

## Електрическа дъга при постоянен и променлив ток

Експлоатацията на комутационните апарати е свързана с често включване и изключване на контактните им системи. При изключване на електрическа верига с ток между контактните тела възниква електрическа дъга.

Тя е **вид електрически разряд в газова среда**, при който между двойката раздалечени контактни тела протича ток.

Носители на тока в канала на дъгата **са електрони, йони и метални пари**. Високата температура на плазмата в канала (над  $6000^{\circ}\text{C}$ ) предизвиква **термична йонизация**. Под действие на електрическото поле, създадено от електродите (двойката контактни тела), се **получава насочено движение на заредените частици**.

Едновременно с йонизацията в канала на дъгата се извършват и процеси на **дейонизация**. Те се дължат на

- **охлаждането на дъгата** (намалява се температурата),
- **на дифузия** (заредени частици излизат извън канала) и

- на рекомбинация (неутрализиране на зарядите).

Проблемите на дъгогасителните процеси са важни за практиката.

Дъговете разряди причиняват

-окисляване,

-разтопяване и

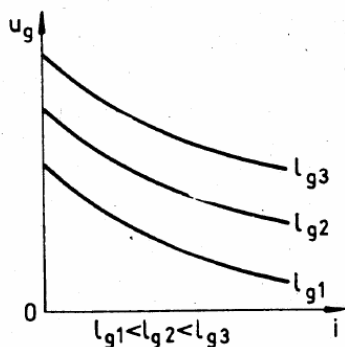
-загуба на контактния материал поради изпаряване и разпръскване в околното пространство.

**Дълготрайността** на контактната система се оценява чрез нейната **електрическа износоустойчивост**. Това е способността на контактните тела, **изразена чрез броя на комутационните цикли**, които те могат да извършат и след това да останат в определено състояние. Изпитването за проверка на електрическата износоустойчивост се провежда, като се комутират токове във вериги със зададени параметри и режими, посочени в стандартизационните документи на отделните видове комутационни апарати.

При включване и изключване на електрически вериги се появяват **комутационни пренапрежения**. Те превишават номиналните напрежения на електросъоръженията и представляват опасност за изолацията им. Големината на тези пренапрежения зависи от дъгогасителните процеси в комутационните апарати и от параметрите на веригата. Изучаването на дъговете процеси е

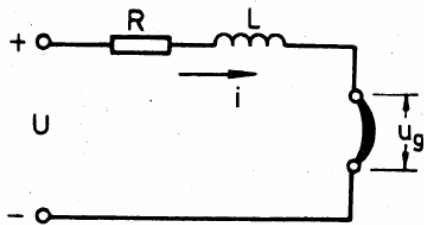
необходимо и във връзка с приложението им в уредбите за електродъгово заваряване, електроискрова обработка и други технологични методи.

Електрическата дъга може да се разглежда като **цилиндричен газов проводник**, който свързва двете контактни тела при раздалечаването им. Съпротивлението на дъгата  $\gamma_d$  зависи от нейната дължина  $l_d$  и от тока през дъгата  $i$ .



Фиг. 2.4. Характеристики  $u_d(i)$  при различна дължина на постоянно-токова дъга

На фиг. 2.4 са показани характеристики  $u_d=f(i)$  на постоянно кова дъга. При **по-големи токове** температурата на плазмата и степента на йонизация в канала на дъгата са големи, а **съпротивлението**  $\gamma_d$  е **много малко**. Поради това напрежението на дъгата  $u_d$  е **по-малко**. Обратно, с намаляване на тока се



Фиг. 2.5. Схема на верига за постоянен ток при изключване

увеличава степента на дейонизация, а съпротивлението и напрежението на дъгата нарастват (при  $i_d = \text{const}$ ).

Когато дъгата се удължава (на фиг. 2.4  $i_{d1} < i_{d2} < i_{d3}$ ), съпротивлението  $\Gamma_d$  и напрежението  $u_d$  се увеличават (при  $i = \text{const}$ ).

