

Изпитна тема 1 Силови трансформатори

1.1 Устройство и действие

Принципно устройство на трансформатор Върху магнитопровод са разположени две намотки: първична, която е свързана със захранващия източник и има w_1 навивки, и вторична — с w_2 навивки, към която се включва консуматор. Отношението на броя на навивките на двете намотки е числено равно на коефициента на трансформация (преводно отношение):

$$k = w_1/w_2$$

Принцип на действие. Като се подаде променливо напрежение u_1 на първичната намотка, през нея протича токът i_1 . Той възбужда магнитен поток, изменящ се с честотата f на напрежението u_1 . Основната част от този поток Φ_0 се концентрира в магнитопровода, а по-малка част Φ_σ — около първичната намотка и се нарича разсеян (със σ се означават разсеяните потоци).

Основният магнитен поток Φ_0 обхваща едновременно и двете намотки и тъй като е променлив, индуцира в техните навивки равни по големина е.д.н. Броят на навивките на двете намотки е различен ($W_1 \neq W_2$), поради което са различни и общите е.д.н. на двете намотки ($E_1 \neq E_2$)

Ако към вторичната намотка няма включен консуматор, на изводите ѝ напрежението е $u_2 = e_2$. Токът в първичната намотка е малък и затова може да се приеме, че $i_1 = e_1$.

Ако вторичната намотка се затвори през товар с импеданс Z_T , през нея протича променлив ток i_2 , а на изводите ѝ се проявява напрежение u_2 . Товарното съпротивление, което е консуматорът, получава от захранващата мрежа електрическа енергия чрез трансформатора. Тази енергия се предава от първичната намотка към вторичната по електромагнитен път.

Тринамотъчен трансформатор

Устройство. На всяко от трите ядра на тринамотъчния трансформатор има по три намотки, най-често концентрични (фиг.2.51). Намотката за високо напрежение се поставя винаги най-отвън. По този начин се икономисва изолация с високо пробивно напрежение, понеже намотката се изолира само от вътрешната ѝ страна (към вторичната намотка). За да намали взаимното влияние на двете вторични намотки помежду им, между тях се поставя първичната намотка.

1.2 Режим на работа на силови трансформатори

Когато трансформаторите са включени към ел. мрежа с напрежение U_1 и честота f , в зависимост от състоянието на вторичната намотка се определят следните режими на работа на трансформаторите: празен ход, товар и късо съединение.

Режим на празен ход — вторичната намотка е отворена, т.е. към изводите и няма присъединен консуматор и не протича ток. Тогава напрежението на вторичните изводи е равно с индуцираното във вторичната намотка е.д.н. $U_{20} = E_2$

В първичната намотка протича малък ток на празен ход I_{10} , а трансформаторът консумира от мрежата неголяма реактивна мощност Q_0 за намагнитването му и също така неголяма активна мощност P_0 , която не се оползотворява от никакъв консуматор, т.е. това са загуби на мощност в трансформатора. Ако се направи опит на празен ход, при който се измерят съответните величини, се изчислява факторът на мощност на трансформатора

$$\cos \varphi = \frac{P_0}{U_1 I_{10}}$$

Той има малка стойност, т.е. трансформаторът, работещ в празен ход, влошава фактора на мощността на мрежата, към която е включен. Малката стойност на $\cos \varphi_0$ съответства на голям ъгъл на дефазирание φ_0 напрежението U_1 и тока I_{10} т.е. токът на празен ход е предимно индуктивен. Токът I_{10} има две съставки: активна I_{0a} , свързана със загубите на мощност при празен ход, и реактивна (индуктивна) I_{0p} , свързана с възбуждането на магнитния поток, поради което се нарича намагнитващ ток.

Режим на натоварване е режимът, при който към вторичните изводи е свързан консуматор (товар) с импеданс Z_T и през вторичната намотка протича ток I_2 .

Вторичното напрежение се различава от индуцираното е.д.н. - $U_2 < E_2$. Мощностите P_2 и P_1 са приблизително равни, като разликата между тях са загубите. Трансформаторите работят при относително висок коефициент на полезно действие:

$$\eta = P_2 / P_1$$

Режим на късо съединение се получава, когато вторичните изводи са свързан през много малко съпротивление, т. е. накъсо, което е причина да протичат големи токове I_{1K} и I_{2K} наречени токове на късо съединение, и в двете намотки.

