491	418	488	321	384	323	384	325	382
150	468	549	470	549	472	548	364	432	366	432	367	429
185	535	625	538	625	539	624	418	496	420	494	421	492
240	631	731	634	731	635	728	494	583	496	581	496	578
300	722	831	724	830	725	828	568	666	569	663	568	659
400	827	920	829	923	831	922	660	755	660	753	650	750
500	949	1043	953	1045	953	1045	767	868	766	866	764	861

Таблицы за допустимо токово натоварване

Таблица 12. Коэффициент за преизчисляване на токовото натоварване на едножилни силови кабели (по европейски и български стандарти) в трифазни вериги за средно напрежение 6-30 кV, положени във въздух (температура 30°C)

Съоръжение, на което се полагат кабелите	Корекционен коефициент			Корекционен коефициент			Брой на кабелните лавици или стелаж		
	вид	брой системи			вид	брой системи			
		1	2	3		1		2	3
върху земя		0.92	0.89	0.88		0.98	0.96	0.94	
неперфорирани кабелни лавици		0.92	0.89	0.88		0.98	0.96	0.94	1
		0.87	0.84	0.83		0.95	0.91	0.87	2
		0.84	0.82	0.81		0.94	0.90	0.85	3
		0.82	0.80	0.79		0.93	0.88	0.82	6
перфорирани кабелни лавици		1.00	0.93	0.90		1.00	0.98	0.96	1
		0.97	0.89	0.85		0.97	0.93	0.87	2
		0.96	0.85	0.82		0.96	0.92	0.85	3
		0.94	0.85	0.80		0.95	0.90	0.83	6
кабелни стелаж		1.00	0.97	0.96		1.00	1.00	1.00	1
		0.97	0.94	0.93		0.97	0.95	0.93	2
		0.96	0.93	0.92		0.96	0.94	0.90	3
		0.94	0.91	0.90		0.95	0.93	0.87	6
на вертикални платформи или скари на стена		0.94	0.91	0.89		1.00	0.91	0.89	1
		0.94	0.90	0.86		1.00	0.90	0.86	2

Забележка. При полагането на силовите кабели на повърхности и при по-големи разстояния между тях корекция на допустимите токове не се изисква. При случаи, в които кабелите се полагат в тесни помещения и при по-голям брой кабели, трябва да се извършва корекция на допустимия ток в зависимост от температурата на въздуха.

При случаи, в които кабелите се полагат в тесни помещения и при по-голям брой кабели, трябва да се извършва корекция на допустимия ток в зависимост от температурата на въздуха:

температура °C	10	15	20	25	30	35	40	45	50
XLPE изолация	1.15	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82
PVC изолация	1.22	1.17	1.12	1.06	1.00	0.94	0.87	0.79	0.71

Таблицы за допустимо токово натоварване

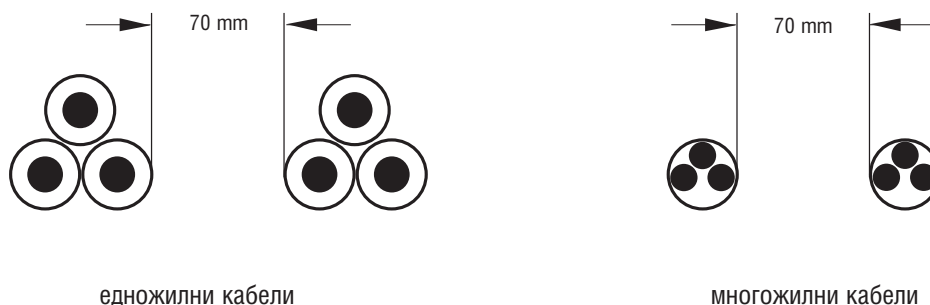
Таблица 13. Коефициенти за преизчисляване на допустимите токове за силови кабели ниско и средно напрежение (по европейски и български стандарти), положени в земята (температура 20°C) при различно натоварване на кабелите

Изоляция	Кабел	Номинално напрежение	Брой кабели или кабелни системи					
			1	2	4	6	8	10
коефициент на натоварване 1								
PVC	многожилен	0,6/1 до 3,6/6 kV	0,81	0,66	0,52	0,46	0,43	0,40
	трижилен	до 6/10 kV	0,82	0,67	0,51	0,45	0,41	0,37
	едножилен	0,6/1 до 3,6/6 kV	0,79	0,65	0,51	0,46	0,42	0,40
	едножилен	до 6/10 kV	0,78	0,62	0,47	0,40	0,36	0,33
XLPE	многожилен	0,6/1 до 18/30 kV	0,83	0,67	0,53	0,47	0,44	0,41
	едножилен	0,6/1 до 18/30 kV	0,81	0,66	0,52	0,47	0,43	0,41
коефициент на натоварване 0,7								
PVC	многожилен	0,6/1 до 3,6/6 kV		0,86	0,71	0,64	0,60	0,57
	трижилен	до 6/10 kV		0,87	0,71	0,63	0,59	0,54
	едножилен	0,6/1 до 3,6/6 kV		0,85	0,70	0,63	0,59	0,56
	едножилен	до 6/10 kV		0,83	0,66	0,57	0,53	0,49
XLPE	многожилен	0,6/1 до 18/30 kV		0,85	0,70	0,63	0,59	0,56
	едножилен	0,6/1 до 18/30 kV		0,85	0,70	0,63	0,58	0,56

Забележка. Посочените стойности на коефициентите са валидни при следните условия:

- температура на земята - 20°C
- термично съпротивление на земята - 1,0 K.m/W
- разстояние между кабелите или кабелните системи - 70 mm

Кабелните системи са изградени по следния начин:



VII. Таблицы за допустимо продължително токово натоварване за проводници, шнурове и кабели с каучукова или пластмасова изолация по Наредба No. 3 от 09.06.2004 г.

Наредба № 3 от 09.06.2004 г. за „Устройството на електрическите уредби и електропроводните линии“ на Министерството на енергетиката и енергийните ресурси е обнародвана в ДВ, брой 90 от 13.10.2004 г. и ДВ, брой 91 от 14.10.2004. В глава трета на тази Наредба, за избор на проводници, кабели и шини по условията на нагряване, в раздел III, допустимите продължителни токове за проводници с каучукова или PVC изолация, шнурове с каучукова изолация и кабели с каучукова и пластмасова изолация в оловна, PVC и каучукова обвивка са посочени в следващите 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 и 21 таблици. Стойностите на токовете се отнасят за температура на жилата +65⁰C, температура на околния въздух +25⁰C и на земята - +15⁰C.

Стойностите за допустимо токово натоварване за проводници, шнурове и кабели при посочените условия на полагане са задължителни при всички случаи, когато не е известен производителят или производителят не е посочил свои нормативни условия. Когато производителят е посочил условията и нормативните документи, с които препоръчва допустимо токово натоварване и се гарантира нормална експлоатация на проводници и кабели, както това е направено в глава VI, посочените таблични данни следва да се приемат за достоверни и да се прилагат. Посочените стойности за допустимия ток в таблици 14 и 15 остават непроменени независимо от броя на тръбите и мястото на полагането им (въздух, фундаменти, настилки или на закрито). При определяне на броя на полаганите проводници в една тръба, неутралният проводник в четирипроводните системи за трифазен ток защитните и заземяващите проводници не се отчитат.

Допустимите продължителни токове за проводници и кабели в затворени канали и на лавици на снопове се приемат: за проводници - съгласно таблици 14 и 15, като за проводници, положени в тръби; за кабели - съгласно таблици 15, 16 и 17 като за кабели, положени във въздух.

При брой на едновременно натоварените проводници над четири, положени в тръби, закрити канали на лавици на снопове, се приемат стойностите на тока съгласно таблици 14 и 15, като за проводници, положени на открито (във въздух), с въвеждане на корекционни коефициенти: за 5 до 6 проводника - 0,68; за 7 до 9 проводника - 0,63; за 10 до 12 проводника - 0,6; за проводниците на вторични вериги корекционни коефициенти не се въвеждат.

Допустимите продължителни токове за проводници и кабели, полагани в закрити канали, се приемат съгласно таблици 15, 16, 17 и 18, като за единични проводници или кабели, положени на открито (във въздуха), се прилагат корекционните коефициенти, посочени в таблица 21. При избора на корекционни коефициенти не се отчитат резервните и контролните проводници и кабели.

Таблица 14: Допустим продължителен ток за проводници и шнурове с каучукова и PVC изолация с медни жила

Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток, А, за проводници, положени					
	открито	в една тръба				
		два 1-жилни	три 1-жилни	четири 1-жилни	един 2-жилен	един 3-жилен
1	2	3	4	5	6	7
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	16	15	14	15	14
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	41	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250
150	440	360	330	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-

Таблицы

Таблица 15: Допустим продължителен ток за проводници и шнурове с каучукова и PVC изолация с алуминиеви жила

Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток, А, за проводници, положени					
	открито	в една тръба				
		два 1-жилни	три 1-жилни	четири 1-жилни	един 2-жилен	един 3-жилен
1	2	3	4	5	6	7
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	28	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-

Таблица 16: Допустим продължителен ток за проводници с медни жила с каучукова изолация и метална защитна обвивка и кабели с медни жила с каучукова изолация в оловна, PVC или каучукова обвивка, бронирани и небронирани

Сечение на тоководещите жила, mm ²	Ток*, А, за проводници и кабели				
	едножилни	двужилни		трижилни	
	при полагане				
	във въздух	във въздух	в земя	във въздух	в земя
1	2	3	4	5	6
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

* Стойностите се отнасят за проводници и кабели със или без неутрално жило

Таблица 17: Допустим продължителен ток за проводници и кабели с алуминиеви жила с каучукова или пластмасова изолация в оловна, PVC или каучукова обвивка, бронирани и небронирани

Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток*, А, за проводници и кабели				
	едножилни	двужилни		трижилни	
	при полагане				
	във въздух	във въздух	в земя	във въздух	в земя
1	2	3	4	5	6
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38

1	2	3	4	5	6
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Забележка. Допустимите продължителни токове за четирижилни кабели с пластмасова изолация за напрежение до 1000 V се избират като за трижилни кабели, умножени с коефициент 0,92.

Таблица 18. Допустим продължителен ток за преносими шлангови кабели (шнурове) - лек, среден и тежък тип, руднични и прожекторни кабели и други преносни проводници с медни жила

Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток*, А, за шнурове, кабели и проводници			Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток*, А, за шнурове, кабели и проводници		
	едножилни	двужилни	трижилни		едножилни	двужилни	трижилни
0,5	-	12	-	10	90	75	60
0,75	-	16	14	16	120	95	80
1,0	-	18	16	25	160	125	105
1,5	-	23	20	35	190	150	130
2,5	40	33	28	50	235	185	160
4	50	43	36	70	290	235	200
6	65	55	45				

Таблица 19. Допустим продължителен ток за преносими шлангови кабели с медни жила и каучукова изолация за подвижни електропотребители

Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток*, А, за кабели с напрежение, kV		Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток*, А, за кабели с напрежение, kV	
	3	6		3	6
16	85	90	70	215	220
25	115	120	95	260	265
35	140	145	120	305	310
50	175	180	150	345	350

* Стойностите се отнасят за шнурове, проводници и кабели със или без неутрално жило

Таблица 20. Допустим продължителен ток за проводници с медни жила с каучукова изолация за електрифицирания транспорт - 1 kV, 3 kV и 4 kV

Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток, А	Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток, А	Сечение на тоководещи жила, mm ²	Ток, А
1,5	25	25	150	150	445
2,5	40	35	185	185	505
4	50	50	230	240	590
6	65	70	285	300	670
10	90	95	340	350	745

Таблица 21. Корекционни коефициенти за кабели, полагани в закрити канали

Начини на полагане	Количество на положените проводници и/или кабели		Корекционен коефициент за проводници, захранващи	
	едножилни	двужилни	отделни електропотребители с коеф. на използване до 0,7	група електропотребители и отделни потребители с коеф. на използване до 0,7
многослойно и на снопове	-	до 4	1,0	-
	2	5+6	0,85	-
	3+9	7+9	0,75	-
	10+11	10+11	0,7	-
	12+14	12+14	0,65	-
	15+18	15+18	0,6	-
еднослойно	2+4	2+4	-	0,67
	5	5	-	0,6

VIII. Допустимо продължително токово натоварване за неизолирани (голи) проводници

Съгласно Наредба No. 3 от 09.06.2004 г. за „Устройството на електрическите уредби и електропроводните линии“, глава трета, раздел IV, допустимите продължителни токове за неизолирани (голи) проводници са посочени при околна температура на въздуха + 25 °C и допустима температура на нагряване на проводниците + 70 °C. Стойностите на токовете са дадени в таблица 22.

Таблица 22: Допустим продължителен ток за неизолирани проводници

Номинално сечение мм ²	Сечение (алуминий /стомана), мм ²	Ток, А, за проводници			
		мед	алуминий	мед	алуминий
		вън от помещение		вътре в помещение	
10	10/1,8	95	-	60	-
16	16/2,7	133	105	102	75
25	25/4,2	183	136	137	106
35	35/6,2	223	170	173	130
50	50/8	275	215	219	165
70	70/11	337	265	268	210
95	95/16	422	320	341	225
120	120/19	485	375	395	300
	120/27				
150	150/19	570	440	465	355
	150/24				
	150/34				
185	185/24	650	500	540	410
	185/29				
	185/43				
240	240/32	760	590	685	490
	240/39				
	240/56				
300	300/39	880	680	740	570
	300/48				
	300/66				
400	400/22	1050	815	895	690
	400/51				
	400/64				
500	500/27	-	980	-	820
	500/64				
600	600/72	-	1100	-	955

IX. Електрически параметри и характеристики на проводници и кабели

Таблица 23. Електрическо съпротивление на токопроводимите жила на кабелите и проводници съгласно IEC 228 и БДС 904 - 84, при 20 °C

Номинално сечение mm ²	Електр. съпротивление на токопроводими жила клас 1, при 20°C, Ω/ km			Електр. съпротивление на токопроводими жила клас 2, при 20°C, Ω/ km			Електр. съпротивление на токопроводими жила класове 5 и 6, при 20°C, Ω/ km	
	медни жила	медни калайдис. жила	алумин. жила	медни жила	медни калайдис. жила	алумин. жила	медни жила	медни калайдисани жила
0,05	347,9	365,3	-	364,5	382,7	-	-	-
0,08	225,3	238,8	-	246,0	258,3	-	-	-
0,12	130,8	138,6	-	157,4	165,3	-	-	-
0,20	88,8	90,4	-	88,8	90,4	-	-	-
0,35	50,7	51,8	-	50,7	51,8	-	-	-
0,50	36	36,7	-	36,0	36,7	-	39	40,1
0,75	24,5	24,8	-	24,5	24,8	-	26	26,7
1,0	18,1	18,2	-	18,1	18,2	-	19,5	20,0
1,50	12,1	12,2	18,1	12,1	12,2	-	13,3	13,7
2,50	7,41	7,56	12,1	7,41	7,56	12,4	7,98	8,21
4,0	4,61	4,70	7,41	4,61	4,70	7,41	4,95	5,09
6,0	3,08	3,11	4,61	3,08	3,11	4,61	3,30	3,39
10	1,83	1,84	3,08	1,83	1,84	3,08	1,91	1,95
16	1,15	1,16	1,91	1,15	1,16	1,91	1,21	1,24
25	0,727	-	1,20	0,727	0,734	1,20	0,78	0,795
35	0,524	-	0,868	0,524	0,529	0,868	0,554	0,565
50	0,387	-	0,641	0,387	0,391	0,641	0,386	0,393
70	0,268	-	0,443	0,268	0,270	0,443	0,272	0,277
95	0,193	-	0,320	0,193	0,195	0,320	0,206	0,210
120	0,153	-	0,253	0,153	0,154	0,253	0,161	0,164
150	0,124	-	0,206	0,124	0,126	0,206	0,129	0,132
185	0,0993	-	0,164	0,0991	0,100	0,164	0,106	0,108
240	0,0775	-	0,125	0,0754	0,0762	0,125	-	-
300	0,0623	-	0,100	0,0601	0,0607	0,100	-	-
400	-	-	-	0,0470	0,0475	0,0778	-	-
500	-	-	-	0,0366	0,0369	0,0605	-	-

Таблица 24. Корекционен коефициент за изчисляване на увеличеното съпротивление на проводниците при температура, по-висока от 20 °C

Температура, °C	30	40	50	60	65	70	75	80	90
Мед	1,093	1,078	1,118	1,157	1,177	1,196	1,216	1,236	1,275
Алуминий	1,040	1,080	1,121	1,161	1,181	1,202	1,221	1,242	1,282

Забележка. Съпротивлението на проводниците при температура, различна от 20 °C, става по формулите:

$$r_{0\theta} = r_{020} \frac{234,5 + \theta}{254,5} \quad \text{за мед} \quad \text{и} \quad r_{0\theta} = r_{020} \frac{228 + \theta}{248} \quad \text{за алуминий,}$$

където θ е температурата на нагетите проводници, °C; $r_{0\theta}$ - съпротивление на проводниците при θ , °C, Ω/km;

r_{020} - съпротивление на проводниците при 20 °C, Ω/km

Таблицы

Таблица 25. Активно съпротивление на проводниците r_0 при медни кабели с изолация от омрежен полиетилен (XLPE) за напрежение от 6 до 30 kV, променлив ток, 50 Hz, при различно разположение на проводниците на фазите, Ω/km .