Най-напред ще бъде разгледана постояннотокова електрическа

верига с напрежение  $U$ , която се състои от последователно свързани резистор със съпротивление  $R$ , индуктивен елемент с индуктивност  $L$  и контактна система (фиг. 2.5). Процесът на изключване на веригата се изследва с помощта на уравнението

$$(2.3) \quad U = Ri + L \frac{di}{dt} + u_d.$$

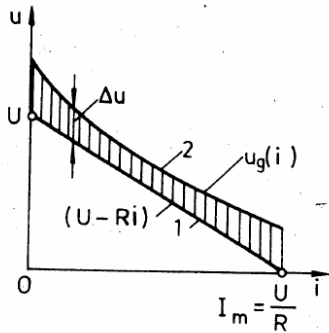
Тъй като зависимостта на напрежението на дъгата от тока е нелинейна, трябва да бъде известна характеристиката  $u_d = f(i_d)$ . За да се **изгаси дъгата за време  $t_d$** , е необходимо да се създадат условия, при които токът във веригата-намалява непрекъснато от началната си стойност до нула.

Следователно, за да се угаси дъгата, **производната на тока трябва да бъде отрицателна**. От (2.3) следва

$$(2.5) \quad L \frac{di}{dt} = (U - Ri) - u_d < 0.$$

Тогава условието за гасене на постояннотоковата дъга е

$$(2.6) \quad \boxed{U - Ri < u_d}$$



Фиг. 2.6. Към определяне на условието за гасене на електрическа дъга при постоянен ток

Това условие е илюстрирано на фиг. 2.6.

**Правата 1** представлява лявата страна на неравенството (2.6) в границите на изменение на тока, зададени от (2.4). Дясната страна на неравенството (2.6) е изобразена чрез характеристиката на дъгата  $u_A = f(i)$  — крива 2. Следователно за всяка стойност на тока **дъгогасителното устройство** на комутационния апарат трябва да осигури **характеристика 2**, която е разположена над правата 1. Тогава се получава

$$(2.7) \quad \Delta u = |(U - Ri) - u_A| = \left| L \frac{di}{dt} \right|.$$

Времето за изгасяване на дъгата може да се определи от последното уравнение:

$$(2.8) \quad t_x = L \int_{I_m}^0 \frac{di}{\Delta u}$$

Дъгата се **гаси сигурно и бързо при по-големи стойности на  $\Delta u$** . Това се постига чрез изместване на характеристиката 2 над **правата 1**, например чрез удължаване на дъгата.

В момента на загасване на дъгата

$$(i = 0, t = t_d)$$

Тогава от (2.3) може да се определи напрежението между контактните тела:

$$(2.9) \quad u_d \Big|_{t=t_d} = U + L \frac{di}{dt} \Big|_{t=t_d}$$

Вижда се, че във веригата се **получава пренапрежение**, което се дължи на втория член на (2.9).

Могат да се направят следните изводи.

- **При по-голяма индуктивност** на контура **се увеличават времето** на горене на дъгата **и пренапрежението**.

- Колкото по-голяма е скоростта на гасене на дъгата (производната на тока), толкова по-грлямо е пренапрежението при изключването на веригата. Последното означава, че **стрежежът за проектиране на комутационни апарати с краткотрайно действие на дъгата и увеличена електрическа износоустойчивост** на контактната система трябва да се съобразява с допустимите пренапрежения от гледна точка на **изолацията**.

Процесите на **гасене на постояннотоковата и променливотоковата** дъга се различават съществено.

Електрическата дъга при **променлив ток се гаси по-лесно** от тази при постоянен ток. Променливият ток периодично се анулира независимо от процесите в дъгата. В момента, **когато токът стане нула**, притокът на **енергия** към контактната система се прекратява, **температурата на плазмата** и на контактните тела намалява и са налице **благоприятни условия за дейонизация** на дъгата. В същия момент започва преходен процес, при който едновременно **се възстановяват**

- **напрежението между раздалечените контактни тела**
- **и диелектричната якост** на междината между тях.