Консумираната мощност P_{IK} се превръща изцяло в топлина и всъщност е загуби в трансформатора,

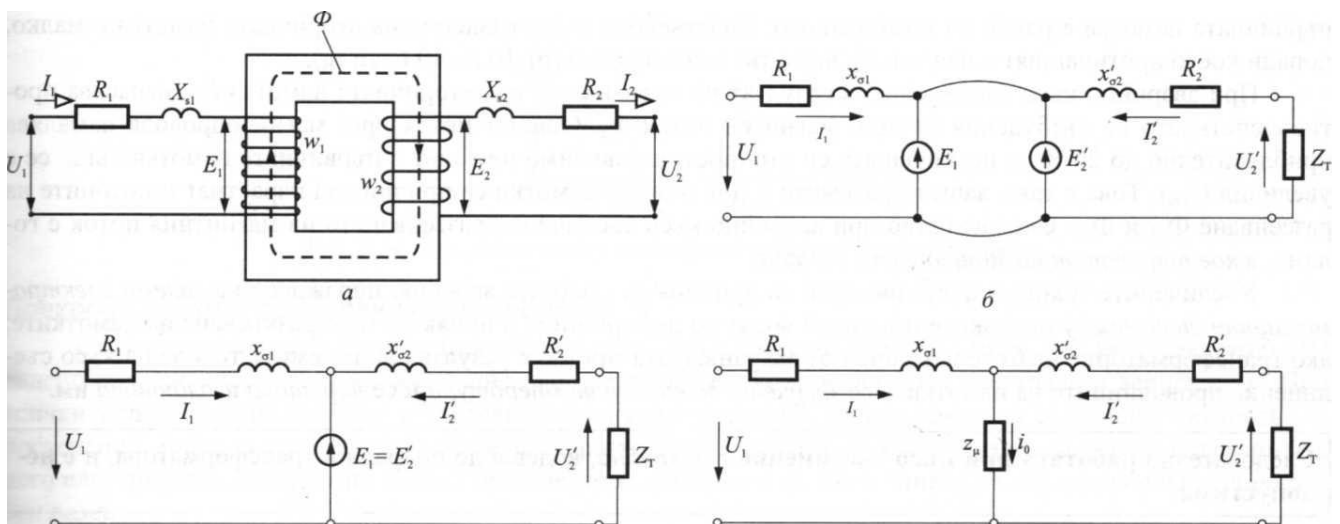
Продължителното действие на токовете на късо съединение води до бързо стареене на изолацията, пробив през нея, поява на къси съединения в намотките, т. е. трансформаторът се поврежда. За да се изследва трансформаторът, се прави *опит на късо съединение* при следните условия: подава се на първичната намотка напрежение, по-малко от номиналното с такава стойност, че токовете да са равни на номиналните.

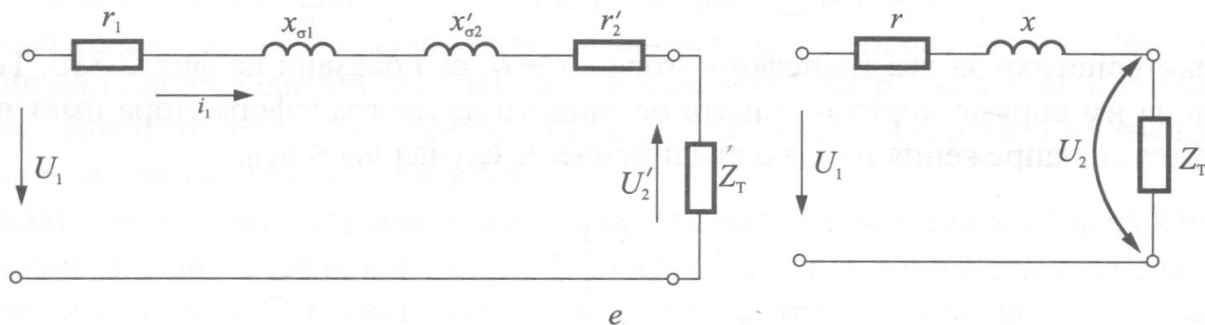
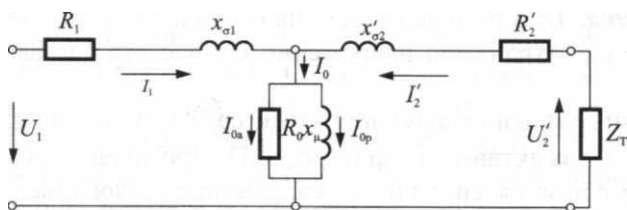
1.3 Заместващи схеми и параметри

Заместващата схема на трансформатора е схема на ел. верига, в която са обединени в едно независимите ел. вериги на първичната и вторичната намотки. Построението за една фаза е валидно и за другите две на трифазния трансформатор. Физическите явления и процеси в заместващата схема се различават от тези в реалния трансформатор, но основните зависимости, изразени чрез математически уравнения и мощности не се променят.