Ном.напреж. сечение, mm^2	6/10 kV		12/20 kV		18/30 kV	
						
25	0,870	0,872	0,870	0,872	-	-
35	0,671	0,673	0,671	0,672	-	-
50	0,497	0,498	0,496	0,498	0,496	0,497
70	0,345	0,346	0,345	0,346	0,344	0,346
95	0,249	0,251	0,249	0,250	0,249	0,250
120	0,198	0,200	0,198	0,200	0,198	0,199
150	0,163	0,165	0,163	0,165	0,162	0,164
185	0,132	0,134	0,131	0,133	0,131	0,133
240	0,102	0,104	0,101	0,103	0,101	0,103
300	0,082	0,085	0,082	0,084	0,082	0,084
400	0,068	0,071	0,067	0,070	0,067	0,069
500	0,055	0,058	0,055	0,058	0,054	0,057

Таблица 26. Активно съпротивление на проводниците r_0 при алуминиеви кабели с изолация от омрежен полиетилен (XLPE) за напрежение от 6 до 30 kV, променлив ток, 50 Hz, при различно разположение на проводниците на фазите, Ω/km .







Ном.напреж. сечение, mm^2	6/10 kV		12/20 kV		18/30 kV	
						
35	1,120	1,120	1,120	1,120	-	-
50	0,825	0,826	0,825	0,826	0,425	0,826
70	0,571	0,572	0,571	0,572	0,571	0,572
95	0,413	0,415	0,413	0,414	0,413	0,414
120	0,327	0,329	0,327	0,329	0,327	0,328
150	0,269	0,271	0,268	0,270	0,268	0,270
185	0,215	0,217	0,215	0,217	0,214	0,216
240	0,165	0,167	0,165	0,167	0,164	0,166
300	0,133	0,135	0,133	0,135	0,133	0,135
400	0,106	0,109	0,106	0,109	0,106	0,108
500	0,085	0,088	0,084	0,087	0,084	0,087

Таблица 27. Активно съпротивление на проводниците r_0 при медни кабели с изолация от поливинилхлорид (PVC) за напрежение 0,6 до 1 kV, променлив ток, 50 Hz за трижилни кабели, Ω/km .

Сечение, mm^2	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Меден проводник, макс. стойност, Ω/km	3,12	1,85	1,18	0,74	0,54	0,39	0,27	0,20	0,16	0,13	0,11	0,08
Алуминиев проводник, макс. стойност, Ω/km	4,80	3,12	1,95	1,22	0,88	0,65	0,45	0,34	0,27	0,22	0,17	0,13

Таблица 28. Индуктивност L в mH/km за кабели за напрежение 6 до 30 kV с изолация омрежен полиетилен (XLPE) при различно разположение на проводниците на фазите.













Ном.напреж. сечение, mm^2	6/10 kV		12/20 kV		18/30 kV	
						
35	0,45	0,76	0,48	0,76	-	-
50	0,42	0,73	0,45	0,74	0,48	0,75
70	0,39	0,70	0,43	0,70	0,45	0,71
95	0,38	0,67	0,41	0,68	0,43	0,68
120	0,36	0,65	0,39	0,65	0,42	0,66
150	0,35	0,63	0,38	0,63	0,41	0,64
185	0,34	0,61	0,36	0,62	0,39	0,63
240	0,32	0,59	0,35	0,59	0,37	0,60
300	0,31	0,57	0,33	0,58	0,36	0,59
400	0,30	0,55	0,33	0,55	0,34	0,56
500	0,29	0,53	0,31	0,53	0,33	0,54

Таблица 29. Индуктивно съпротивление на проводниците X_0 в Ω/km за кабели с изолация омрежен полиетилен (XLPE) за напрежение 6 до 30 kV променлив ток, 50 Hz, при различно разположение на проводниците на фазите

Ном.напреж. сечение, mm^2	6/10 kV		12/20 kV		18/30 kV	
						
35	0,144	0,158	0,153	0,168	-	-
50	0,136	0,150	0,145	0,159	0,154	0,169
70	0,129	0,143	0,138	0,152	0,147	0,161
95	0,123	0,137	0,131	0,145	0,139	0,154
120	0,118	0,132	0,126	0,140	0,134	0,148
150	0,114	0,128	0,121	0,135	0,129	0,143
185	0,110	0,124	0,117	0,131	0,125	0,139
240	0,105	0,120	0,112	0,126	0,120	0,134
300	0,102	0,116	0,108	0,123	0,115	0,130
400	0,097	0,111	0,103	0,117	0,110	0,124
500	0,094	0,108	0,100	0,114	0,106	0,120

Таблицы

Таблица 30. Индуктивно съпротивление на проводниците X_0 в Ω/km за кабели с изолация омрежен полиетилен (XLPE) за напрежение 6 до 30 kV променлив ток, 50 Hz производство на Елкабел АД - Бургас, от типове СХЕКТ, САХЕКТ, СХЕмТ, САХЕмТ												
Сечение, mm^2		35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
едножилни кабели при трилистно полагане (във върховете на триъгълник)												
кръгло многожилно, уплътнено жило (ку)	3,6/6 kV	0,129	0,124	0,117	0,111	0,108	0,104	0,101	0,097	0,095	0,093	0,090
	6/10 kV	0,134	0,129	0,121	0,115	0,111	0,108	0,104	0,100	0,097	0,094	0,091
	12/20 kV	0,145	0,138	0,131	0,124	0,120	0,116	0,112	0,107	0,103	0,100	0,097
	18/30 kV	0,155	0,148	0,140	0,132	0,128	0,124	0,120	0,114	0,110	0,107	0,103
кръгло плътно жило (кп)	3,6/10 kV	0,134	0,127	0,120	0,114	0,110	0,106	0,103	-	-	-	-
	6/10 kV	0,139	0,132	0,124	0,118	0,114	0,110	0,106	0,102	-	-	-
	12/20 kV	0,149	0,142	0,134	0,127	0,123	0,119	0,114	0,110	-	-	-
	18/30 kV	0,160	0,152	0,144	0,137	0,132	0,127	0,122	-	-	-	-
трижилни кабели												
кръгло жило	3,6/6 kV	0,105	0,101	0,096	0,093	0,090	0,087	0,085	0,082	-	-	-
	6/10 kV	0,112	0,108	0,102	0,097	0,095	0,092	0,089	-	-	-	-
	12/20 kV	0,126	0,121	0,114	0,109	0,106	0,102	0,099	-	-	-	-
<p>Забележка. При едножилни кабели, разположени един до друг хоризонтално, X_0 трябва да се увеличи с около 40 %</p>												
Таблица 31. Индуктивно съпротивление X_0 в Ω/km за трижилни кабели за напрежение 0,6/1 kV, 50 Hz с изолация поливинилхлорид (PVC), производство на Елкабел АД - Бургас, от типове СВТ, САВТ, СВБТ, САВБТ												
Сечение, mm^2	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Индуктивно съпротивление, Ω/km	0,088	0,086	0,079	0,077	0,075	0,069	0,069	0,069	0,066	0,066	0,066	0,066
Таблица 32. Капацитет C за една фаза в $\mu\text{F}/\text{km}$ за кабели с напрежение 6 до 30 kV с изолация от омрежен полиетилен (XLPE) при различни сечения												
сечение, mm^2	Ном.напреж.	6/10 kV			12/20 kV			18/30 kV				
		$\mu\text{ F}/\text{km}$			$\mu\text{ F}/\text{km}$			$\mu\text{ F}/\text{km}$				
35		0,22			0,16			-				
50		0,25			0,18			0,14				
70		0,28			0,20			0,15				
95		0,31			0,22			0,17				
120		0,33			0,23			0,23				
150		0,37			0,25			0,19				
185		0,40			0,27			0,20				
240		0,44			0,30			0,22				
300		0,48			0,32			0,24				
400		0,55			0,36			0,27				
500		0,60			0,40			0,29				

Таблица 33. Капацитивни токове при земни съединения (I_{3c}) на кабелите в А/км за напрежение 6 до 30 кV с изолация от омрежен полиетилен (XLPE) при различни сечения

Ном.напреж.	6/10 кV	12/20 кV	18/30 кV
Сечение mm ²	А/км	А/км	А/км
35	1,2	1,7	-
50	1,4	1,9	2,3
70	1,5	2,1	2,5
95	1,7	2,4	2,7
120	1,9	2,6	2,9
150	2,0	2,7	3,1
185	2,2	3,0	3,3
240	2,4	3,3	3,7
300	2,6	3,5	4,0
400	3,0	4,0	4,4
500	3,3	4,3	4,8

Таблица 34. Допустими капацитивни токове при земни къси съединения в кА през медните екрани при максимална температура на екрана 350 °С, при време до 5 s, при кабели с изолация омрежен полиетилен за напрежение 6 до 30 кV.

Време на късо съединение, s	Допустим ток на късо съединение през екрана, кА		
	сечение на екрана 16 mm ²	сечение на екрана 25 mm ²	сечение на екрана 35 mm ²
0,1	9,7	15,1	21,2
0,2	6,9	10,7	15,1
0,3	5,7	8,9	12,5
0,4	5,0	7,7	10,9
0,5	4,5	7,0	9,8
0,6	4,2	6,4	9,0
0,7	3,9	6,0	8,4
0,8	3,5	5,6	7,9
0,9	3,4	5,3	7,5
1,0	3,3	5,1	7,2
1,5	2,7	4,2	5,9
2,0	2,3	3,6	5,1
3,0	1,9	2,9	4,2
4,0	1,7	2,6	3,6
5,0	1,5	2,3	3,2

Забележка. Сеченията на екрана отговарят на сеченията на проводниците на кабела по следния начин: 16 mm² за кабели 35 до 120 mm²; 25 mm² за кабели 150 до 300 mm²; 35 mm² за кабели 400 и 500 mm².

Таблицы

Таблица 35. Капацитет C в $\mu\text{F}/\text{km}$ и капацитивни токове I_{3c} в A/km при земни съединения при едножилни кабели с кръгло многожично уплътнено жило за напрежение 6 до 30 kV с изолация омрежен полиетилен (XLPE), производство на Елкабел АД - Бургас, от типове СХЕКТ, САХЕКТ, СХЕмТ, САХЕмТ

Номинално напрежение, кV сечение + сечение на екрана, mm^2	3,6/6		6/10		12/20		18/30	
	C	I_{3c}	C	I_{3c}	C	I_{3c}	C	I_{3c}
25 + 16	0,2311	0,783	-	-	-	-	-	-
35 + 16	0,2564	0,870	0,2091	1,182	0,1539	1,740	0,1232	2,088
50 + 16	0,2904	0,984	0,2356	1,332	0,1717	1,941	0,1361	2,310
70 + 16	0,3311	1,122	0,2667	1,509	0,1920	2,172	0,1508	2,559
95 + 16	0,3745	1,272	0,3001	1,698	0,2139	2,418	0,1665	2,826
120 + 16	0,4154	1,410	0,3180	1,797	0,2344	2,652	0,1813	3,075
150 + 25	0,4490	1,524	0,3573	2,022	0,2513	2,841	0,1933	3,279
185 + 25	0,4898	1,662	0,3929	2,223	0,2717	3,072	0,2079	3,525
240 + 25	0,5335	1,809	0,4344	2,457	0,3015	3,411	0,2291	3,888
300 + 25	0,5519	1,872	0,4747	2,685	0,3277	3,705	0,2477	4,203
400 + 35	0,5804	1,968	0,5260	2,973	0,3609	4,083	0,2713	4,602
500 + 35	0,6076	2,061	0,5790	3,273	0,3952	4,470	0,2956	5,016

Таблица 36. Капацитет C в $\mu\text{F}/\text{km}$ и капацитивни токове I_{3c} в A/km при земни съединения при едножилни кабели с кръгло плтно жило за напрежение 6 до 30 kV с изолация омрежен полиетилен (XLPE), производство на Елкабел АД - Бургас, от типове САХЕКТ, САХЕмТ

Номинално напрежение, кV сечение + сечение на екрана, mm^2	3,6/6		6/10		12/20		18/30	
	C	I_{3c}	C	I_{3c}	C	I_{3c}	C	I_{3c}
25 + 16	0,2235	0,759	-	-	-	-	-	-
35 + 16	0,2457	0,834	0,2012	1,137	0,1493	1,689	0,1196	2,028
50 + 16	0,2735	0,927	0,2223	1,257	0,1626	1,839	0,1295	2,196
70 + 16	0,3100	1,053	0,2504	1,416	0,1812	2,049	0,1430	2,424
95 + 16	0,3456	1,173	0,2779	1,572	0,1993	2,253	0,1561	2,646
120 + 16	0,3785	1,284	0,3030	1,713	0,2156	2,436	0,1677	2,844
150 + 25	0,4090	1,389	0,3265	1,953	0,2311	2,613	0,1788	3,033
185 + 25	0,4475	1,518	0,3560	2,013	0,2504	3,829	0,1926	3,267
240 + 25	-	-	0,3935	2,226	0,2768	3,129	0,2102	3,567

Таблица 37. Капацитет C в $\mu\text{F}/\text{km}$ и капацитивни токове I_{3c} в A/km при земни съединения при трижилни кабели с кръгли многожилни уплътнени жила за напрежение 6 до 20 kV с изолация омрежен полиетилен (XLPE), производство на Елкабел АД - Бургас, от типове СХЕмеТ, САХЕмеТ

Номинално напрежение, кV mm^2	3,6/6 кV		6/10 кV		12/20 кV	
	C	I_{3c}	C	I_{3c}	C	I_{3c}
3 X 25	0,2211	0,783	-	-	-	-
3 X 35	0,2564	0,870	0,2088	1,179	0,1537	1,737
3 X 50	0,2904	0,984	0,2350	1,329	0,1711	1,935
3 X 70	0,3311	1,122	0,2667	1,509	0,1920	2,172
3 X 95	0,3745	1,272	0,2983	1,686	0,2127	2,406
3 X 120	0,4154	1,410	0,3297	1,863	0,2332	2,637
3 X 150	0,4490	1,524	0,3563	2,016	0,2511	2,838
3 X 185	0,4898	1,662	0,3886	2,196	0,2717	3,072
3 X 240	0,5335	1,809	-	-	-	-

Таблица 38. Допустима плътност на тока A/mm² при къси съединения за кабели и проводници с медни жила и различна изолация.