**Окончателното изгасване** на дъгата зависи от съотношението между тези две величини. Ако при **първото анулиране на тока** след отделянето на контактните

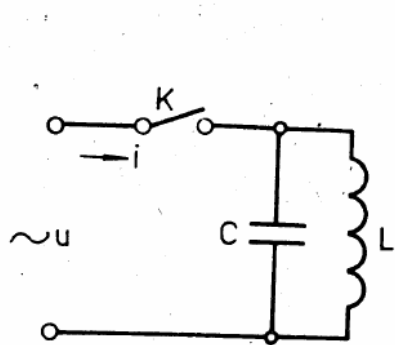


тела напрежението между тях стане равно на диелектричната якост на контактната междина, **дъгата се запалва отново** през следващия полупериод.

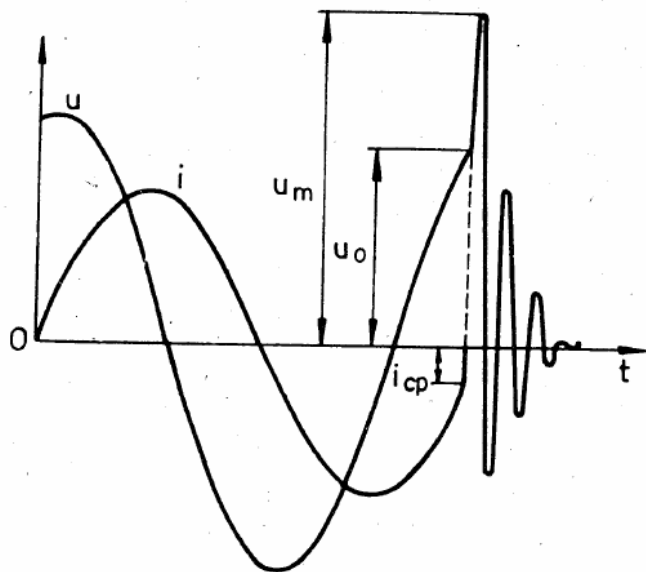
Ако след загасването на дъгата **диелектричната якост между контактните тела е по-голяма от напрежението между тях**, дъгата не се запалва повторно.

Дъгогасителните устройства на съвременните комутационни апарати имат висока ефективност. Затова **дъгата се гаси през първия полупериод** след отварянето на контактната система. При повечето комутационни апарати се **получават условия за дейонизация на дъгата**, преди токът да достигне нулевата си стойност. **Моментната стойност на тока**, при която загасва дъгата след изключването на комутационния апарат, **се нарича ток на срязване**. Поради ефекта на срязване на тока в променливотоковите електрически мрежи се появяват при изключване **комутационни пренапрежения със значителни стойности**.

На фиг. 2.7 а е показана еднофазна електрическа верига, от паралелно свързани индуктивност  $L$  и капацитет  $C$  протича колебателен процес без затихване. От енергийния баланс в момента на изключването следва



а



б

Фиг. 2.7. Схема на еднофазна верига за променлив ток (а) и пренапрежение, дължащо се на срязването на тока при изключването ѝ (б)

(2.10)

«

Тук  $u_0$  е моментната стойност на напрежението  $u$  в момента на загасване на дъгата, а  $i_{cp}$  — токът на срязване.' максималната стойност на пренапрежението е  $u_m$

След изключването напрежението се колебае с честота, равна на собствената честота на контура:

На практика колебателният преходен процес затихва бързо поради наличието на **активно съпротивление**.

**Дъгогасителните процеси** в комутационните апарати **за ниско и високо** напрежение се различават съществено. Те зависят и от вида на дъгогасителното устройство.

## Дъгогасителни устройства

**Дъгогасителното устройство** е съставна част на комутационните апарати. То създава условия за гасене на електрическата дъга чрез ускоряване на **дейонизацията**. От (2.6) следва, че действието на дъгогасителното устройство трябва да предизвиква горене на дъгата при по-високо напрежение  $u_d$ . Някои от съществуващите методи и устройства за гасене на дъгата са разгледани по-долу.