При преобразуването на схемата на еднофазен трансформатор в заместваща схема се използва т. нар. *приведен* трансформатор. За целта съпротивленията на намотките му мислено се извеждат извън него и по този начин се получава идеален трансформатор — намотките му са без собствени активни и индуктивни съпротивления. За да не се променят електромагнитните процеси, протичащи в действителния трансформатор, т. е. да се запазят стойностите на електрическите величини, последователно в двете страни на идеалния трансформатор са включени съпротивления с големината на реалните намотки. Така мощността, загубите и коефициентът на мощността на двете намотки се запазят същите след привеждането и приведеният трансформатор е равностоеен на действителния. Направените разсъждения са валидни и за трифазен трансформатор.

Привеждането на трансформатора изисква да се направят изчисления, съобразени с условието: равностойност на мощността, загубите и коефициента на мощността на двете намотки на приведения трансформатор с тези на реалния. Първо се приема, че броят на навивките на първичната и вторичната намотки е еднакъв ($w'_2 = w_2$), следователно коефициентът на трансформация на приведения трансформатор е $k_T = 1$ за разлика от този на реалния. Величините на приведения трансформатор се бележат с индекс прим ($'$).





Получаване на заместващата схема

- а* – схема на идеален трансформатор; *б* – еднакви е.д.н. в двете намотки;
- в* – обединяване на веригите; *г* – последователно свързани елементи в общия клон;
- д* – паралелно свързани елементи в общия клон; *е* – опростена заместваща схема

Номиналните величини на трансформаторите :

- номинална мощност – S_H , VA или kVA
 - номинални напрежения – U_{1H} и U_{2H} , V или kV
 - номинални токове – I_{1H} и I_{2H} , A
 - номинална честота – f_H , Hz
 - относително напрежение на късо съединение - u_k , %;
 - номинален коефициент на полезно действие - η_H ;
 - брой на фазите;
- схема и група на свързване.

1.4 Експлоатационни дейности при пускане. ТБ

На всички нови или дълго неработили трансформатори се извършват различни проверки и изпитания съгласно със заводската инструкция. Прави се външен оглед на външните части, проверяват се изолаторите за пукнатини или счупвания, казанът, капакът, разширителят и изолаторите се проверяват за течове, проверява се нивото на маслото в маслопоказателя, състоянието на видимите части на намотките и отводите от сухите трансформатори. Съгласно с правилниците е предвидено маслените трансформатори да се въвеждат в експлоатация, без да се изважда потопяемата част. Изваждане се прави само при необходимост, като се спазват следните условия: издигането на потопяемата част става само чрез ушите на капака, подемната част трябва да бъде отвесна, температурата ѝ да не е по-висока от температурата на въздуха. Отварянето да става на открито само при сухо време, във всички останали случаи - в затворено помещение. Потопяемата част може да остане извън казана до 24 h . При огледа се определя състоянието на притегателните съоръжения на магнитопровода и намотките, на изолацията, на съединенията, укрепването на отводите, движението на превключвателя. Всички замърсявания, особено на капака и арматурата, се отстраняват, счупените изолатори се подменят с нови. Електрическото състояние на трансформатора се определя чрез измерване съпротивлението на намотките и на изолацията, изпитва се електрическата якост на маслото и на изолацията . Ако диелектричната якост на маслото е със стойност, по-ниска от допустимата, се измерва влажността на изолацията и след това се преценява дали се налага сушене. Същото измерване се прави и на трансформатори, съхранявани дълго време в складове.

Всички констатации по време на ревизията, направените проверки, ремонти и изпитания се вписват в протокол, който се предава на персонала, извършващ предпусковите изпитания.

Паралелна работа

Два трансформатора работят паралелно, когато първичните и вторичните им намотки са свързани паралелно, т.е. на общи събирателни шини.

Нормална паралелна работа се осигурява тогава, когато товарът се разпределя пропорционално на мощностите им и между тях не протичат уравнителни токове. За да се постигне това е необходимо да се спазват следните условия:

1. Трансформаторите да имат еднакъв коефициент на трансформация. Ако това условие не е спазено, между трансформаторите протичат уравнителни токове, които предизвикват допълнителни загуби и водят до допълнително загряване.

2. Трансформаторите да имат еднакви относителни напрежения на късо съединение. При това се постига равномерно разпределение на товара, съотертно на номиналните мощности на трансформаторите.

3. Трансформаторите да имат една и съща група на свързване, т.е. линейните вторични напрежения да бъдат във фаза.