Изолация по DIN VDE 0298-4	Допустима работна температура на жилата $\theta_{\text{доп}}$, °C	Допустима температура при къси съединения $\theta_{\text{макс}}$, °C	Температура на жилата в началото на късото съединение, °C													
			180	165	150	135	110	90	85	80	70	60	50	40	30	
			допустима плътност на тока при къси съединения за 1s, A/mm ²													
NR, SR	60	200 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141	147	153	159
EPR	60	250 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	159	165	170	176
PVC - гъвкави проводници до 300 mm ²	70	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109	117	124	131	138
кабели и проводници за неподвижно полагане до 300 mm ² над 300 mm ²	70	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115	122	129	136	143
	70	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	111	118	126	133
CR	85	250 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	146	149	154	159	165	170	176
PVC топлоустойчива	90	150	-	-	-	-	-	-	93	97	101	109	117	124	131	138
безхалогенни полимерни смеси	90	250 ²⁾	-	-	-	-	-	-	143	146	149	154	159	165	170	176
VPE	90	250 ²⁾	-	-	-	-	-	-	143	146	149	154	159	165	170	176
EPR	90	250 ²⁾	-	-	-	-	-	-	143	146	149	154	159	165	170	176
EVA	110	250 ²⁾	-	-	-	-	-	132	143	146	149	154	159	165	170	176
ETFE	135	250 ²⁾	-	-	-	-	118	132	143	146	149	154	159	165	170	176
SIR	180	350 ²⁾	132	139	146	153	164	173	176	178	182	187	192	196	196	201
калайдисани жила	-	200 ¹⁾	49	65	79	91	109	122	125	128	135	141	147	153	159	165
връзки с мек припой	-	160	-	-	36	58	83	100	104	108	115	122	129	136	143	150

¹⁾ При връзки с мек припой температурата се ограничава на 160 °C.

²⁾ При калайдисани жила температурата се ограничава на 200 °C и при връзки с мек припой на 160 °C.

Забележка. NR - Натурален каучук; SR - Синтетичен каучук; CR - Хлоропрен-каучук; SIR - Силикон - каучук; EPR - Етилен - Пропилен каучук (EPM) или Етилен - Пропилен - Диен - каучук (EPDM); PVC - Поливинилхлорид; VPE - Омрежен полиетилен; ETFE - Етилен - Тетрафлуоретилен; EVA - Етилен - Виналацетат - Кополимер

Таблица 39. Допустима плътност на тока A/mm² и допустима максимална температура на проводниците при къси съединения за кабели и проводници с алуминиеви жила и изолация от омрежен полиетилен (XLPE) и поливинилхлорид (PVC)

Изолация	Допустима температура на жилата при къси съединения $\theta_{\text{мах}}$, °C	Температура на жилата в началото на късото съединение, °C								
		90	80	70	60	50	40	30	20	
		допустима плътност на тока при къси съединения A/mm ² за продължителност на к.с. 1 s.								
омрежен полиетилен (XLPE)	250	94	98	102	105	109	113	116	120	
поливинилхлорид (PVC)	сечение $\leq 300 \text{ mm}^2$	160	-	-	76	81	85	90	95	99
	сечение $\geq 300 \text{ mm}^2$	140	-	-	68	73	78	83	88	93

Таблицы

Таблица 40. Допустим ток в кА през жилата в зависимост от времето на късото съединение, при кабели за напрежение 6 до 30 кV, изолация омрежен полиетилен (XLPE), при температура преди началото на к.с. 90 °C и максимална температура при к.с. 250 °C, за медни проводници

Допустим ток на късо съединение, кА															
време на к.с., s сечение, mm ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
25	11,3	8,0	6,5	5,7	5,1	4,6	4,3	4,0	3,8	3,6	2,9	2,5	2,1	1,8	1,6
35	15,8	11,2	9,1	7,9	7,1	6,5	6,0	5,6	5,3	5,0	4,1	3,5	2,9	2,5	2,2
50	22,6	16,0	13,1	11,3	10,1	9,2	8,5	8,0	7,5	7,2	5,8	5,1	4,1	3,6	3,2
70	31,7	22,4	18,3	15,8	14,2	12,9	12,0	11,2	10,6	10,0	8,2	7,1	5,8	5,0	4,5
95	43,0	30,4	24,8	21,5	19,2	17,5	16,2	15,2	14,3	13,6	11,1	9,6	7,8	6,8	6,1
120	54,3	38,4	31,3	27,1	24,3	22,2	20,5	19,2	18,1	17,2	14,0	12,1	9,9	8,6	7,7
150	67,8	48,0	39,2	33,9	30,3	27,7	25,6	24,0	22,6	21,5	17,5	15,2	12,4	10,7	9,6
185	83,7	59,2	48,3	41,8	37,4	34,2	31,6	29,6	27,9	26,5	21,6	18,7	15,3	13,2	11,8
240	108,5	76,7	62,7	54,3	48,5	44,3	41,0	38,4	36,2	34,3	28,0	24,3	19,8	17,2	15,3
300	135,7	95,9	78,3	67,8	60,7	55,4	51,3	48,0	45,2	42,9	35,0	30,3	24,8	21,5	19,2
400	180,9	127,9	104,4	90,4	80,9	73,8	68,4	64,0	60,3	57,2	46,7	40,4	33,0	28,6	25,6
500	226,1	159,9	130,5	113,1	101,1	92,3	85,5	79,9	75,4	71,5	58,4	50,6	41,3	35,8	32,0

Таблица 41. Допустим ток в кА през жилата в зависимост от времето на късото съединение, при кабели за напрежение 6 до 30 кV, изолация омрежен полиетилен (XLPE), при температура преди началото на к.с. 90 °C и максимална температура при к.с. 250 °C, за алуминиеви проводници

Допустим ток на късо съединение, кА															
време на к.с., s сечение, mm ²	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
25	7,4	5,3	4,3	3,7	3,3	3,0	2,8	2,6	2,5	2,4	1,9	1,7	1,4	1,2	1,1
35	10,4	7,4	6,0	5,2	4,7	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3	2,7	2,3	1,9	1,6	1,5
50	14,9	10,5	8,6	7,4	6,6	6,1	5,6	5,3	5,0	4,7	3,8	3,3	2,7	2,4	2,1
70	20,8	14,7	12,0	10,4	9,3	8,5	7,9	7,4	6,9	6,6	5,4	4,7	3,8	3,3	2,9
95	28,2	20,0	16,3	14,1	12,6	11,5	10,7	10,0	9,4	8,9	7,3	6,3	5,2	4,5	4,0
120	35,7	25,2	20,6	17,8	16,0	14,6	13,5	12,6	11,9	11,3	9,2	8,0	6,5	5,6	5,0
150	44,6	31,5	25,7	22,3	19,9	18,2	16,9	15,8	14,9	14,1	11,5	10,0	8,1	7,1	6,3
185	55,0	38,9	31,7	27,5	24,6	22,5	20,8	19,4	18,3	17,4	14,2	12,3	10,0	8,7	7,8
240	71,3	50,4	41,2	35,7	31,9	29,1	27,0	25,2	23,8	22,6	18,4	16,0	13,0	11,3	10,1
300	89,2	63,1	51,5	44,6	39,9	31,4	33,7	31,5	29,7	28,2	23,0	19,9	16,3	14,1	12,6
400	118,9	84,1	68,6	59,5	53,2	48,5	44,9	42,0	39,6	37,6	30,7	26,6	21,7	18,8	16,8
500	148,6	105,1	85,8	74,3	66,5	60,7	56,2	52,5	49,5	47,0	38,4	33,2	27,1	23,5	21,0

Таблица 42. Допустим ток през жилата в кА за времетраене на късото съединение 1s., при кабели с напрежение 0,6 /1кV, изолации поливинилхлорид (PVC) и омрежен полиетилен (XLPE), проводници от мед или алуминий.

Допустим ток на късо съединение кА за време 1s				
сечение, mm ²	изолация PVC		изолация XLPE	
	температура на жилото преди к. с. 70 °C допустима температура на жилото при к. с. 160 °C		температура на жилото преди к. с. 90 °C допустима температура на жилото при к. с. 250 °C	
	проводници		проводници	
	медни	алуминиеви	медни	алуминиеви
1,5	0,17	-	0,21	-
2,5	0,29	-	0,36	-
4	0,46	-	0,57	-
6	0,69	-	0,86	-
10	1,15	-	1,43	-
16	1,84	-	2,29	-
25	2,88	1,90	3,57	2,35
35	4,03	2,66	5,01	3,29
50	5,75	3,80	7,15	4,70
70	8,05	5,32	10,01	6,58
95	10,93	7,22	13,59	8,93
120	13,80	9,12	17,16	11,28
150	17,25	11,40	21,45	14,10
185	21,27	14,06	26,46	17,39
240	27,60	18,24	34,32	22,56
300	30,90	20,40	42,90	28,20
400	41,20	27,20	57,20	37,60
500	51,50	34,00	71,50	47,00

X. Електрически параметри и характеристики на неизолирани (голи) проводници

Въздушните електропроводни линии (ВЛ) се изпълняват с неизолирани проводници изготвени от един или два метала. Проводниците от един токопроводящ метал се произвеждат от мед, алуминий, бронз или стомана. Проводниците произведени от два метала имат токопроводяща част, изработена от алуминий или бронз и носеща - стомана.

Неизолираните проводници за ВЛ имат в означението си буквено - числени символи. Буквата в означението показва метала от който е изготвен проводника, а числото - стандартното му сечение.

ВЛ се изпълняват предимно със стомано-алуминиев проводник. Според съотношението между алуминий и стомана, стомано-алуминиевите проводници са: нормални (АС), усилен (АСУ) и облекчени (АСО).

Конструктивните характеристики на проводниците за ВЛ са дадени в табл. 43, на мълниезащитни въжета - в табл. 44, а електрическите им характеристики в табл. 45, 46, 47.

Таблица 43: Конструктивни характеристики на неизолирани многожични стомано-алуминиеви проводници

Тип и сечение	Изчислено сечение		Тегло на проводника N/km на проводника	Приведена сила от собствената маса, N/m mm ²	Диаметър на проводника, mm
	Алуминиева част, mm ²	Стоманена част, mm ²			
АС - 25	22,80	3,80	902	0,0339	6,60
АС - 35	36,90	6,20	1383	0,03208	8,40
АС - 50	48,30	8,0	1923	0,03414	9,60
АС - 70	68,00	11,30	2698	0,03402	11,40
АС - 95	95,40	15,90	3708	0,03331	13,50
АС - 120	115,00	22,00	4826	0,03522	15,20
АС - 150	148,00	26,60	6053	0,03467	17,00
АС - 185	181,00	34,40	7564	0,03512	19,00
АС - 240	238,00	43,10	9780	0,03479	21,60
АС - 300	295,00	56,30	12331	0,03510	24,20
АС - 400	395,00	72,20	16284	0,03485	28,00
АСО - 150	148,00	17,20	5484	0,03307	16,60
АСО - 185	181,00	22,00	6739	0,03320	18,40
АСО - 240	243,00	31,70	9192	0,03346	21,60
АСО - 300	291,00	37,20	10771	0,03284	23,50
АСО - 400	392,00	49,50	14725	0,03335	27,20
АСО - 500	482,00	59,70	18011	0,03325	30,20
АСО - 600	578,00	72,20	21640	0,03328	33,10
АСО - 700	712,00	93,30	27036	0,03357	37,10
АСУ - 120	116,00	26,60	5199	0,03646	15,50
АСУ - 150	147,00	34,40	6651	0,03666	17,50
АС У- 185	185,00	43,....0	8838	0,03655	19,60
АСУ - 240	241,00	56,30	10899	0,03666	22,40
АСУ - 300	297,00	72,20	13636	0,03693	25,20
АСУ - 400	400,00	93,30	18050	0,03660	29,00

Таблица 44: Конструктивни характеристики на неизолирани многожични стоманени проводници за мълниезащитни въжета

Тип и сечение на проводника	Изчислено сечение, mm ²	Брой и номинален диаметър на жичките, mm	Диаметър на проводника, mm	Приведена сила от собствената маса N/km
С - 25	29,30	19 x 1,40	7,0	2442
С - 35	33,40	19 x 1,50	7,50	2796
С - 50	48,30	19 x 1,80	9,00	4032
С - 70	72,20	19 x 2,20	11,00	6033
С - 100	100,90	19 x 2,60	13,00	8780
С - 150	153,00	19 x 3,20	16,00	12753
С - 120	197,00	37 x 2,60	18,20	16265

**Таблица 45: Активно (r_0) и индуктивно (x_0) съпротивление за 1 km ВЛ за СН и НН с медни (М),
алуминиеви (А) и стоманено-алуминиеви (АС) проводници, Ω/km**

Вид и сечение на проводника	Активно съпротивление r_0 за		Индуктивно съпротивление x_0 при средно геометрично разстояние между проводниците - Dcp mm				
	М	А, АС	600	1000	1500	2000	2500
М - 16, А - 16	1,2	1,98	0,36	0,40	0,41	0,44	0,45
М - 25, А - 25	0,74	1,28	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44

Таблицы

Таблица 45 - продължение

Вид и сечение на проводника	Активно съпротивление r_0 за		Индуктивно съпротивление x_0 при средно геометрично разстояние между проводниците - D_{cp} mm				
	M	A, AC	600	1000	1500	2000	2500
M - 35, A - 35	0,54	0,92	0,33	0,37	0,39	0,41	0,42
M - 50, A - 50	0,39	0,64	0,32	0,36	0,38	0,40	0,41
M - 70, A - 70	0,28	0,46	0,31	0,34	0,37	0,39	0,40
M - 95, A - 95	0,20	0,33	0,30	0,33	0,36	0,37	0,39
AC - 16		2,06	0,35	0,39	0,41	0,43	0,44
AC - 25		1,38	0,34	0,37	0,40	0,42	0,43
AC - 35		0,85	0,33	0,36	0,38	0,41	0,42
AC - 50		0,65	0,32	0,35	0,37	0,39	0,40
AC - 70		0,46	0,31	0,34	0,36	0,38	0,40
AC - 95		0,33	0,30	0,33	0,35	0,37	0,39