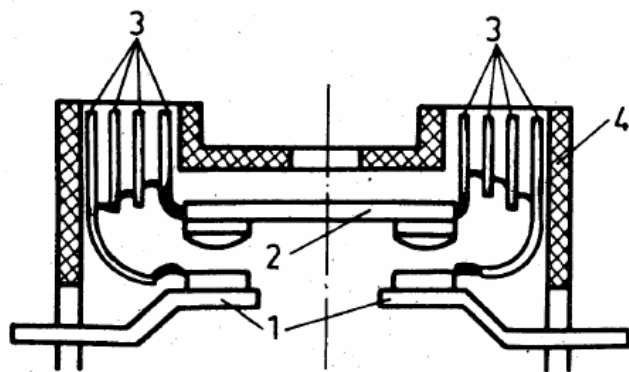
### Гасене чрез естествено удължаване на дъгата

Този метод се прилага предимно при променливотокови комутационни апарати за ниско напрежение с относително малък номинален ток (до около 60 А). При изключване дъгата се удължава поради увеличаване на разстоянието между подвижното и неподвижното контактнo тяло. Освен това дъгата се разтяга под действието на електродинамичните сили, образувани от взаимодействието на тока в дъгата и в останалите части на контура. Удължаването на дъгата води до увеличаване на съпротивлението  $\dot{y}$ , а чрез него и на  $i_d$ . Дъгата се охлажда чрез движението на нагорещения въздух (естествена конвекция). Описаното дъгогасене не е особено ефективно, но води до евтини конструкции. То се прилага в лостовите и пакетните прекъсвачи.

## Гасене чрез дъгогасителни камери

Дъгогасителните камери се изработват от огнеупорна керамика и дъгоустойчиви пластмаси. Те запазват електроизолационните си качества въпреки действието на краткотрайните и неравномерни нагрявания от високата температура на дъгата. Съществуват **два типа дъгогасителни камери — с тесни канали и с дейонна решетка.**

При *дъгогасителните камери с тесни канали* дъгата се разтяга от електродинамични сили и от термосинфонния ефект поради загряването на въздуха. Тя принудително навлиза в зоната на тесния канал, допира се до стените на камерата, охлажда се, дейонизира се и загасва. Такива камери се употребяват при някои контактори и автоматични прекъсвачи.



**Фиг. 2.8.** Дъгогасителна камера с дейонна решетка

**1** — неподвижни контактни тела,  
**2** — подвижни контактни тела, **3** —  
стоманени пластини, **4** — камера

Примерно изпълнение на дъгогасителна камера с дейонна решетка е показано на фиг. 2.8. Контактната система е същата като показаната на фиг. 2.2. В стените на камерата 4 са вградени стоманените пластини 3, които образуват дейонната решетка. При изключване между неподвижното контактно тяло 1 и

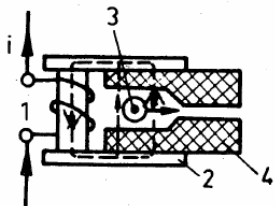
подвижното контактно тяло  $2$  се запалва дъга. Под влиянието на електродинамичните сили дъгата се премества в зоната на пластините  $3$  и се разделя ст тях на няколко къси дъги. Между двете контактни тела и  $n$  броя стоманени пластени се полчават  $n-1$  къси дъги. Така на фиг. 2.8 вместо по една дъга на всяка контактна междина се получават по  $5$  къси дъги. Тези дъги горят независимо една от друга и са свързани последователно. Сумарното напрежение на дъгата се увеличава. Дъгата се дейонизира и гаси.

$1$  — неподвижни контактни тела,

$2$  — подвижни контактни тела,  $3$  — стоманени пластини,  $4$  — камера

Дъгогасителните камери с дейонна решетка се използват при. комутационните апарати за променлив ток.