Преди включване на трансформаторите за паралелна работа се извършва сфазирание, т.е. установява се дали вторичните им напрежения съвпадат по фаза.

Преди включване в паралел се извършва сфазирание, т. е. установява се дали вторичните им напрежения съвпадат по фаза.

След проверка на условията за паралелна работа и сфазирание, първичните намотки на трансформаторите могат да се включат към захранващата мрежа, а вторичните към общи събирателни шини.

. В трансформаторните подстанции обикновено работят няколко паралелно свързани трансформатора, като номиналната мощност на всеки от тях е по- малка от тази на подстанцията. Предимствата на паралелната работа пред самостоятелна работа на трансформатор с общата мощност са:

- повишава се надеждността на електроснабдяването, независимо от това, дали има аварийно или планово изключване на един от трансформаторите;
- осигурява се по-голяма мощност от тази на един трансформатор;
- при малък товар, някои от трансформаторите се изключват от системата – така се намаляват загубите и се осигурчва икономична работа;
- може да се осигури редовно електроснабдяване, без да е необходим резервен трансформатор.

1.5 Методика за монтаж. ТБ

Монтаж на силови трансформатори

При монтажа на трансформаторите се изпълняват следните дейности: транспортиране, външен оглед, проверка на състоянието на изолацията, на демонтираните части (ако има такива), пречистване и наливане на маслото, поставяне на трансформатора на постоянното му място, свързване съобразно със схемата. Изпълнението на инструкциите на завода производител е важно, тъй като за повреди, причинени от неправилно транспортиране, неправилно съхраняване или некомпетентни действия при проверките и монтажа, гаранцията, давана от завода, не важи.

Транспортирането става най-често на два етапа - от завода производител до складовете на доставчика и от тези складове до мястото на монтажа. Товарно-разтоварните работи се извършват механизирано. При връзването се използват ушите или куките, предназначени за вертикално повдигане на целия трансформатор. Не се допуска връзване през казана, ребрата или която и да било друга част. При придвижване на малки разстояния за наместването му на мястото на монтажа се използват собствените му колела. За целта трябва да са монтирани релси, по които трансформаторът се придвижва.

Трансформаторите се вкарват в килиите след окончателното завършване на всички строителни и довършителни работи. За маслените трансформатори те трябва да имат изход навън, огнеустойчив под, стени и тавани. Тъй като завъртането на трансформатора на 90 или 180° вътре в килията е недопустимо, той предварително се обръща така, че колелата му да се движат по оста ѝ. Към задната или някоя от страничните стени трябва да се намира страната ВН, а маслопоказателното стъкло и стъклото на газовото реле да останат към вратата. Разстоянията между кожуха на трансформатора и стените са нормирани. След нагласяването му се проверява положението на капака на казана. Маслопроводът между разширителя и казана трябва да е под наклон от 2-4% към страната на трансформатора. Маслопоказателното стъкло на разширителя трябва да може удобно да се наблюдава без качване върху трансформатора. При наличие на газова защита горният капак на казана трябва да има подем към газовото реле, не по-малък от 1-1,5%. На маслопровода между разширителя и релето се монтира кран. Газовото реле се изследва в лаборатория преди монтажа. То се монтира хоризонтално. Термометрите също минават през лабораторни изпитания преди монтажа. Те се поставят в напълнени с масло гилзи, които се запущват. По този начин те се предпазват от влизането на прах и влага в тях. Скалите се ориентират така, че температурата да се контролира безопасно. Предпазната тръба на трансформатора се монтира на обратната страна на предвидения за ревизия проход. Тя се разполага така, че при аварийно изхвърляне на масло шините, кабелните глави и другите съоръжения да са предпазени от заливане. Системата за охлаждане на маслото - помпи, вентилатори, тръбопроводи, маслоохладители, се проверява и монтира съгласно с инструкцията на завода производител.

Предписаните наклони се осигуряват, като се повдига трансформаторът и под съответните колела се подлагат парчета стоманени шини. Колелата му се закрепват неподвижно (законтрят) по направлението им с клинове или П-образни скоби, за да се избегне преместването му по време на работа.

Свързването на трансформатора трябва да съответства на принципната схема на подстанцията. Отворите на шините и на изводите трябва да съвпадат точно. Съединителните връзки не бива да натоварват подпорните изолатори с допълнителни усукващи усилия.

Опорните профили и трансформаторът се заземяват към заземи-телната магистрала. Допирната повърхност между заземителната шина и под заземителния болт се почиства и намазва с тънък слой технически вазелин. За конструкциите това не се прави, тъй като те се заземяват чрез заваряване.