Таблица 46: Активно (r_0) и индуктивно (x_0) съпротивление за стоманено-алуминиеви (AC), облекчени (ACO) и усиленни (ACU) проводници за ВЛ за ВН с един проводник на фаза Ω/km

Стандартно сечение на проводника, mm^2	Активно съпротивление, Ω/km	Индуктивно съпротивление x_0 при средно геометрично разстояние между проводниците на стълба D_{cp} mm									
		3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	
70	0,46	0,42	0,43	0,43	0,44						
95	0,33	0,41	0,42	0,43	0,43						
120	0,27	0,40	0,41	0,42	0,42						
150	0,21	0,39	0,40	0,41	0,42						
185	0,17	0,39	0,40	0,40	0,41	-					
240	0,132	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41	0,41	0,42	0,42	0,43	
300	0,107	0,37	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	0,42	0,42	
400	0,080	0,36	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41	
500	0,066	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	

Таблица 47: Капацитивна (b_0) проводимост на стоманено-алуминиеви (AC), облекчени (ACO) и усиленни (ACU) проводници за ВЛ за ВН с един проводник на фаза, $\text{S}/\text{km} \cdot 10^{-6}$

Стандартно сечение на проводника	Капацитивна проводимост - b_0 , при средно-геометрично разстояние между проводниците на стълба D_{cp} , mm									
	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	
70	2,72	2,70	2,62	2,58						
95	2,79	2,73	2,68	2,64						
120	2,85	2,79	2,74	2,69						
150	2,90	2,84	2,79	2,74						
185	2,96	2,89	2,84	2,79						
240	3,03	2,96	2,90	2,85	2,80	2,77	2,73	2,70	2,67	
300	3,07	3,00	2,94	2,89	2,84	2,80	2,76	2,74	2,71	
400	3,15	3,08	3,01	2,96	2,91	2,87	2,83	2,80	2,77	
500	3,21	3,13	3,07	3,01	2,96	2,92	2,88	2,85	2,82	

Параметри

- активно съпротивление:

- един проводник на фаза $R = r_0 l, \Omega$; r_0 активно съпротивление за 1km
- сноп от n проводници - $R = \frac{r_0 l}{n}, \Omega$

- индуктивно съпротивление:

- един проводник на фаза - $X = x_0 l = (0,0157 + 0,144 \log \frac{2D_{cp}}{d}) l$
- сноп от n проводници - $X = x_0 l = (\frac{0,0157}{n} + 0,144 \log \frac{2D_{cp}}{d_{екв}}) l$

където D_{cp} е средно геометрично разстояние между фазовите проводници, mm

d - диаметър на единичния проводник, mm

$d_{екв}$ - еквивалентния диаметър на сноповия проводник, mm

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}$$

D_{12}, D_{13}, D_{23} - разстояние между фазовите проводници, mm

$$d_{екв} = 2 \sqrt{\frac{d}{2} a_{cp}^{n-1}}$$

a_{cp} - ср.г.р. между проводниците на снопа, mm

- активна проводимост - $G = \frac{\Delta P_{кор}}{U_H^2}$; $\Delta P_{кор}$ - загуби на мощност от корониране на цялата въздушна линия

- капацитивна проводимост
- един проводник на фаза - $B = b_0 l = \frac{7,59 \cdot 10^{-6}}{\log \frac{2D_{cp}}{d}}$, (b_0 - S/km)

- сноп проводници - $B = \frac{7,59 \cdot 10^{-6}}{\log \frac{2D_{cp}}{d_{екв}}}$

XI. Избиране на сечението на кабели и проводници

Основни параметри на кабелите

- **Номинално напрежение** - Отбелязва се с U_0/U , при което U_0 е номиналното напрежение между проводника и металната обвивка или земята, а U е номиналното напрежение между проводниците на фазите и за трифазна система $U = \sqrt{3} \cdot U_0$. Данните за номиналното напрежение и максимално допустимо напрежение U_m за силови кабели са дадени в таблицата.

Номинални напрежения на кабелите, kV	Номинално междуфазно напрежение при трифазни системи, kV	Максимално допустимо междуфазно напрежение при трифазни системи, kV
0.6/1	1	1.2
3.6/6	6	7.2
6/10	10	12
12/20	20	24
18/30	30	36

- **Номинален ток - най-големият (допустимият) ток** $I_{\text{доп}}$ при продължителен режим на работа. Данни за $I_{\text{доп}}$ при различни условия се дават в табл.1 до 22.
- **Ток на късо съединение** - токът, протичащ през кабела при рязко падане съпротивлението на изолационната система. Когато е известен т.к.с. и времето за действието му, се определя сечение по **термична устойчивост** на кабелите. Изходните данни за изчисления се дават в табличен вид - табл. 23 до 41.

Основни характеристики на кабелите

- **Специфично съпротивление** ρ_θ - определя се от температурата на жилата

$$\rho_\theta = \rho_{20} [1 + \alpha(\theta - 20)], \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}, \quad (1-1)$$

където ρ_{20} е специфичното съпротивление на материала на проводника при 20 °C; α е температурен коефициент на съпротивлението, който за медта е 0,00393 за 1°C, а за алуминия 0,004.

- **Съпротивлението на токопроводимите жила** r_0 - при постоянен ток, при 20 °C се дава в табл. 23. При променлив ток се отчита и въздействието на електромагнитните полета на проводниците при протичане на тока - табл. 25, 26, 27.
- **Индуктивно съпротивление** X_0 - на кабелите се дава в табл. 28 до 31. То зависи от конструкцията на кабелите (едножилни, трижилни и др.), от разположението на жилата едно спрямо друго - в триъгълник или хоризонтално, от напрежението и честотата.

$$X_0 = L \cdot \omega, \Omega/\text{km}, \quad (1-2)$$

където L е индуктивността на кабела, mH/km; ω - ъглова честота (при 50 Hz, $\omega = 314$).

- **Капацитетът на кабелите** C - за фазов проводник се дава в табл. 32, 35, 36 и 37. Той зависи от диелектричните качества на изолацията, конструкцията, размерите на жилата и напрежението на кабела. Капацитетът обуславя капацитивната проводимост - при земно късо съединение възникват капацитивни токове $I_{\text{зс}}$, които също се дават в таблици. Тези токове се вземат предвид при различни схеми за СрН, за защита от токове на земни съединения:

$$I_{\text{зс}} = 3\omega C U_\phi, \text{ A/km} \quad (1-3)$$

Избиране на сечението на кабели и проводници

XII-1. Избиране на сечението на силови кабели за мрежи средно напрежение

1.1. Избиране на сечението по допустимо нагряване

За всяко сечение на кабела за СрН се дават стойностите в табличен вид за допустимия ток $I_{\text{доп}}$, който може да се пропусне през него, с отчитане начина на полагане (в земя, във въздух), колко жилни са кабелите, броят на паралелно полаганите кабели, температурата на околната среда и конфигурацията на полагането.

$$\text{Трябва: } I_{\text{доп}} \geq I_{\text{м}} \quad (1-4)$$

Когато силовите кабели се полагат по трасета, които имат различни условия на охлаждане, сечението им се избира за участъка с най-неблагоприятно охлаждане, ако дължината му е повече от 10 m.

1.2. Избиране сечението на кабели по условие за термична устойчивост при късо съединение.

Допустимото стандартно сечение за кабелите по термична устойчивост трябва да бъде:

$$S_{\text{т}} \geq S_{\text{изч}} = I_{\infty} \cdot 10^3 \sqrt{\frac{t_{\phi}}{A_{\text{макс}} \cdot A_{\text{н}}}}, \quad (1-5)$$

където I_{∞} е трайният ток на к.с., който протича през кабела, kA;

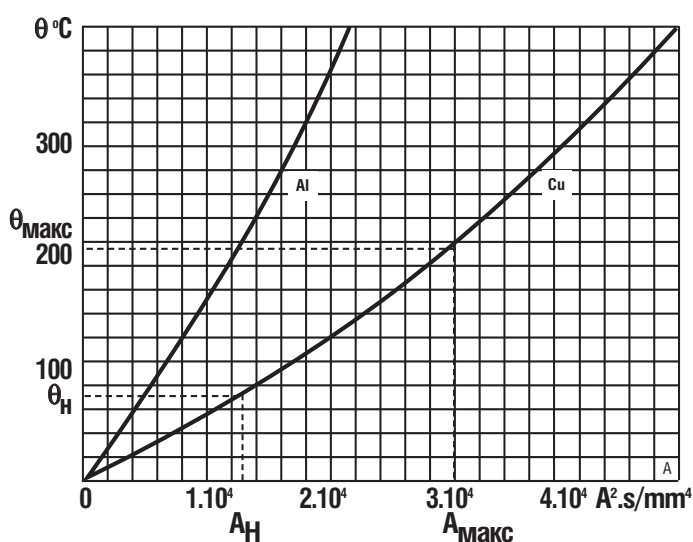
t_{ϕ} - фиктивното (еквивалентното) време на к.с., s;

$S_{\text{изч}}$ - изчисленото сечение на кабела, mm²;

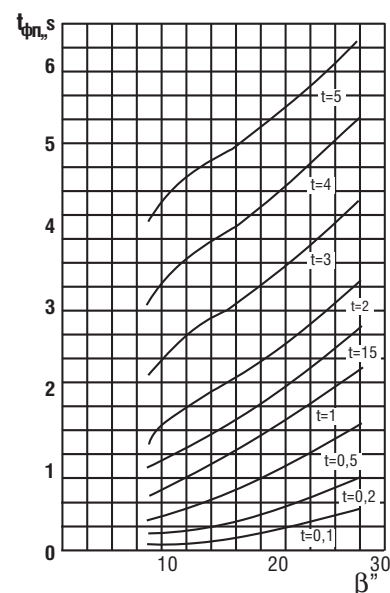
$A_{\text{н}}$, $A_{\text{макс}}$ са константи с дименсия A².s/mm⁴, определени по **фиг. 1** за алуминиеви и медни проводници в зависимост от началната температура на кабела преди к.с. $\theta_{\text{н}}$ и крайната допустима температура на кабела $\theta_{\text{макс}}$ за дадения вид кабел след к.с.; за начална температура $\theta_{\text{н}}$ може да се приеме продължително допустимата температура на нагряване на кабела $\theta_{\text{доп}}$, когато избраното сечение по $I_{\text{доп}}$ и т.к.с. са близки, или да се коригира $A_{\text{н}}$ за температура $\theta_{\text{н}}$ в зависимост от големината на продължителния ток $I_{\text{м}}$ по формулата:

$$\theta_{\text{н}}' - \theta_{\text{н}} = (\theta_{\text{доп}} - \theta_{\text{н}}) \left(\frac{I_{\text{м}}}{I_{\text{доп}}} \right)^2, \quad (1-6)$$

където $\theta_{\text{н}}$ е температурата на средата (в земя - 20 °С, за въздух - 30 °С), за която е определен $I_{\text{доп}}$



фиг.1



фиг.2

Избиране на сечението на кабели и проводници

Фиктивното (еквивалентното) време на к.с. се определя от фиктивните времена на периодичната ($t_{\text{фп}}$) и аperiодичната ($t_{\text{фа}}$) съставки на тока на к.с.:

$$t_{\text{ф}} = t_{\text{фп}} + t_{\text{фа}} \quad (1-7)$$

Действителното време $t_{\text{д}}$, през което кабелът се намира в режим на късо съединение, е сума от времето на заработване на релейната защита ($t_{\text{рз}}$) и времето за изключване на прекъсвача ($t_{\text{пр}}$):

$$t_{\text{д}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{пр}} \quad (1-8)$$

Когато действителното време $t_{\text{д}}$ е по-малко от 5 s, $t_{\text{фп}}$ се определя по **фиг. 2** в зависимост от $t_{\text{д}}$ и β'' .

Отношението $\beta'' = I''/I_{\infty}$, където I'' е началният свръхпреходен ток, I_{∞} е трайният ток на к.с.

Когато $t_{\text{д}} > 5$ s, $t_{\text{фп}}$ се изчислява:

$$t_{\text{фп}} = t_{\text{ф5}} + (t_{\text{д}} - 5), \quad (1-9)$$

където $t_{\text{ф5}}$ е определено по **фиг. 2** за $t_{\text{д}} = 5$ s.

Ако късото съединение се захранва от източник с безкрайна мощност, то $t_{\text{фп}} = t_{\text{д}}$.

Фиктивното време на аperiодичната съставка се изчислява:

$$t_{\text{фа}} = 0,005 \cdot (\beta'')^2 \quad (1-10)$$

При $t_{\text{д}} > 1$ s, $t_{\text{фа}}$ се пренебрегва.

По **термична устойчивост** се избират сеченията на кабели, захранвани с релейна защита. Ако защитата е с предпазители, сечението не се избира по термична устойчивост, понеже вложката се стопява за много кратко време (0,008s) и кабелите не се нагряват недопустимо.

В зависимост от изолацията и проводниците (мед или алуминий) на силовите кабели данните за продължително допустимата температура на нагряване $\theta_{\text{доп}}$, °C (при работен режим) и максимално допустимата температура за нагряване при ток на късо съединение $\theta_{\text{макс}}$, °C (авариен режим), плътността на тока A/mm² за време 1 s за оразмеряване при т.к.с. са дадени в **табл. 38 и 39** при различни температури на проводниците $\theta_{\text{н}}$ в началото на късото съединение. Чрез плътността на тока за различни сечения на проводниците и време на късо съединение се определя допустимият ток на късо съединение в **табл. 40, 41**.

При сегашния състав на генериращите мощности у нас, използваният до сега метод с фиктивното (еквивалентното) време $t_{\text{ф}}$ за определяне на сечение по термична устойчивост не е достатъчно коректен. Използва се и друг метод, с който се определя сечението по термична устойчивост по-точно и с достатъчен запас от сигурност.

При този метод се използва **топлинният импулс $B_{\text{к}}$** , който представлява Джаулов интеграл на количеството топлина за действителното време $t_{\text{д}}$, през което протича токът на късото съединение през съоръжението.

Кабелът ще е термично устойчив при к.с., когато:

$$I_{\text{тy}}^2 \cdot t_{\text{тy}} \geq B_{\text{к}}, \text{ A}^2 \cdot \text{s}, \quad (1-11)$$

където $I_{\text{тy}}$ и $t_{\text{тy}}$ са нормираният ток (от таблици) на термична устойчивост и нормираното допустимо време за неговото протичане ($t_{\text{тy}}$ е в границите от 1 до 5s).

За електрически уредби СрН, за които се използват разглежданите кабели, може да се счита, че генериращите мощности са достатъчно отдалечени и к.с. се захранва практически от източник с „безкрайна“ мощност (твърдо напрежение).

За тези уредби за СрН изчисляването на $B_{\text{к}}$ е:

$$B_{\text{к}} = I_{\infty}^2 \cdot (t_{\text{д}} + T_{\text{а}}), \quad (1-12)$$

където $T_{\text{а}}$ е времекопстанта на затихване на аperiодичната съставка на тока на к.с. и за подстанции на СрН има стойност $T_{\text{а}} \approx 0,05$ s.