## Гасене с помощта на магнитно поле



Фиг. 2.9. Гасене на дъгата с магнитно поле

1 — дъгогасителна бобина, 2 — магнитопровод, 3 — електрическа дъга, 4 — дъгогасителна камера с тесен канал

В някои комутационни апарати, за да се изгаси по-бързо дъгата, се възбужда магнитно поле от специална бобина с няколко навивки, свързана последователно с контактната система. Този вид дъгогасене е показан на фиг. 2.9 за постояннотоков контактора. Бобината 1 е навита върху стоманено ядро, което заедно с двете стоманени пластини образува магнитопровода 2. Контактната система е разположена така, че каналът на дъгата 3 да е перпендикулярен към линиите на магнитното поле. От взаимодействието на магнитното поле и тока в дъгата се получава електро-динамична сила, чиято посока може да се определи по правилото на лявата ръка. Силата е насочена така, че да разтегля дъгата и да я премества в тесния канал на дъгогасителната камера 4 където дъгата се дейонизира и гаси.



При някои типове променливотокови контактори за високо напрежение дъгогасенето с помощта на **магнитно поле е съчетано с използването на дейонна решетка**. Ефективността на процеса на гасене е голяма, тъй като значително се увеличава скоростта на преместване на дъгата спрямо решетката и стените на камерата.

### **Други видове дъгогасителни устройства**

В променливотоковите **комутационни апарати за високо напрежение** се използват редица дъгогасителни устройства с доказана висока ефективност, които са способни да изключат много големи мощности при къси съединения в електрическите мрежи. Названията на съответните прекъсвачи са свързани с методите за гасене на дъгата.

### **Маслени и маломаслени прекъсвачи**

При първите **трансформаторното масло** служи за гасене на дъгата и за осигуряване на необходимата изолация на тоководещите детайли.

При вторите **маслото** се използва като **дъгогасително средство** и за изолация между контактните тела при **отворена контактна система**.

Високата температура на дъгата предизвиква **изпаряване и разлагане** на трансформаторното масло. Около контактните тела се образува парогазов мехур, **който охлажда, дейонизира и гаси дъгата.**

### **Въздухоструйни прекъсвачи**

При тях за гасене на дъгата се използва сгъстен въздух, който се получава от специални пневматични уредби. При изключване сгъстеният въздух охлажда и издухва дъгата. Постъпването на свеж, нейонизиран въздух способствува за **възстановяването на висока диелектрична якост** между контактните тела.

### **Вакуумни прекъсвачи**

Контактните тела на всяка от трите фази са разположени в отделни вакуумни камери. Вакуумът има силно дейонизиращо действие и дъгата се гаси много бързо.

### **Елегазови прекъсвачи**

Камерите на тези прекъсвачи са запълнени със SF<sub>6</sub> (серен хексафлуорид) — газ с много добри диелектрични и дъгогасителни свойства.

# Електрически апарати за управление и защита

## Общи сведения

Електрическите апарати, които се използват за управление и защита на електрически вериги, са предназначени за

- **пускане, спиране и регулиране** на електрически двигатели
- **включване, изключване и превключване** на различни електрически консуматори;
- **сигнализиране и защита от претоварване и къси съединения** на електрическите мрежи, електрическите машини или други електрически уредби.

Електрическите апарати се характеризират с голямо, разнообразие в устройството и конструктивното си изпълнение. Те могат да бъдат класифицирани по редица признаци.

1. **По начина на управление** - с ръчно и с автоматично управление.
2. **Според предназначението**-за управление, за защита, за сигнализация и т. н.
3. **По вида на тока** — за постоянен и за променлив ток.
4. **Според напрежението**, за което е оразмерена изолацията — за ниско или за високо напрежение.
5. **По големината на тока**, за който е оразмерена контактната система — силови апарати и апарати за управление.
6. **Според начина на комутиране** — контактни и безконтактни.

Един от основните параметри на електрическите апарати е тяхната **комутиционна способност**. Тя се изразява чрез максималния ток, който може да се комутира от апарата без опасност от повреда или разрушаването му.

Друг важен параметър, характеризиращ контактните апарати, е **износоустойчивостта на главната контактна система**. Тя е **електрическа и механична**. Електрическата се изразява с **броя на комутиционните цикли**, след които контактните тела са напълно ерозирали и трябва да се подменят.

Механичната износоустойчивост се изразява в общия случай с броя на комутационните цикли, след които апаратът като цяло е износен и негоден за работа.