До пълното завършване на монтажа изводите и на високата, и на ниската страна се свързват накъсо и се заземяват. Така се предотвратява подаване на обратно трансформирано напрежение, което е възможно винаги в условията на монтажа. Поставят се табелки "заземено" върху задвижванията на прекъсвачите и разединителите на изводите на трансформатора. Те както и заземленията се снемат непосредствено преди подаване на напрежение към уредбата. Всеки трансформатор се снабдява с постоянни надписи, които показват номера му по схемата и диспечерското му наименование.

В ОРУ трансформаторите се боядисват в светлосив цвят. Когато вали дъжд и има мълнии, не се разрешава качване, допиране и работа по трансформаторите.

При изсушаването на трансформаторите корпусите им трябва да са заземени или занулени. Работа под повдигнат капак на трансформатор се допуска при условие, че между капака и казана е поставена подложка. Казанът се промива само с трансформаторно масло. Употребата на бензин е недопустима. Използването на огнеотделящи апарати не се разрешава. Събирането на остатъци от маслото и почистването на вътрешността на казана се разрешава само при изваден магнетопровод. При употреба на стълби вън или вътре в казана на трансформатора те трябва да бъдат добре закрепени.

1.6 Релейни защиты при трансформаторите; действие, приложение.

Факторите, които определят избора на защитите на силовите трансформатори са:

Мястото на трансформатора в ЕЕС - трансформаторът понижаващ ли е или повишаващ. В ЕСПП трансформаторите са най-често понижаващи, токовете на к.с. са значително (8-20 пъти) по-големи от номиналните и защитите имат достатъчна чувствителност.

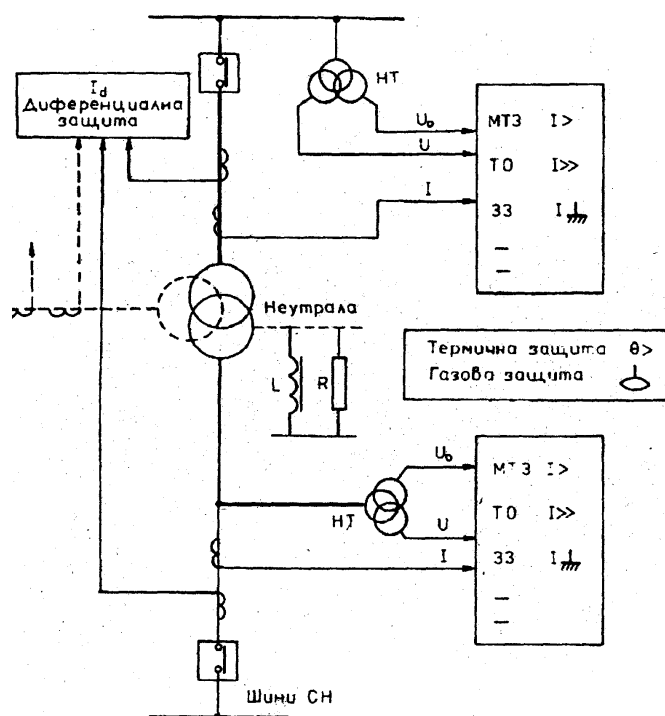
Брой на работните намотки: двунамотъчни и тринмотъчни трансформатори

Мощност на трансформатора.

Номинални напрежения на намотките.

Изисквания на ЕЕС към трансформаторните защиты за селективност, чувствителност при вътрешни повреди и незаработване при външни, бързодействие и резервиране на защитите на изходящите линии.

Изисквания на производителя на трансформатора за чувствителност, бързодействие и надеждност на релейната защита.



Изискваните релейни защиты на трансформатори (и автотрансформатори) с напрежение на високата страна 2кV и по-високо се определят от Наредба №3. Предвиждат се защиты от следните **видове повреди и ненормални режими на работа**:

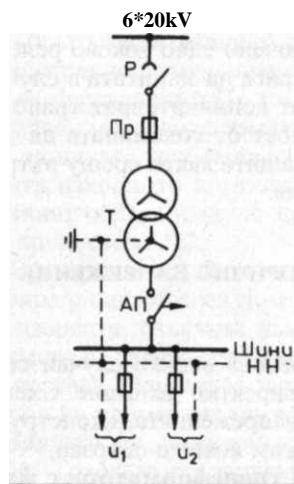
- междофазни к.с. в намотките и техните изводи;
- къси съединения между намотките на една и съща фаза;
- еднофазни з.с. в мрежи с голям ток на з.с.;
- външни к.с. (извън трансформатора);
- претоварване на трансформатора;
- отделяне на газове в казана и понижаване на нивото на маслото.