Така изчисленият **топлинен импулс** има най-голямата възможна стойност за осигуряване на съоръженията.

Сечението по термична устойчивост ще бъде:

$$S_{\text{тy}} \geq S_{\text{изч}} = \sqrt{\frac{B_{\text{к}}}{A_{\text{макс}} - A_{\text{н}}}} \quad (1-13)$$

$A_{\text{макс}}$ и $A_{\text{н}}$ се определят по **фиг.1**.

Избиране на сечението на кабели и проводници

Допустимият ток на късо съединение при различно време t_d (s) за протичането му и при различно сечение за кабели за средно напрежение 6 до 30 kV и изолация от омрежен полиетилен (XLPE), при допустима температура на нагряване на жилата 90 °C при нормален режим и максимално допустима температура на нагряване при късо съединение 250 °C, може да се проверява чрез данните в **табл. 40 и 41**.

Когато трябва да се определи допустимият ток в kA при к.с. за друго действително време t_d (s) за действие на т.к.с. се постъпва така:

- за произволно избрано t_d от таблиците се отчита допустимият ток при к.с. I , kA;
- изчислява се $I^2 \cdot t_d$, A²s;
- избира се желаното ново време - t_x , s;
- токът на к.с. I_x , допустим при това време t_x , ще бъде:

$$I_x = \sqrt{\frac{I^2 t_d}{t_x}}, \text{ kA} . \quad (1-14)$$

Когато е избрано $t_d = 1$ s, $I_x = \sqrt{\frac{I^2}{t_x}}$, kA. (1-15)

Когато протичащият през кабела т.к.с., определен от параметрите на електроснабдителна система, е по-малък от I_x при времето t_x , кабелът е устойчив по условието за **термична устойчивост**. Проверката е направена по метода на **топлинния импулс**.

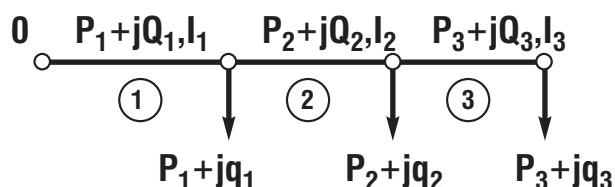
При къси съединения е възможно да протичат токове през медния екран. Сечението на медните екранирани проводници е 16 mm² при сечение на токопроводимите жила от 35 до 120 mm², 16 или 25 mm² при 150 до 240 mm², 25 mm² при 300 mm² и 35 mm² при 400 до 500 mm².

Токовете на къси съединения, които се допускат да протичат през екрана със сечение 16, 25 и 35 mm², при различно време на протичането им са дадени в **табл. 34**.

1.3. Избиране сечението на кабели по допустима загуба на напрежение.

(изчисляването е валидно и за кабели НН)

На кабелен електропровод **фиг. 3** са известни товарите ($p_i + jq_i$) и дължините на участъците l_i .



фиг.3

Сечението на кабелите се определя по следния ред:

1. Изчисляват се протичащите мощности в участъците 1, 2 и 3:

$$P_3 = p_3, \quad Q_3 = q_3; \quad P_2 = P_3 + p_2, \quad Q_2 = Q_3 + q_2; \quad P_1 = P_2 + p_1, \quad Q_1 = Q_2 + q_1$$

Избиране на сечението на кабели и проводници

2. Уточнява се допустимата загуба на напрежение: за СрН - ΔU_d е $6 \div 8$ %; за НН - ΔU_d е 5%; за еднофазни потребители за НН, ΔU_d е 3%.

3. Изчислява се загубата на напрежение в именовани единици:

$$\Delta U_d = \frac{\Delta U_d \% \cdot U}{100} \quad (1-16)$$

4. Намира се загубата на напрежение в индуктивното съпротивление на кабелния електропровод:

$$\Delta U_p = \frac{\sum_1^3 Q_i \cdot J_i}{U_n} \cdot x_0, \quad (1-17)$$

където X_0 може да се приеме за кабели СрН 0,115 Ω/km , а за кабели НН - 0,075 Ω/km .

5. Определя се активната компонента на допустимата загуба на напрежение:

$$\Delta U_{ад} = \Delta U_d - \Delta U_p \quad (1-18)$$

6. Изчислява се сечението на кабелите при условие постоянно сечение за целия електропровод:

$$s = \frac{\rho \sum_1^3 P_i l_i}{\Delta U_{ад} U_n} \quad (1-19)$$

7. Избира се стандартно сечение, по-голямо от изчисленото.

8. Изчислява се за проверка действителната загуба на напрежение:

$$\Delta U = \frac{\sum_1^3 P_i l_i r_0}{U_n} + \frac{\sum_1^3 Q_i l_i x_0}{U_n} \leq \Delta U_d, \quad (1-20)$$

където r_0 и x_0 са действителните стойности за стандартното сечение, отчетени от таблици.

9. При най-често срещаните случаи кабелът се използва само за един участък, при което изчислението се опростява.

10. Изчислението за сечението на кабелите, когато се предпочита да бъде различно в отделните участъци, може да се проведе по методите минимален разход на метал или минимална загуба на мощност или електрическа енергия.

Важно. Дължините на кабелните линии в разпределителните мрежи СрН не са големи и загубите на напрежение в тях са малки. Нормално е избраното сечение по един от първите два критерия да удовлетворява условието за допустима загуба на напрежение, за което следва само да се направи проверка.

Избиране на сечението на кабели и проводници

1.4. Избиране сечението на кабелите по икономична плътност на тока.

Сечението по икономична плътност се определя с израза:

$$S_{ик} = \frac{I_M}{j_{ик}}, \text{ mm}^2, \quad (1-21)$$

където I_M е максималният продължителен ток при нормален режим на работа, А;
 $j_{ик}$ - икономична плътност на тока, А/мм².

Поради икономическата обстановка в страната през последните години, характеризираща се с постоянно изменение на стойностите на материалите и работната ръка за изграждане на кабелни електропроводи на цената на електрическата енергия и лихвените проценти на кредитите, не могат да се изчисляват стабилни стойности за $j_{ик}$. Затова този метод временно не се използва.

Заклучение. За сечение на кабелите се избира най-голямото, получено по горните методи.

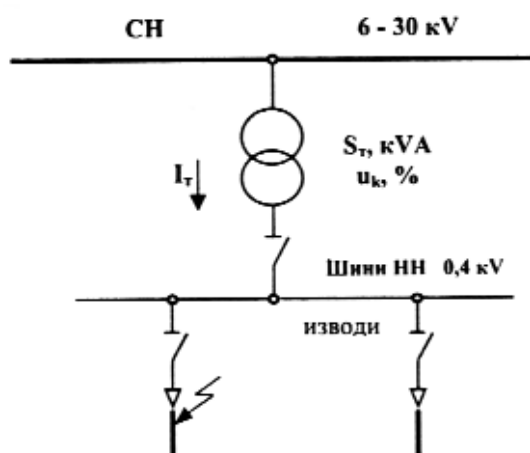
XII-2. Избиране на сечението на силови кабели и проводници за мрежи ниско напрежение

2.1. Избиране на сечението по допустимо нагряване.

За всяко сечение на кабели и проводници за НН в табл. 1 до 10 и табл.13 до 22 са дадени стойности за допустимия ток $I_{доп}$, който може да премине през тях с отчитане броя им и начините на полагане, броя на паралелните кабели и разстоянието между тях, полагане в земя, на открит въздух, по скари, лавици, температурата на околната среда и др.

Трябва: $I_{доп} \geq I_M$ (1-22)

Допустимото нагряване трябва да се осигурява и в **кратковременен режим на късо съединение** при спазване на максимално допустимата температура на нагряване. Това условие изисква съгласуване на тока на зареждане на защитата така, че изключването на т.к.с. да стане толкова бързо, че кабелът или проводниците да не се нагряят недопустимо. В действителност така се изпълнява условието за проверка на кабелите и проводниците по **термична устойчивост**. Наредбите и правилниците допускат у нас в електрическите мрежи за НН да не се прави тази проверка. При съмнения, че условието за термична устойчивост не се изпълнява, проверката следва да се направи по описания метод за кабели СрН (т.1.2). Допустимият ток на късо съединение в kA за време 1 s, за кабели ниско напрежение 0,6/1 kV с изолация поливинилхлорид (PVC) и с омрежен полиетилен (XLPE) е даден в табл. 42.



фиг.4

Избиране на сечението на кабели и проводници

Проверката става по следния ред:

1. Определя се токът на късо съединение на шини НН в подстанцията по данните от електроснабдителната система. Когато такива данни липсват, изчисленията се правят по следния начин (по **фиг. 4**).
2. От мощността на трансформатора се изчислява номиналният му ток:

$$I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3}U_n}, A \quad (1-23)$$

3. Приема се, че мощността на късо съединение на шините на подстанцията е „безкрайна“ и напрежението „твърдо“. Токът на трифазно късо съединение на шини НН ще се определя само от пълното съпротивление на самия трансформатор (което е пропорционално на U_k %).

$$I_{kc} = \frac{I_m}{u_k \%} \cdot 100, A. \quad (1-24)$$

4. Данните за u_k % се вземат от табелката на самия трансформатор. За български маслени трифазни двунамотъчни трансформатори с мощност до 160 kVA, u_k % \approx 4 %; 250 kVA \approx 4,5 %; 400 kVA \approx 5 %; от 630 до 1600 kVA \approx 6 %.
5. През кабела в мястото на к.с. ще протече същият т.к.с., защото мястото се избира винаги в началото на кабела, за да не се ограничава т.к.с. от съпротивленията на самия кабел.
6. В **табл. 42** за кабели НН с изолация PVC и XLPE са дадени допустимият ток I в kA, за $t_d = 1$ s, за сечения до 500 mm².
7. Изчислява се необходимото допустимо време за изключване на защитите на кабела t_x :

$$t_x = \sqrt{\frac{I^2 t_d}{I_{kc}^2}}, s. , \quad (1-25)$$

където I и I_{kc} трябва да са в kA, а времената в секунди като $t_d = 1$ s.

8. Когато не е възможно със защитите и времето t_x да се удовлетвори условието за термична устойчивост, следва да се избира кабел с по-голямо сечение и допустим ток при късо съединение.

2.2. Избиране на сечението по допустима загуба на напрежение.

При трифазни мрежи за НН и електрически товари с активна и реактивна мощност (с определен $\cos \varphi$) следва да се използва методиката за кабели за СрН (**т. 1.3**) и същата схема - **фиг. 3**, когато кабелната линия има няколко товара. Определя се сечението S , избира се стандартно сечение и се прави окончателна проверка за $\Delta U \leq \Delta U_d$ с данните за r_0 и $x_0, \Omega / km$ за избрания кабел - **табл. 23, 24, 27 и 31**.

При изчисленията за ΔU_d и избор на сечение в мрежи за НН, в определени случаи могат да се правят някои опростявания за изчисленията. Това се отнася за консуматори с $\cos \varphi = 0,95 \div 1$ и мощности, при които ще се изчисляват сечения на проводници и кабели до 16 mm², при които активното съпротивление е много по-голямо от индуктивното (което може да се пренебрегне).

Избиране на сечението на кабели и проводници

В тези случаи, използвайки схемата на фиг. 3 и принципните изводи, сечението може да се избере по формулата:

$$s = \frac{\sum P_i l_i}{\gamma \Delta U_{\partial} \% U_H^2} \cdot 100 \quad \text{или} \quad S = \frac{\rho \sum P_i l_i}{\Delta U_{\partial} \% U_H^2} \cdot 100, \quad (1-26)$$

Когато товарът е само един с мощност P:

$$s = \frac{P \cdot l}{\gamma \Delta U_{\partial} \% U_H^2} \cdot 100 \quad \text{или} \quad S = \frac{\rho P l}{\Delta U_{\partial} \% U_H^2} \cdot 100. \quad (1-27)$$

Този начин на изчисляване може да послужи за бърза проверка за необходимото сечение или загубата на напрежение с условие, че се направят опростяванията.

Когато в трифазната мрежа за НН има кабелни отклонения на една фаза и нула и товарите са с висок $\cos \varphi$ (осветление и др.), изчисленията за допустима загуба на напрежение и сечение се опростяват, а формулите добиват следния вид:

- при няколко еднофазни товара в отклонението:

$$s = \frac{600 \sum P_i l_i}{\gamma \Delta U_{\partial} \% U_H^2} \quad \text{или} \quad S = \frac{\rho 600 \sum P_i l_i}{\Delta U_{\partial} \% U_H^2} \quad (1-28)$$

и

$$\Delta U \% = \frac{600 \sum P_i l_i}{\gamma S U_H^2} \quad \text{или} \quad \Delta U \% = \frac{\rho 600 \sum P_i l_i}{S U_H^2} \quad (1-29)$$

- при един товар в края на отклонението:

$$s = \frac{P \cdot l \cdot 600}{\gamma \Delta U_{\partial} \% U_H^2} \quad \text{или} \quad S = \frac{\rho P l \cdot 600}{\Delta U_{\partial} \% U_H^2} \quad (1-30)$$

$$\Delta U \% = \frac{P \cdot l \cdot 600}{\gamma S U_H^2} \quad \text{или} \quad \Delta U \% = \frac{\rho P l \cdot 600}{S U_H^2} \quad (1-31)$$

2.3. Избиране на сечението по икономична плътност.

По съображения, изложени в т.1.4, този избор сега не се използва.

2.4. Избиране на сечението по механична издръжливост.

Съгласно съществуващата Наредба за устройството на електрическите уредби, определени са минимални допустими сечения на проводници и кабели в мрежите за ниско напрежение. За шнулове за битови консуматори, медно сечение, минимално 0,35 mm²; кабели за подвижни и преносими консуматори, медно сечение, минимум 0,75 mm², незащитени изолирани проводници за вътрешни инсталации, медни - 1 mm², алуминиеви - 2,5 mm²; също за външни инсталации съответно 2,5 и 4 mm²; незащитени и защитени изолирани проводници и кабели, положени в тръби, канали и др., съответно минимум 1 и 2,5 mm².

Заклучение. За сечение на кабелите или проводниците се избира най-голямото, получено по горните методи.

Избиране на сечението на кабели и проводници

2.5. Избиране на дължина на кабели за ниско напрежение за захранване на еднофазни и трифазни консуматори с индуктивен характер на товара по условие за допустима загуба на напрежение.

Загубата на напрежение в кабели при захранване на консуматори се определя от мощностите (активна P и реактивна Q), които те имат, от дължината на кабела, характеристиките на материала на проводниците на кабела (ρ или γ) или активното r_0 и индуктивното x_0 съпротивление и сечението им. С отчитане на изрази (1-16) и (1-20) за дължината на кабела l се получава

$$l = U_n^2 \cdot \Delta U_d \% / 100 (Pr_0 + Qx_0), m, \quad (1-32)$$

където U_n е номиналното напрежение, V;

$\Delta U_d \%$ - допустима загуба на напрежение, %;

P - активна мощност, kW;

Q - реактивна мощност, kVAr;

r_0 и x_0 - активно и индуктивно съпротивление на кабела, Ω/km .