Важно значение за работата на електрическите апарати имат и други параметри, като допустима честота на комутиране, режим на работа, конструктивни особености, свързани с експлоатацията и т. н.

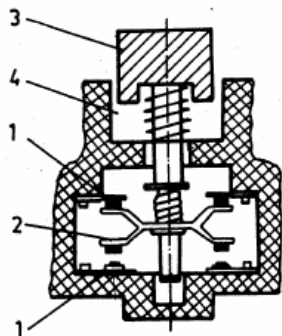
# Апарати с ръчно управление

## Командоапарати

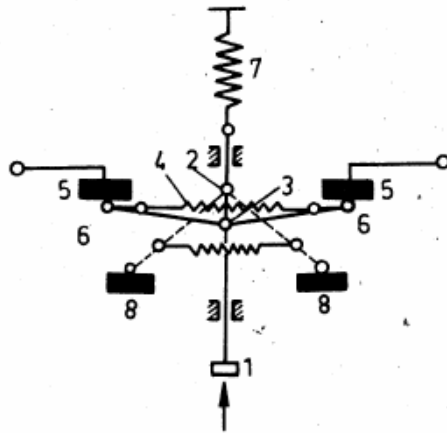
**Командоапаратите** са предназначени за многократно включване, или изключване на веригите за управление на силовите електрически апарати. Понякога те се използват и за непосредствено пускане на електрически машини с малка мощност, за включване на електромагнити и други съоръжения. Командоапаратите могат да се управляват ръчно- бутони, ключове, командоконтролери, или се привеждат в действие от контролния механизъм-пътни превключватели.

**Бутони за управление.** Това са помощни прекъсвачи, които се използват в различните схеми за **пускане, спиране и реверсиране на двигателите**, за **включване и изключване на веригите на електромагнитите**, които комутират главни вериги.

На фиг. 4.1 е показано устройство на бутон за управление без самозадържане, който съдържа неподвижни контактни тела 1, подвижни 2, бутон 3, възвратна пружина 4. Бутоните се изработват за напрежение до 500 V (постоянно или променливо) и са предназначени за прекъсване на малки токове - до 6 A.



Фиг. 4.1. Бутон за управление без самозадържане



Фиг. 4.2. Бутон за управление със самозадържане

Принципната схема на действие на **бутон със самозадържане** е показана на фиг. 4.2. Бутонът се поддържа в нормално положение от пружината 7 (в случая са затворени неподвижните 5 и подвижните 6 контактни тела), при което възловата точка на лостовата система се намира в долно положение 3. При натиск върху бутона 1 по посока на стрелката възловата точка започва да се премества нагоре и при положение 2 под действието на пружината 4, която се стреми да се свие и прибере лостовете, става бързо изключване; подвижните

контактни тела се преместват изведнъж (с отсечка), като контактуват с неподвижните 8.



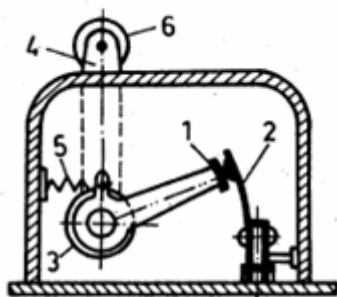
**Ключове и превключватели.** Ключовете имат формата и конструкцията на бутонните прекъсвачи и се използват, когато е необходимо да се включват много и разнообразни вериги - например за звукова и светлинна сигнализация и др. Изработват се за напрежение до 500 V и са предназначени за редки превключвания при работа в закрити помещения.

Превключвателите могат да имат различни секции с възможност да се включват в различни моменти от времето. Затова в каталозите обикновено се прилага диаграма за положенията на контактите на универсалните превключватели.

## Крайни прекъсвачи

**Краен или пътен е прекъсвачът**, който извършва превключвания в главната или оперативната (управляващата) верига на дадено съоръжение в края на пътя, изминат от работния механизъм. Този вид прекъсвачи се използва за целите на **автоматичното управление на механизмите** и за аварийното им изключване при напрежение до 500 V.