За защита на трансформаторите се използват следните защиты:

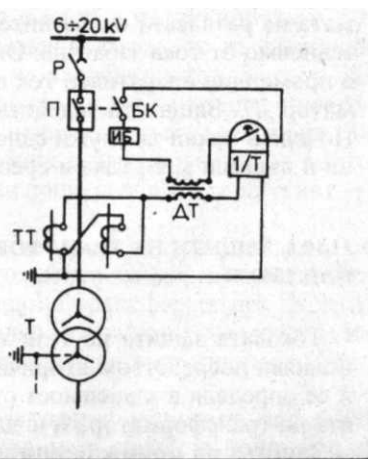
Надлъжна диференциална защита; Максималнотокова защита и токова отсечка
Газова защита; Термична защита

За защита срещу всички видове повреди в трансформаторите се използва токова защита. Тя се поставя винаги към първичната (захранващата) намотка. Изпълнява се посредством предпазители със стопяема вложка или релета. На трансформаторите с мощност 400 kVA и повече, когато имат прекъсвач и когато подстанцията е с дежурен персонал, се поставя газова защита.

Токова защита с предпазители със стопяема вложка. Това е най-честата и евтина токова



Фиг.11.



Фиг. 11.42

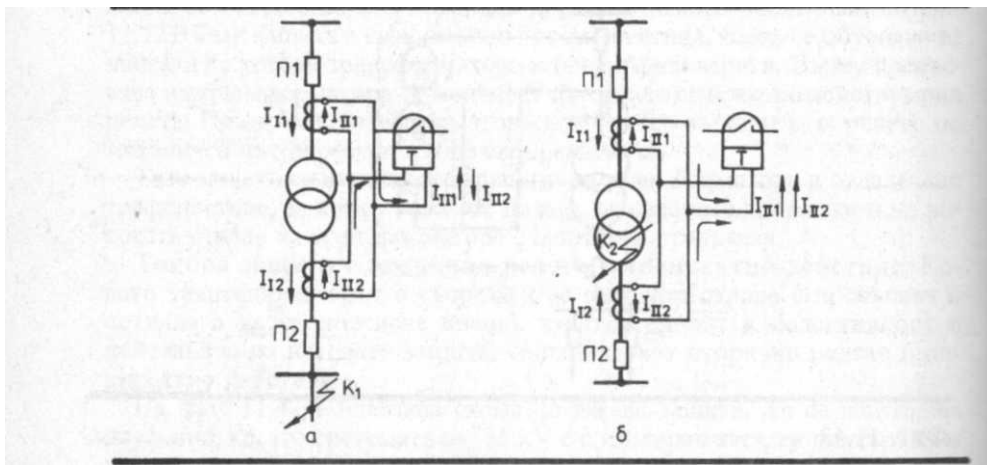
защита. Тя се изпълнява с предпазители за съответното номинално напрежение, които се поставят на трите фази откъм захранващата страна на трансформатора така, както е показано на **фиг. 11.41**. Понякога вместо отделен разединител P и предпазители Pr се използва комбиниран разединител-предпазител.

Защитата, изпълнена с предпазители, има недостатък, че когато изключи само един от предпазителите, трансформаторът остава да работи на две фази на високото напрежение. Това е нежелателно за консуматорите, тъй като съответната фаза на ниската страна получава силно понижено напрежение. Освен това вложката на предпазителя прегаря при ток, много по-голям от номиналния ток на предпазителя, което прави защитата доста груба и непригодна за защита срещу претоварване. За защита на трансформаторите срещу претоварване се използват главните предпазители или автоматичният прекъсвач на ниската страна.

Токова защита с вторични релета с индиректно действие. Когато трансформаторът е съоръжен на високата страна с прекъсвач и се налага да се постигне висока чувствителност и селективност в действието на неговата защита, се използват вторични релета с индиректно действие.

На **фиг. 11.42** е показана схема на такава защита. Тя се изпълнява двуфазно, когато системата 6—35 kV е с изолиран звезден център. Към вторичните намотки на двата токови трансформатора, свързани по схемата на разликата от фазните токове, е включено едно токово реле със зависимо от тока забавяне. Оперативната верига на защитата в случая е с променлив оперативен ток и се захранва от допълнителния трансформатор $ДТ$. Защитата задействува в зависимост от големината на тока. По такъв начин тя служи едновременно за защита както срещу вътрешни и външни к. с, така и срещу претоварване.

Защитата на трансформатори с мощност над 6300 kVA срещу вътрешни к. с. се осъществява посредством надлъжна диференциална защита с циркулиращи токове. За осъществяването ѝ към двете страни на защитавания трансформатор се поставят токови трансформатори, вторичните намотки на които се свързват последователно помежду си, а паралелно към тях се включва токовото реле, така както е показано на **фиг. 11.44**. По този начин в защитаваната зона влизат както трансформаторът, така и тоководещите части между токовете трансформатори.