Активната мощност P и реактивната мощност Q са свързани с пълната мощност S и ъгъла на дефазирание между тока и напрежението във веригата φ . Определянето им се извършва чрез изразите

$$P = S \cos \varphi, \quad (1-33)$$

$$Q = S \sin \varphi, \quad \text{където } S \text{ е в kVA.} \quad (1-34)$$

С отчитане на изрази (1-32), (1-33) и (1-34) за дължината на кабела се получава:

$$l = U_n^2 \cdot \Delta U_d \% / 100 P (r_0 + t_g \cdot \varphi \cdot x_0), \quad (1-35)$$

където $t_g \varphi = \sin \varphi / \cos \varphi$.

От израз (1-35) следва, че при известна система - еднофазна или трифазна с номинално напрежение U_n , с допустима загуба на напрежение $\Delta U_d \%$ и индуктивен характер на товара, определен от $\cos \varphi$ (респективно $t_g \varphi$), дължината на кабела l ще се определя от активната мощност P и характеристиките на проводниците на кабела r_0 и x_0 . Характеристиката r_0 е функция на сечението s и материала на проводника, давано чрез специфичното съпротивление ρ или проводимостта γ

($\gamma = 1/\rho$, а $r_0 = 1/\gamma \cdot s$). Характеристиката x_0 се определя от разположението на проводниците в многожилния кабел или от системата едножилни кабели.

При определяне на максималната дължина на кабела освен допустимата загуба на напрежение трябва да се има предвид и допустимият му ток и някои икономически съображения.

Наборното поле от дължини на кабелите l в m със съответно сечение s за захранване на определена активна мощност P при допустима загуба на напрежение $\Delta U_d \%$ и известен характер на товара $\cos \varphi$ ще се ограничава от долу от допустимия ток, а от горе - от икономически съображения.

Избиране на сечението на кабели и проводници

Максимална дължина l , m		
Система, U_n , $\cos\varphi$, ΔU_d %		
P	I	сечения, mm^2
kW	A	1,5 2,5.....240
+	+	+ + +
+	+	+ + + + + икономически съображения
.	.	.
.	.	.
+	+	+ + + +
+	+	+ + + + +
+	+	нагряване (допустим ток) + + + + +
+	+	+ + + + +

Токът I_m , A, съответстващ на дадена мощност P , kW при известни U_n , V и $\cos\varphi$ се определя с изразите:

- за еднофазна верига $I_m = P / U_n \cdot \cos\varphi$ (1-36)

- за трифазна верига $I_m = P / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi$ (1-37)

Пресмятането на максималната дължина на кабели с медни жила за еднофазни консуматори с напрежение 220 V и $\Delta U_d = 3\%$, работещи с различен $\cos\varphi$, показват, че максималните дължини не се влияят от $\cos\varphi$. Затова се **предлага табл. 48** за максимална дължина за медни кабели при 220 V при различни товари и $\cos\varphi = 1$.

Предлагат се **табл. 49, 59 и 51** за максимална дължина на кабели с медни жила и трифазен товар с напрежение 380 V и

$\Delta U_d = 5\%$, работещи с $\cos\varphi = 0,6; 0,8$ и $1,0$.

Забележка. Приложените таблици за максималната дължина се отнасят за гъвкави кабели с медни жила. Дължината на кабели с алуминиеви жила за съответния товар може да се получи от съответната дължина на медния кабел, умножена с коефициент 0,59. За сечения до 10 mm^2 проверка по допустим ток (по нагряване) не се налага, но при по-големи сечения е необходимо да се извърши проверка по допустимия ток (по нагряване).

Таблица 48. Дължина на медни гъвкави кабели за еднофазни консуматори с работно напрежение 220 V и $\cos \varphi = 1$ и определена по допустима загуба от 3 % на напрежението

Медни гъвкави кабели - максимална дължина, m																
$U_n = 220V$, еднофазно захранване, допустима загуба на напрежение 3 %, $\cos \varphi = 1$																
P kW	I A	сечение, mm ²														
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
0.5	2.27	122	203	325	488											
1	4.55	61	101	163	244	407	650									
1.5	6.82	40	67	108	163	271	434	678								
2	9.09	30	50	81	122	203	325	508	711							
2.5	11.4	24	40	65	97	163	260	407	569	813						
3	13.6	20	33	54	81	136	217	339	474	678						
3.5	15.9	17	29	46	69	116	186	290	407	581						
4	18.2		25	40	61	102	163	254	356	508	711					
4.5	20.5		22	36	54	90	145	226	316	452	632					
5	22.7		20	32	48	81	130	203	285	407	569	772				
6	27.3			27	40	67	108	169	237	339	474	643	813			
7	31.8				34	58	92	145	203	290	406	551	696			
8	36.4					50	81	127	178	254	355	482	609	762		
9	40.9					45	72	113	158	226	316	429	542	677		
10	45.5					40	65	102	142	203	284	386	487	609	752	
12	54.5						54	84	119	169	237	321	406	508	626	
14	63.6						46	72	102	145	203	275	348	435	537	696
16	72.7						40	63	88	127	177	241	304	381	470	609
18	81.8							56	79	113	158	214	271	338	417	542
20	90.9							50	71	102	142	193	243	304	376	487
25	114								56	81	113	154	195	243	300	390
30	136									67	94	128	162	203	250	325
35	159									58	81	110	139	174	214	278
40	182										71	96	121	152	188	243
45	205											85	108	135	167	216
50	227												97	121	150	195
60	273													101	125	162
70	318														107	139

Таблица 49. Дължина на медни гъвкави кабели за трифазни консуматори с работно напрежение 380 V и $\cos \varphi = 1$ и определена по допустима загуба от 5 % на напрежението

Медни гъвкави кабели - максимална дължина, m																	
$U_n = 380V$, трифазно захранване, допустима загуба на напрежение 5 %, $\cos \varphi = 1$																	
P kW	I A	сечение, mm ²															
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	
0.5	0.76	1213	2022	3235													
1	1.52	606	1011	1617													
1.5	2.28	404	674	1078													
2	3.04	303	505	809													
2.5	3.8	243	404	647	970												
3	4.56	202	337	539	809												
3.5	5.32	173	289	462	693	1155											
4	6.08	152	253	404	606	1011											
4.5	6.84	135	225	359	539	898											
5	7.6	121	202	323	485	809	1294										
6	9.12	101	168	270	404	674	1078										
7	10.6	86	144	231	347	578	924										
8	12.2	75	126	202	303	505	809	1264									
9	13.7	67	112	180	270	449	719	1123									
10	15.2	60	101	162	243	404	647	1011									
12	18.2		84	135	202	337	539	842	1179								
14	21.3		72	116	173	289	462	722	1011								
16	24.3		63	101	152	253	404	632	884	1264							
18	27.3			89	135	225	359	562	786	1123							
20	30.4			80	121	202	323	505	708	1011							
25	38				97	162	259	404	566	809	1132						
30	45.6					135	216	337	472	674	943	1280					
35	53.2						185	289	404	578	809	1097					
40	60.8						162	253	354	505	708	960	1213				
45	68.4						144	225	314	449	629	854	1078	1348			
50	76						129	202	283	404	566	768	970	1213			
60	91.2							168	236	337	472	640	809	1011	1247		
70	106								202	289	404	549	693	866	1069	1386	
80	122								177	253	354	480	606	758	935	1213	
100	152										283	384	485	606	748	970	
120	182											320	404	505	623	809	
140	213													433	534	693	
160	243														379	467	606

Таблицы

Таблица 50. Дължина на медни гъвкави кабели за трифазни консуматори с работно напрежение 380 V и $\cos \varphi = 0.8$ и определена по допустима загуба от 5 % на напрежението

Медни гъвкави кабели - максимална дължина, m																
$U_n=380V$, трифазно захранване, допустима загуба на напрежение 5 %, $\cos \varphi = 0,8$																
P kW	I A	сечение, mm ²														
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
0.5	0.9	1213	2022	3235												
1	1.9	606	1011	1617												
1.5	2.8	404	674	1078												
2	3.8	303	505	809												
2.5	4.7	243	404	647	970											
3	5.7	202	337	539	809											
3.5	6.6	173	289	462	693	1155										
4	7.6	152	253	404	606	1011										
4.5	8.5	135	225	359	539	898										икономически нецелесъобразно
5	9.5	121	202	323	485	809	1294									
6	11	101	168	270	404	674	1078									
7	13	86	144	231	347	578	924									
8	15	75	126	202	303	505	809	1264								
9	17	67	112	180	270	449	719	1123								
10	19	60	101	162	243	404	647	1011								
12	23		84	135	202	337	539	842	1179							
14	27		72	116	173	289	462	722	1011							
16	30		63	101	152	253	404	632	884	1264						
18	34			89	135	225	359	562	786	1123						
20	38			80	121	202	323	505	708	1011						
25	47				97	162	259	404	566	809	1132					
30	57					135	216	337	472	674	943	1280				
35	66						185	289	404	578	809	1097				
40	76						162	253	354	505	708	960	1213			
45	85						144	225	314	449	629	854	1078	1348		
50	95						129	202	283	404	566	768	970	1213		
60	114							168	236	337	472	640	809	1011	1247	
70	133								202	289	404	549	693	866	1069	1386
80	152								177	253	354	480	606	758	935	1213
100	190										283	384	485	606	748	970
120	228											320	404	505	623	809
140	266													433	534	693
160	304														467	606

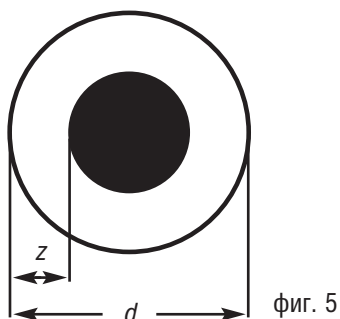
Таблица 51. Дължина на медни гъвкави кабели за трифазни консуматори с работно напрежение 380 V и $\cos \varphi = 0.6$ и определена по допустима загуба от 5 % на напрежението

Медни гъвкави кабели - максимална дължина, m																						
$U_n=380V$, трифазно захранване, допустима загуба на напрежение 5 %, $\cos \varphi = 0,6$																						
P	I	сечение, mm ²																				
		1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240						
kW	A																					
0.5	1.3	1213	2022	3235																		
1	2.5	606	1011	1617																		
1.5	3.8	404	674	1078																		
2	5.1	303	505	809																		
2.5	6.3	243	404	647	970																	
3	7.6	202	337	539	809																	
3.5	8.9	173	289	462	693	1155																
4	10	152	253	404	606	1011																
4.5	11	135	225	359	539	898										икономически нецелесъобразно						
5	13	121	202	323	485	809	1294															
6	15	101	168	270	404	674	1078															
7	18		144	231	347	578	924															
8	20		126	202	303	505	809	1264														
9	23		112	180	270	449	719	1123														
10	25			162	243	404	647	1011														
12	30				202	337	539	842	1179													
14	35					289	462	722	1011													
16	41					253	404	632	884	1264												
18	46					225	359	562	786	1123												
20	51						323	505	708	1011												
25	63						259	404	566	809	1132											
30	76							216	337	472	674	943	1280									
35	89								289	404	578	809	1097									
40	101									354	505	708	960	1213								
45	114										314	449	629	854	1078	1348						
50	127											404	566	768	970	1213						
60	152												337	472	640	809	1011	1247				
70	177														404	549	693	866	1069	1386		
80	203																480	606	758	935	1213	
100	253																		485	606	748	970
120	304																			505	623	809
140	355																				534	693
160	405																					606

Избиране на сечението на кабели и проводници

2.6. Избиране на сечението на силови кабели за ниско напрежение, захранващи електрически товари с повишена честота (над 50 Hz)

В промишлеността рядко се срещат, но има консуматори, работещи с честота, по-голяма от 50 Hz. Честоти до 1000 Hz се използват за отделни механизми при производството на изкуствени влакна, дървообработване, летища и др.; честоти до 10 000 Hz - при индукционно нагряване, а при диелектрично нагряване - над 400 kHz. Източниците за захранване с повишена честота могат да бъдат еднофазни или трифазни. Захранващите проводници могат да бъдат медни или алуминиеви с кръгло сечение (фиг. 5).



При протичане на променлив ток с повишена честота силно е изразен повърхностният ефект, токът се изтласква към повърхността, сърцевината на проводника не се използва пълноценно. Дълбочината на проникване на тока по сечението на проводника е отбелязана на фиг. 5 с z , а стойностите при различни честоти са дадени за медни проводници - z_M , а за алуминиеви проводници - z_a , в mm, в таблица 52.

Таблица 52. Дълбочина на проникване на ток с повишена честота при кръгли, медни и алуминиеви проводници, mm.

f, Hz	50	200	500	1000	2500	8000	10000	100000
Z_M mm мед	10,5	5,3	3,5	2,4	1,5	0,85	0,76	0,24
Z_a mm алуминий	13,5	6,8	4,3	3,0	1,9	1,0	0,9	0,03

Реално използваното сечение на проводника при дълбочина на проникване на тока \bar{z} ще бъде:

$$s' = \frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi (d-2z)^2}{4} = \pi z(d-z) \quad (1-38)$$

Неизвестният диаметър d на проводника ще се получи от условието за допустимия пад на напрежението при известен електрически товар в края на линията. Обикновено се приема $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$.

При еднофазен активен товар се използва уравнението:

$$\Delta U_{\text{доп}}\% = \frac{2Pl}{U_\phi^2 \gamma s'} \cdot 100, \quad (1-39)$$

където: P е еднофазният товар, W; l - дължината на линията, m; U_ϕ - фазното напрежение, V; γ - специфичната електрическа проводимост: за медни проводници 53, за алуминиеви - 31,5, $1/\Omega \text{ cm}$; \bar{z} реалното сечение по формула 1-36, mm^2 .

За диаметър на проводника d , mm, се получава:

$$d = \frac{2Pl \cdot 100}{\Delta U_{\text{доп}}\% \cdot U_\phi^2 \gamma \cdot \bar{z}} + z \quad (1-40)$$

Избраното сечение трябва да бъде по-голямо от $S = \frac{\pi d^2}{4}$, mm^2 .

Избиране на сечението на кабели и проводници

При трифазен товар в края на линията се използва уравнението за проверка на $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$:

$$\Delta U = \sqrt{3} I \left(\frac{\rho \cdot l}{S} \cos \varphi + 2 \pi f L \cdot \sin \varphi \right), \quad (1-41)$$

където: I е токът на високочестотния товар; f - честотата; $\cos \varphi$ на товара; L - индуктивността на проводниците; \bar{S} - реално използваното сечение на проводниците; ρ - специфичното съпротивление на проводника; l - дължината на линията.

От таблица 38 може да се отчете, че при честота 1000 Hz, $2z \leq 4,8$ mm за медни и $2z \leq 6$ mm за алуминиеви кръгли проводници, което означава, че практически се използва цялото сечение. Това ни подсказва, че за медни проводници със сечение 16 mm^2 ($d = 4,5$ mm) и за алуминиеви, със сечение 25 mm^2 ($d \geq 5,64$ mm), при повишена честота 1000 Hz, повърхностният ефект може да не се отчита и загубата на напрежение в линията ще бъде същата, както при честота 50 Hz.

2.7. Избиране на неизолирани проводници за въздушни електропроводни линии

Електрическите изчисления, свързани с избор на вида и сечението на проводниците за въздушните електропроводни линии, са значително по-сложни от тези за кабелни линии за средно напрежение и кабелни линии или изолирани проводници за ниско напрежение.