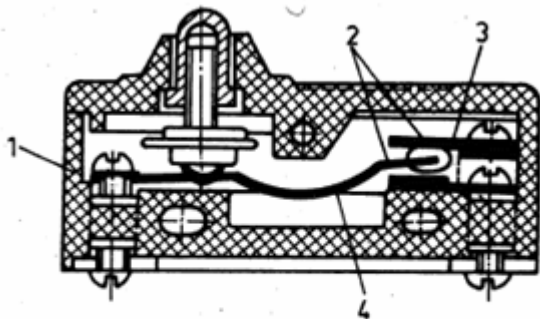
Крайните прекъсвачи са **бутонни** (действащи при натиск) и **лостови**.



Фиг. 4.3. Краен прекъсвач

**Крайните лостови прекъсвачи** (фиг. 4.3) се състоят от вал 3 със закрепени върху него подвижни 1 и неподвижни контактни тела 2. Валът е свързан с лоста 4, в края на който има ролка 6. Когато механизмът достигне крайно положение, някаква част натиска ролката на лоста и го придвижва наляво, при което контактните тела 1 и 2 се разделят и прекъсват веригата. След премахване на въздействието лостът се връща в изходно положение

под действието на възвратната пружина 5. Тези прекъсвачи се използват както в оперативни, така и в главни вериги на съоръженията. Конструкциите им са много и разнообразни.

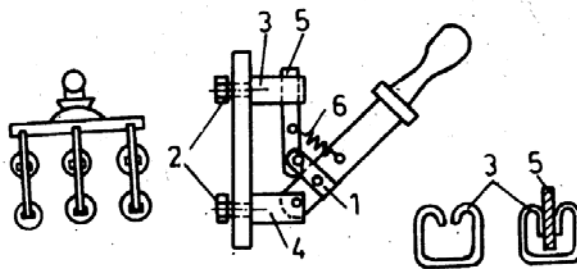


Фиг. 4.4. Микропрекъсвач

наниск върху пъпката 5 тя въздействува на пружината, която след определен ход изменя рязко формата си, като се затваря долният контакт, а се отваря горният. Преминаването от едното състояние в другото става много бързо (с отсечка). Действието на микропрекъсвачите не се различава по принцип от действието на бутонните крайни прекъсвачи, обаче те са пригодени за реагиране на много малки премествания, откъдето произлиза и наименованието им.

В случаите, когато е необходимо да бъде спряна дадена машина с голяма точност, се използват т. нар. **микропрекъсвачи с ход под 1 mm**. Схематичен разрез на такъв апарат е показан на фиг. 4.4. Неподвижните контактни тела 2 са закрепени в пластмасово тяло 1. **Подвижното контактно тяло 3** е закрепено в края на пружината 4, която е със специална U-образна форма. При

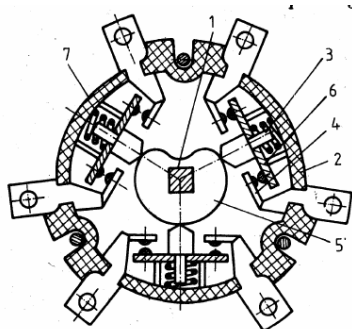
## Ножови прекъсвачи



Фиг. 4.5. Ножов прекъсвач

Това са комутационни апарати с ръчно задвижване, предназначени за редки включвания и изключвания на електрически консуматори. Те са най-простите апарати, използвани в мрежите с напрежение до 600 V и ток до 100 A. Ножовите прекъсвачи, които се използват за прекъсване на по-голям ток, се снабдяват с дъгогасителни камери. Общият вид на ножов прекъсвач, предназначен за монтиране върху табло, е показан на фиг. 4.5. Той има подвижни контактни тела -ножове 5, и неподвижни-челюсти 3. Подвижните контактни тела са закрепени шарнирно върху лостовете 1 и свързани с пружините за бързо изключване 6. с 4 са отбелязани ножодържателите, а с 2-изводните клеми. Лостовите прекъсвачи могат да бъдат едно-, дву-, три- и повече полюсни.