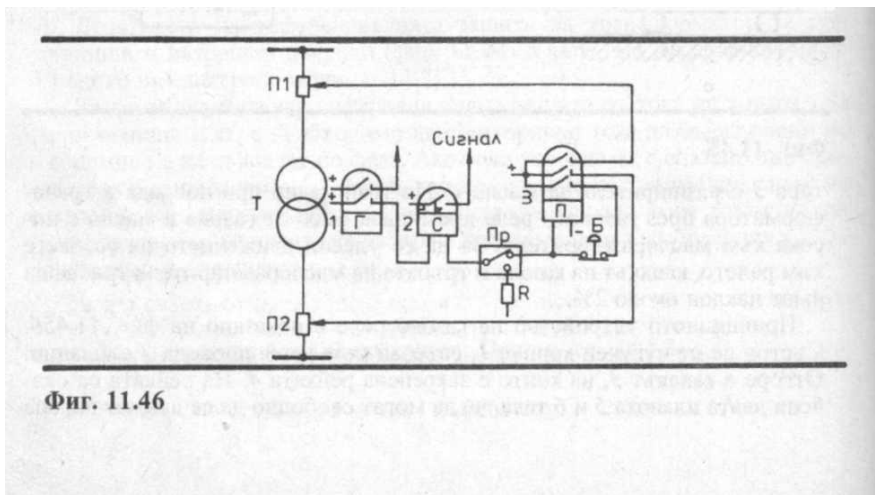
Фиг.11.44

За да не задействува диференциалната защита от тока на товара или при външни к. с, е необходимо двата вторични тока да бъдат равни по големина и да съвпадат по фаза

Принципната схема на газова защита с постоянен оперативен ток е показана на **фиг. 11.46**. Тя се състои от газовото реле 1, сигналното реле 2 и помощното реле 3. Горните контакти на газовото реле подават оперативно напрежение за сигнализация, а долните му контакти през намотката на сигналното реле 2 подават напрежение към помощното реле 3. Последното се самозадържа, за да осигури правилно действие на защитата, когато струята от газове и масло, излизаща от казана на трансформатора, действа на тласъци и долните контакти на газовото реле затварят оперативната верига с прекъсване. Още при първия макар и краткотраен тласък на струята и първото затваряне на долните контакти на газовото реле помощното реле 3 затваря контактите си и се задържа до момента на ръчно натискане на бутона *Б* независимо от положението на долните контакти на газовото реле.

Предимствата на газовата защита се състоят в нейната простота и голяма чувствителност. Газовото реле не само че реагира на всички повреди в казана на трансформатора, но при това реагира, докато те са още в начален стадий на развитие. Ето защо газовата защита се поставя на всички трансформатори с мощност 400 kVA и повече, при условие че те са присъединени чрез прекъсвачи и подстанцията има дежурен персонал.

По свойствата на газовете в газовото реле (цвят, мирис и способност да горят) може да се съди за вида на повредата. По количеството на отделения газ може ориентировъчно да се прецени големината на повредата. Цветът на газа трябва да се проверява незабавно след изключването, тъй като след време газът се обезцветява. Бяло-сив газ, който не гори, но е с остра миризма, показва, че има повреда на изолационни материали, като хартия, картон и др. Жълт, трудновъзпламеняващ се газ показва повреда на дървени части, а тъмносив или черен свидетелствуват за разлагане на маслото от електрическа дъга. Безцветен газ без миризма показва, че е отделен въздух. Паленето на газовете за проверка става на кранчето на релето, като се внимава да не се предизвика случаен пожар от лесногорими материали или масло по капака на трансформатора. На същото кранче се проверява миризмата, а цветът — на прозорчето на релето.



Фиг. 11.46

1.7 Автоматично повторно включване

Известно е, че в повечето случаи к. с. са преходни. Статистиката за аварията в електрическите мрежи показва, че в много случаи к. с. са кратковременни и неустойчиви. При бързо изключване възникналата електрическа дъга загасва, без да успее да се развие и причини повреди. Достатъчно е след изключването да измине време около 0,2 s, за да се дейонизира въздухът в мястото на дъгата. Ако няма нанесени трайни повреди, при следващото включване дъгата няма да се възобнови.

Релейната защита, която осигурява изключване и след кратко време включване на засегнатото от повреда електрическо съоръжение, се нарича устройство за автоматично повторно включване (АПВ).