А. При въздушни електропроводни линии за високо напрежение се правят заместващи схеми с равномерно разпределени параметри по дължината им. При зададени параметри на заместващата схема и на режима на началния (1) или краен възел (2) на въздушната линия, се определят режимните параметри за срещуположния възел. Електрическите параметри на електропроводите се избират и отчитат от таблици 43, 44, 45, 46 и 47 за проектираната въздушна линия. Когато се удовлетворяват режимните параметри - $S_1, S_2, P_1, P_2, Q_1, Q_2, U_1, U_2, \cos \varphi_1, \cos \varphi_2$, коефициентът на полезно действие на линията, загубата на мощност и фазовата разлика между напреженията в началото и края на линията, избраните електрически параметри като: вид на проводника, сечение, индуктивност, активно съпротивление и капацитивна проводимост се утвърждават. При неудовлетворително решение се избират нови електрически параметри, а изчисленията за режимните параметри се продължават до удовлетворително решение. Електрическите изчисления за въздушни електропроводни линии за високо напрежение трябва да се извършват от проектантите и от натрупания опит.

Б. За въздушни електропроводни линии за средно и ниско напрежение изчисленията са със значително намален обем и обхващат загубата на напрежение и загубата на активна мощност и енергия. С отчитане на електрическите параметри по таблици 45, 46 и 47 загубата на напрежение, мощност и енергия се изчисляват на проектантско ниво с отчитане на натрупания проектантски и експлоатационен опит.

В. Определяне на сечението на неизолирани проводници за въздушни линии трябва да се извършва в следния ред:

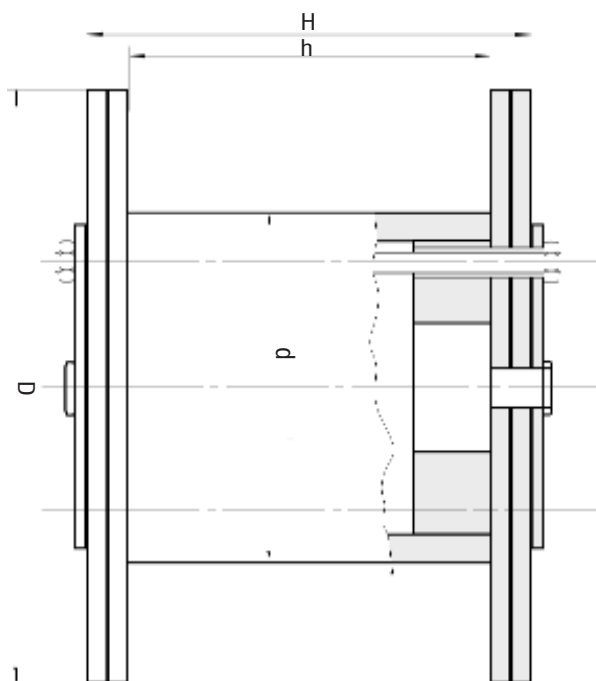
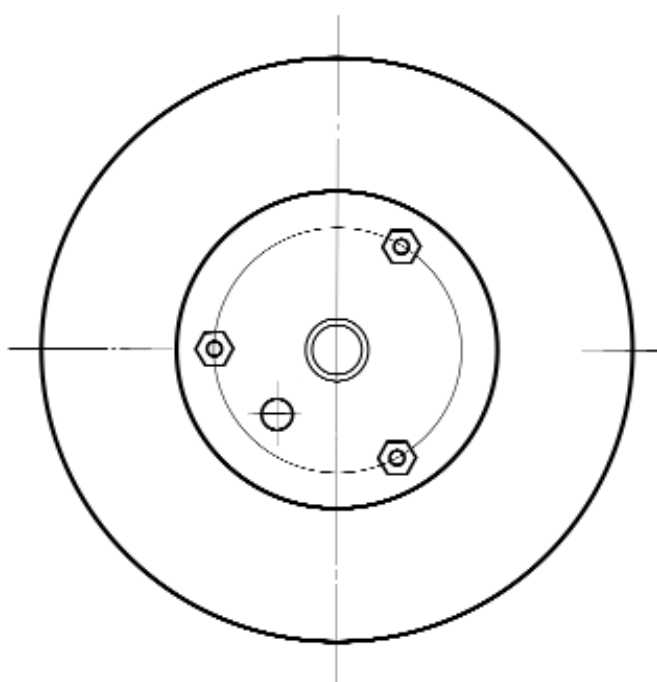
1. За въздушни линии за високо и средно напрежение:

- а) определя се минимално сечение на проводниците по механическа издръжливост (Наредба № 3, чл. 457 и чл. 560);
- б) изчислява се сечението за линии от вида на фиг. 3 в точка 1.3 по допустима загуба на напрежение; при по-сложни електропроводи, като магистрални с отклонения и разклонени с няколко отклонения, сечението по допустима загуба на напрежение, сумирана от загубите в отделните участъци, трябва да се изчислява от проектантите с ползване на параметрите на проводниците, посочени в таблици 45, 46 и 47;
- в) изчислява се сечението на проводниците по икономична плътност на тока - точка 1.4;
- г) прави се проверка на сечението на проводниците по условието за допустим ток на нагряване, като се използва таблица 22;
- д) приема се най-голямото определено сечение.

2. За въздушни линии за ниско напрежение:

- а) изчислява се сечението по допустима загуба на напрежение, като се използва точка 2.2;
- б) избира се сечението по допустимо нагряване, като се използва точка 2.1;
- в) избира се сечение по механична издръжливост, като се използва точка 2.4;
- г) проверява се сечението по икономична плътност;
- д) приема се най-голямото определено сечение.

XII. Дървени барабани по БДС за кабели

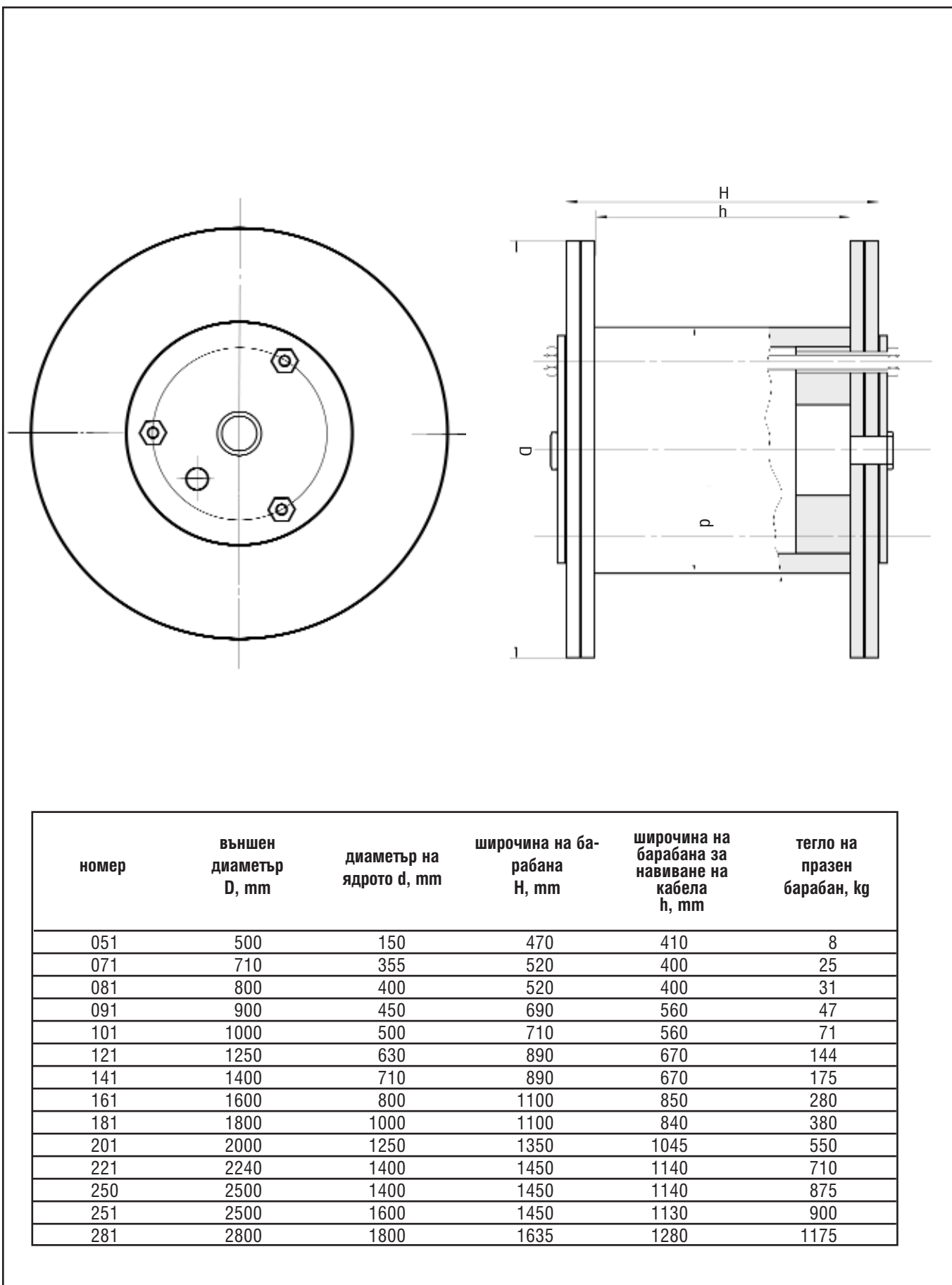


Размери на кабелни барабани										
кабелен барабан - ръст										
размери, мм	III a	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
външен диаметър, D	650	800	1000	1200	1400	1700	1800	2000	2200	2450
диаметър на ядрото, d	340	450	500	600	750	900	1100	1200	1300	1500
габаритна широчина на барабана, H	500	530	630	630	880	940	1120	1230	1300	1600
широчина на барабана за навиване на кабела, h	400	400	500	500	700	750	900	1000	1000	1300

Ориентировъчна дължина на кабела в m, с външен диаметър от $d_{\text{мин}}$ до $d_{\text{макс}}$,
на кабела в mm, който се навива върху кабелен барабан с ръст по БДС

Диаметър, mm		Кабелен барабан по БДС									
$d_{\text{мин}}$	$d_{\text{макс}}$	III a	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	34	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.9	2.0	14430	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	2.2	12609	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	2.3	11675	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	2.4	10580	15178	0	0	0	0	0	0	0	0
2.4	2.5	9828	14176	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5	2.6	9036	13111	0	0	0	0	0	0	0	0
2.6	2.8	7910	11319	0	0	0	0	0	0	0	0
2.8	3.0	6741	9778	0	0	0	0	0	0	0	0
3.0	3.2	6449	9170	0	0	0	0	0	0	0	0
3.2	3.4	5571	8010	0	0	0	0	0	0	0	0
3.4	3.6	5011	7262	15489	0	0	0	0	0	0	0
3.6	3.8	4473	6541	13641	0	0	0	0	0	0	0
3.8	4.0	3999	5908	12596	0	0	0	0	0	0	0
4.0	4.2	3698	5301	11281	0	0	0	0	0	0	0
4.2	4.4	3529	4720	10301	14634	0	0	0	0	0	0
4.4	4.7	2997	4192	9063	13050	0	0	0	0	0	0
4.7	5.0	2611	3686	7963	11644	0	0	0	0	0	0
5.0	5.3	2246	3356	7149	10294	0	0	0	0	0	0
5.3	5.6	2044	2936	6219	9112	0	0	0	0	0	0
5.6	5.9	1849	2673	5753	8234	14805	0	0	0	0	0
5.9	6.2	1688	2329	5163	7482	13660	0	0	0	0	0
6.2	6.6	1417	2098	4558	6475	11844	0	0	0	0	0
6.6	7.0	1277	1908	4038	5815	10654	0	0	0	0	0
7.0	7.4	1209	1826	3751	5485	10068	0	0	0	0	0
7.4	7.8	1072	1639	3472	4920	9010	14848	0	0	0	0
7.8	8.3	946	1364	3001	4321	8025	13345	15377	0	0	0
8.3	8.8	825	1203	2703	3752	7082	11652	13720	0	0	0
8.8	9.3	800	1075	2323	3444	6271	10412	12139	0	0	0
9.3	9.8	687	1013	2137	3205	5758	9349	10760	0	0	0
9.8	10.4	599	896	1922	2767	5026	8352	9472	13823	0	0
10.4	11.0	516	785	1714	2496	4565	7397	8638	12156	0	0
11.0	11.6	494	680	1551	2154	3967	6775	7565	11292	14008	0
11.6	12.3	419	649	1363	1914	3555	5911	6911	9904	12412	0
12.3	13.0	399	553	1217	1729	3219	5188	6277	8593	10895	0
13.0	13.8	331	466	1079	1554	2901	4752	5364	7863	9613	15261
13.8	14.6	324	455	948	1386	2423	4099	4802	6791	8795	14036
14.6	15.5	262	375	825	1228	2192	3705	4345	6135	7634	12156
15.5	16.4	270	385	749	1136	2030	3510	4047	5808	7279	11258
16.4	17.4	212	309	711	987	1810	3203	3612	5267	6298	10164
17.4	18.4	206	299	623	879	1745	2834	3196	4745	5708	9241
18.4	19.5	164	215	519	828	1496	2374	2868	3963	5145	7899
19.5	20.6	158	236	506	728	1303	2114	2495	3506	4604	7190
20.6	22.0	121	188	412	608	1126	1872	2151	3082	4100	6417
22.0	23.5	116	180	401	523	960	1592	1881	2683	3622	5682
23.5	25.0	111	137	334	507	942	1567	1805	2591	3247	5079
25.0	26.5	0	130	306	405	788	1352	1508	2217	2812	4502
26.5	28.0	0	123	247	389	673	1151	1318	1925	2474	3954
28.0	29.5	0	116	236	319	627	1005	1249	1652	2155	3517
29.5	31.0	0	0	197	324	524	978	1074	1619	1916	3027
31.0	32.5	0	0	187	259	506	841	1010	1365	1816	2984
32.5	34.0	0	0	176	245	488	814	852	1333	1594	2597
34.0	35.5	0	0	142	248	396	688	826	1143	1554	2234
35.5	37.0	0	0	133	191	379	662	800	1112	1346	2191
37.0	38.5	0	0	124	179	383	636	658	1038	1257	2084
38.5	40.0	0	0	125	181	301	524	634	907	1268	1815
40.0	41.5	0	0	127	182	286	529	610	878	1079	1772
41.5	43.0	0	0	0	134	289	505	486	848	1042	1521
43.0	44.5	0	0	0	135	273	405	490	695	870	1480
44.5	46.0	0	0	0	124	276	408	468	668	846	1440
46.0	47.5	0	0	0	125	206	386	446	672	842	1212
47.5	49.0	0	0	0	126	208	390	449	645	808	1175
49.0	50.5	0	0	0	0	194	302	343	511	656	1137
50.5	52.0	0	0	0	0	196	304	345	514	661	974
52.0	53.5	0	0	0	0	150	306	327	490	630	940
53.5	55.0	0	0	0	0	139	286	328	493	634	906
50.0	56.5	0	0	0	0	140	288	309	469	499	911
56.5	58.0	0	0	0	0	141	213	311	378	502	876
58.0	59.5	0	0	0	0	130	214	240	358	475	698
59.5	61.0	0	0	0	0	131	216	225	359	477	702
60.0	62.5	0	0	0	0	131	217	226	361	480	672
62.5	64.0	0	0	0	0	0	200	227	340	363	675
64.0	65.5	0	0	0	0	0	201	211	342	364	644
65.5	67.0	0	0	0	0	0	153	212	245	342	647
67.0	68.5	0	0	0	0	0	140	213	246	343	495
68.5	70.0	0	0	0	0	0	141	198	247	345	497
70.0	71.5	0	0	0	0	0	142	141	231	322	499

XIII. Дървени барабани за кабели и изолирани проводници (номера, размери и тегло) по DIN



Ориентировъчна дължина на кабела в метри при номер на кабелния барабан и диаметър на кабела в милиметри, който се навива върху него по DIN

Външен диаметър на кабела, mm	Номер на кабелния барабан												
	71	81	91	101	121	141	161	181	201	221	250	251	281
6	2024	2755											
7	1481	2340											
8	1064	1463	2731										
9	892	1152	2202	2866									
10	677	980	1768	2349									
11	564	761	1404	1912									
12	468	643	1206	1540									
13	385	542	1032	1339	2727								
14	364	454	881	1159	2255	2967							
15	297	430	749	1000	1991	2449							
16	239	358	632	860	1756	2205							
17	228	294	603	736	1545	1959							
18	218	281	505	705	1355	1737							
19	172	228	485	599	1184	1535	2722						
20	165	219	402	576	1139	1352	2435	2831					
21	159	211	387	485	991	1304	2172	2527					
22	122	167	315	468	856	1145	1931	2248					
23	117	161	304	389	827	999	1869	2172	2953				
24	113	156	294	377	709	967	1657	1927	2608				
25	110	151	285	365	688	839	1608	1867	2522				
26	80	116	228	299	668	814	1419	1650	2218				
27	78	113	221	290	567	700	1244	1450	2150	2861			
28	76	109	215	282	551	681	1211	1409	1879	2777			
29	73	106	209	226	462	663	1180	1371	1826	2450			
30	71	103	162	220	450	564	1028	1197	1583	2383			
31		76	157	214	438	550	1003	1166	1540	2089			
32		74	153	209	428	537	866	1009	1500	2035	2978	2491	
33		72	150	204	352	451	846	985	1289	1984	2908	2428	
34			146	158	344	441	828	962	1257	1726	2605	2134	
35			108	154	336	431	707	824	1227	1685	2547	2083	2890
36			105	151	229	422	692	806	1041	1646	2271	2035	2822
37			103	148	265	348	678	788	1017	1418	2223	1774	2759
38				144	259	341	664	772	994	1386	1969	1735	2432
39				107	254	334	560	653	972	1356	1930	1697	2379
40				105	249	327	549	640	812	1328	1892	1466	2329
41				102	244	264	539	627	795	1130	1664	1435	2036
42				100	190	259	529	615	779	1107	1633	1406	1995
43					187	254	437	511	763	1085	1603	1199	1956
44					183	249	430	502	749	1064	1574	1175	1693
45					180	245	422	492	611	890	1373	1153	1661
46					177	240	415	484	600	874	1349	1131	1630
47					174	187	408	475	589	858	1326	1110	1600
48					129	184	330	386	578	842	1144	931	1367
49					127	181	325	380	568	828	1125	914	1343
50					125	178	319	373	558	818	1107	898	1320
51					123	175	314	367	442	666	1089	883	1298
52					121	172	310	361	435	655	1072	869	1276
53						170	305	356	428	644	912	713	1073
54						126	239	280	421	634	898	701	1055
55						124	235	276	414	624	885	690	1039
56						122	232	271	408	614	872	679	1022
57						121	228	267	401	488	860	668	1006
58						119	225	263	304	480	719	658	991
59						117	222	260	300	473	709	649	815
60							219	256	295	466	699	639	803
61							216	252	291	460	689	609	791
62							161	190	287	453	680	501	780
63							159	187	282	447	671	494	769
64							157	184	279	441	663	487	759
65							155	182	275	335	541	481	748
66							153	180	271	330	534	474	739
67							151	177	267	326	528	468	589
68								175	264	321	521	462	581
69								173	186	317	515	456	574
70								171	184	313	509	450	566
71								168	182	309	503	343	559
72								166	179	305	497	338	552
73								164	177	301	491	334	545
74								162	175	298	486	330	539

XIV.AWG проводници

AWG проводници (жици и жички)- конструкция, сечение, съпротивление и маса						
AWG №	AWG - конструкция п. * AWG	проводник mm	сечение, mm ²	диаметър на проводника, mm	съпротивление Ω/km	маса kg/km
36	масивен	масивен	0,013	0,127	1460,0	0,116
36	7/44	7x0,05	0,014	0,152	1271,0	0,125
34	масивен	масивен	0,020	0,160	918,0	0,178
34	7/42	7x0,064	0,022	1,192	777,0	0,196
32	масивен	масивен	0,032	0,203	571,0	0,284
32	7/40	7x0,078	0,034	0,203	538,0	0,302
32	19/44	19x0,05	0,037	0,229	448,0	0,329
30	масивен	масивен	0,051	0,254	365,0	0,45
30	7/38	7x0,102	0,057	0,305	339,0	0,507
30	19/42	19x0,064	0,061	0,305	286,7	0,543
28	масивен	масивен	0,080	0,330	232,0	0,71
28	7/36	7x0,127	0,087	0,381	213,0	0,774
28	19/40	19x0,078	0,091	0,406	186,0	0,81
27	7/35	7x0,142	0,111	0,457	179,0	0,998
26	масивен	масивен	0,128	0,409	143,0	1,14
26	10/36	10x0,127	0,127	0,533	137,0	1,13
26	19/38	19x0,102	0,155	0,508	113,0	1,38
26	7/34	7x0,160	0,141	0,483	122,0	1,25
24	масивен	масивен	0,205	0,511	89,4	1,82
24	7/32	7x0,203	0,277	0,610	76,4	2,02
24	10/34	10x0,160	0,201	0,582	85,6	1,79
24	19/36	19x0,127	0,241	0,610	69,2	2,14
24	41/40	41x0,078	0,196	0,582	84,0	1,74
22	масивен	масивен	0,324	0,643	55,3	2,88
22	7/30	7x0,254	0,355	0,762	48,4	3,16
22	19/34	19x0,160	0,382	0,787	45,1	3,4
22	26/36	26x0,127	0,330	0,762	52,3	2,94
20	масивен	масивен	0,519	0,813	34,3	4,61
20	7/28	7x0,320	0,562	0,965	33,8	5,0
20	10/30	10x0,254	0,507	0,889	33,9	4,51
20	19/32	19x0,203	0,615	0,940	28,3	5,47
20	26/34	26x0,160	0,523	0,914	33,0	4,65
20	41/36	41x0,127	0,520	0,914	32,9	4,63
18	масивен	масивен	0,823	1,020	21,8	7,32
18	7/26	7x0,404	0,897	1,219	19,2	7,98
18	16/30	16x0,254	0,811	1,194	21,3	7,22
18	19/30	19x0,254	0,963	1,245	17,9	8,57
18	41/34	41x0,160	0,824	1,194	20,9	7,33
18	65/36	65x0,127	0,823	1,194	21,0	7,32

Таблицы

AWG №	AWG - конструкция п. AWG	проводник mm	сечение, mm ²	диаметър на проводника, mm	съпротивление W/km	маса kg/km
16	масивен	масивен	1,310	1,290	13,7	11,66
16	7/24	7x0,511	10440	1,524	12,0	12,81
16	65/34	65x0,160	1,310	1,499	13,2	11,65
16	26/30	26x0,254	1,317	1,499	13,1	11,72
16	19/29	19x0,287	1,229	1,473	14,	10,94
16	105/36	105x0,127	1,330	1,499	13,1	11,84
14	масивен	масивен	2,080	1,630	8,6	18,51
14	7/22	7x0,643	2,238	1,854	7,6	19,92
14	19/27	19x0,361	1,945	1,854	8,9	17,31
14	41/30	41x0,254	2,078	1,854	8,3	18,49
14	105/34	105x0,160	2,111	1,854	8,2	18,49
12	масивен	масивен	3,31	2,05	5,4	29,46
12	7/20	7x0,813	3,63	2,438	4,8	32,30
12	19/25	19x0,455	3,09	2,369	5,6	27,50
12	65/30	65x0,254	3,292	2,413	5,7	29,29
12	165/34	165x0,160	3,316	2,413	5,2	29,51
10	масивен	масивен	5,26	2,59	3,4	46,81
10	37/26	37x0,404	4,74	2,921	3,6	42,18
10	49/27	49x0,363	5,068	2,946	3,6	45,10
10	105/30	105x0,254	5,317	2,946	3,2	47,32
8	49/25	49x0,455	7,963	3,734	2,2	70,87
8	133/29	133x0,287	8,604	3,734	2,0	76,57
8	655/36	655x0,127	8,297	3,734	2,0	73,84
6	133/27	133x0,363	13,764	4,676	1,5	122,49
6	259/30	259x0,254	13,123	4,674	1,3	116,79
6	1050/36	1050x0,127	13,316	4,674	1,3	118,51
4	133/25	133x0,455	21,625	5,898	0,80	192,46
4	259/27	259x0,363	26,804	5,898	0,66	238,55
4	1666/36	1666x0,127	21,104	5,898	0,82	187,82
2	133/23	133x0,574	34,416	7,417	0,50	306,30
2	259/26	259x0,404	33,201	7,417	0,52	295,49
2	665/30	665x0,254	33,696	7,417	0,52	299,89
2	2646/36	2646x0,127	33,518	7,417	0,52	298,31
1	133/22	133x0,643	43,187	8,331	0,40	384,37
1	259/25	259x0,455	42,112	8,331	0,41	374,80
1	817/30	817x0,254	41,397	8,331	0,42	368,43
1	2109/34	2109x0,160	42,403	8,331	0,41	377,39
1/0	133/21	133x0,724	54,75	9,347	0,31	487,28
1/0	259/24	259x0,511	53,116	9,347	0,32	472,73
2/0	133/20	133x0,813	69,043	10,516	0,25	614,48
2/0	259/23	259x0,574	67,021	10,516	0,25	596,49
3/0	259/22	259x0,643	84,102	11,786	0,20	748,51
3/0	427/24	427x0,511	87,570	11,786	0,19	779,37
4/0	259/21	259x0,724	106,626	13,259	0,16	948,97
4/0	427/23	427x0,574	110,494	13,259	0,15	983,39

XV. Измервателни единици

Length - дължина	1 lb(pound) - либра (фунт)=0.4536Кр (кг)	1 lb/sq.ft - либра/кв.фут= 0.478 mbar
1mil - мил=0.0254 mm	1 stone= 6.35 Кр	1 pdl/sq.ft - фунтал/кв.фут=1.489 N/m ²
1in(inch) - инч=25.4 mm	1 qu(quarter) - кварталер=12.7 Кр	1 in Hg - инч живак=33.86 mbar
1ft(foot) - фут=0.3048 m	1 US cwt (hundred-weight) - центнер=45.36 Кр	1 ft H ₂ O - фут вода=29.89 mbar
1yd(yard) - ярд=0.9144 m	1 US ton(short ton) - къс тон = 0.907 t	1 in H ₂ O - инч вода=2.491 mbar
1ch(chain)=20.1 m	1 brit ton(long ton) - дълъг тон=1.016 t	1 N/mm ² =145 psi
1mile(land mile) - миля =1.0609 km=1760 yards	Force - сила	=10 bar
1mile (nautic mile) - морска миля =1.852 km	1 lb либра=4.448 N (Нютон)	1 kp/mm ² =1422 psi
1mm = 0.039370 inches	1 brit. ton - брит. тон=9954 N	1 at - атмосфера=736Torr
1 m=39.370079 inches	1 pdl (poundal) - фунтал=0.1383 N	=1 kp/cm ²
Area - площ	1 kp (kg)=9.81N	1 Torr - тор=1 mm Hg
1CM (circ. mil) - кв.миля=0.507.10 ⁻³ mm ²	1 N - Нютон=1.02 kp	1 bar - бар=0.1 Мра
1MCM - Мера CM = 0.5067 mm ²	Velocity - скорост	1 Pa - паскал=1 N/m ²
1sq.in. - (кв.инч) = 645.16 mm ²	1 mile/h миля/час=1.609 km/h	Density - плътност
1sq. ft. - (кв. фут) = 0.0929 m ²	1 knoten - морски възел=1.852 km/h	1 lb/cu.ft - либра/куб фут=16.02 kg/m ³
1square yard - (кв.ярд) =0.836 m ²	1 ft/s - фут/s=0.305 m/s	1 lb/cu.in - либра/куб.инч=27.68 t/m ³
1acre - (акър) = 4047 m ²	1 ft/min - фут/min=5.08. 10 ⁻³ m/s	Horse power - конска сила
1square mile кв. миля = 2.59 km ²	Energy - работа	1 hp.h=1.0139 PS.h
Density - обем	1 lb/mile=0.282 kg/m	=2.684 Joule
1cu.in (cubic inch) = 16.39 cm ³	1 lb/yard=0.496 kg/m	=746 W. h
1cu.ft (cubic foot) = 0.0283 m ³	1 lb/foot=1.488 kg/m	1 BTU(brit. therm. unit)=1055 Joule
1cu.yd. (cubic yard) = 0.7646 m ³	Radiation absorbed dose - погълната доза лъчение	Electrical Units - Електрически единици
1gal(US gallon) - галон =3.785 l (литър)	1 Gray - Грей(Gy)=1J/kg	1 Ohm/1000yd=1.0936 Ω / km
1gal(brit. gallon) = 4.546 l	1 rad - рад =10 ⁻² J/kg = 1 Centi Gy	1 Ohm/1000ft=3.28 Ω / km
1US pint - пинт=0.473 l	= 0.01Gy	1 μF/mile=0.62 μF/km
1US quart - кварт= 0.946 l	1Centi=100 Joule - джаул	1megohm/mile=1.61 MΩ/km
1US barrel - барел =158.8 l	1rad=cJ/kg = 0.01 Gy	1μmf/foot =3.28 pF/m
Temperature - температура	1Mrad - Мегарад=1.10 ⁶ cJ/kg	1decibel/mile децибел/миля=71.5 mN/m (мили)
1F(Fahrenheit) = (1,8. C) + 32 °	Energy - енергия	Power rate - мощност
1C (Celsius) = 0.5556. (F - 32 °)	1kcal - килокалория=1.16. 10 ³ kWh	1PS конска сила - немска=0.736 kW
Weight - маса (тегло)	1kWh - киловатчас=360 kcal	kW киловат=1.36 PS
1grain - гран= 64.8 mg	Pressure - налягане	1hp конска сила- англ =0.7457 kW
1dram - драм=1.77 g	1psi(lb/sq.) - пси=68.95 mbar (милибар)	1kW =1.31 hp
1oz(ounce) - унция= 28.35 g	=6.895. 10 ⁻³ Nmm ²	