Времето за действие на АПВ е желателно да бъде колкото е възможно по-малко, за да се осигури самопускане на двигателите. Разбира се, това време зависи и от схемата на електроснабдяването. За мрежите на промишлените предприятия това време се приема 0,2—0,5 s.

Устройствата за АПВ могат да бъдат с еднократно, двукратно или трикратно действие.

Еднократно се нарича това АПВ, при което след изключване от защита става отново само едно включване. Ако след включването защитата отново изключи, АПВ се извежда от действие и второ включване не може да има. Поради простотата му АПВ с еднократно действие се прилага най-често.

АПВ с двукратно или трикратно действие се прилагат много по-рядко. Те не са достатъчно ефикасни. Статистически е доказано, че действието на двукратното АПВ е успешно в 10—12% от всички аварийни изключвания, а на трикратното АПВ — в около 2%. При това за двукратно и трикратно АПВ се изисква много апаратура, която усложнява схемите и намалява тяхната сигурност.

По изпълнение АПВ биват трифазни и еднофазни. При трифазно АПВ повторно се включват трите фази едновременно. При еднофазно АПВ повторно се включва само изключената фаза. То се използва при напрежение над 110 kV, когато прекъсвачите имат отделно задвижване за всяка фаза. Еднофазното АПВ има предимство, че захранването не се прекъсва, въпреки че потребителите остават за много кратко време да работят на две фази.

По начина на въздействието върху прекъсвача АПВ биват електрически и механични. Електрическо АПВ се използва, когато прекъсвачът има дистанционно включване. Електрическото АПВ може да бъде с автоматично или с ръчно връщане в изходно положение след успешно или неуспешно действие. При механично АПВ включването на прекъсвачите става от пружини.

Към устройствата за АПВ се поставят следните изисквания:

Не трябва да действуват, когато изключваме даденото съоръжение ръчно, дистанционно или чрез телеуправление, а също и при изключване от защитата непосредствено след ръчно включване.

Импулс за автоматично включване на прекъсвача трябва да се подава, след като той се върне в изходно положение. Импулсът трябва да е достатъчно дълъг по време, за да може прекъсвачът да включи.

АПВ трябва да има възможности за ускоряване на действието на защитата, което води до намаляване на пораженията от *I*. к. с.

При електропроводи с двустранно захранване АПВ се изпълнява с контрол на синхронизма, с контрол за наличие на насрещно напрежение или с улавяне на момента на синхронизма.

Схемите на АПВ могат да бъдат с постоянен или с променлив оперативен ток.

При въздушни електропроводи с едностранно захранване АПВ се осъществява независимо от това, коя от защитите е изключила електропровода. При въздушни електропроводи с двустранно захранване АПВ се осъществява по същия начин, но след като устройството за АПВ направи проверка за наличие на синхронизъм или за отсъствие на напрежение от насрещно захранване.

Използуването на променлив оперативен ток в схемите на АПВ изисква прекъсвачите да бъдат с пружинно задвижване или чрез тежести, за да може да стане включване само с освобождаване на пружините или тежестите. Това е механично АПВ с еднократно действие.

За да има готовност за ново действие на АПВ, задвижвания-та се зареждат ръчно или чрез малки електрически двигатели.

Често се прилага ускорение на действието на защитите преди или след автоматичното повторно включване.

Ускорение на защитата преди АПВ може да се получи с бързодействаща неселективна защита, но при наличие и на основна селективна защита. Такова ускорение се използва и при по-неотговорни потребители и по-прости схеми на електроснабдяване (напр. радиални схеми с малки отклонения). Първото изключване се извършва от защитата с неселективно действие, а второто — от тази със селективно действие.

Ускорение на защитата след АПВ може да се получи чрез използване на бързодействаща защита, която се въвежда автоматично при включване към неотстранено к. с. След изключването тази защита се извежда от действие.

Използва се при единични трансформатори или при такива, които не работят паралелно, а разделени. Схемата действа при изключвания само от максималнотокова защита и се блокира при изключване на трансформатора от диференциална или газова защита.

АПВ на шини. При изключване на шинните системи, особено на откритите подстанции, к. с. могат бързо да изчезнат и електроснабдяването да се възстанови. Затова АПВ на шините е твърде ефикасно. Схемите за АПВ се усложняват само при сложни схеми на шините.

АПВ на електродвигатели. Предвижда се при напрежения 3—10 kV. За да се осигури самопускането на най-отговорните двигатели, едва след като се развъртят и заработят нормално, чрез АПВ се пускат по-малко отговорните. АПВ за двигатели се използва, макар и рядко, и при напрежение до 1000 V, като също трябва да се осигуряват условия за самопускане.