## Пакетни прекъсвачи



Фиг. 4.6. Пакетен прекъсвач

Това са многопозиционни апарати *с въртеливо задействувание*, предназначени за редки превключвания във вериги с ниско напрежение. Пакетните прекъсвачи могат да бъдат едно-, дву-, три- и многополюсни. Обикновено са от гърби-чен (ексцентриков) тип- фиг. 4.6.

Конструктивно те се състоят от комплект ексцентрикови пластини от изолационен материал 5, които са закрепени върху подвижен вал 1. Подвижните контакти от мостов тип 6 се поставят върху радиално разположени контактодържатели 3 и контактни пружини 7, а неподвижните 4- между тях, като са фиксирани към тялото 2. Ексцентриковите пластини могат да бъдат разположени така, че да е възможно едновременно превключване на няколко вериги в определена последователност.

## Разединители

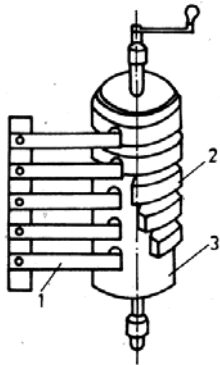
**Разединителите** са прекъсвачи, с които се разделят видимо части от електрическата мрежа, между които не бива да има електрическа връзка. Разединителите **не се оразмеряват за прекъсване на веригите под товар**, поради което включването на разединителя трябва да става преди включването на последователно свързания с него прекъсвач, а изключването-след изключването на прекъсвача. При ' ниски напрежения и малки токове обаче разединителите са в състояние да включват и да изключват електрически ток. Тогава те се наричат прекъсвачи, но са с малка комутационна способност.

## Контролери

**Контролерът** е многопозиционен прекъсвач с **ръчно управление**, който служи за превключване под товар във веригите на електрическите машини при спазване на строго определена последователност на превключване. Следователно той може да бъде разглеждан като **съвкупност от прекъсвачи**, свързани механично помежду си. Контролерът има предимство пред другите ръчни прекъсвачи, тъй като изискваната последователност на превключване се осъществява просто и сигурно. Контролерите с резистори се използват за пускане на двигателите със средна мощност.

Според конструкцията си контролерите се делят на **барабанни, ексцентрикови (гърбични) и плоски**.

## Барабанните контролери

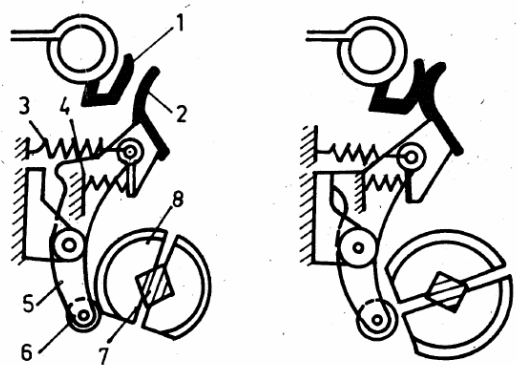


Фиг. 4.7. Барабанен контролер

Те (фиг. 4.7) се състоят от неподвижни контактни тела 1, закрепени на изолирана щанга чрез пластинчати контактни пружини, и барабан 3, върху който във вид на изолирани сегменти са разположени подвижните контактни тела

При въртене на барабана в зависимост от разположението на подвижните контактни тела върху него различните контактни двойки се затварят в определена последователност и могат да бъдат включени с различна продължителност.





Фиг. 4.8. Ексцентриков контролер

контактно тяло. Когато ролката 4 се търкаля по дъгата на гърбицата 8, контактите са отворени, но щом попадне в изреза ѝ, подвижното контактно тяло се приближава под действието на пружините до неподвижното и веригата се затваря. Тази конструкция позволява да се монтират върху вала голям брой ексцентрици с различно разположение и съответни контактни системи. Контролерите се изработват за голям брой включвания в час, защото контактната им система има по-голяма износоустойчивост.

На фиг. 4.8 е показано действието на **ексцентриков контролер**. От нея се вижда процесът на затваряне на една дървка контактни тела (**неподвижно 7, подвижно 2**). Движението на подвижното контактно тяло се осъществява от ексцентрика 8, разположен върху вала 7, и пружините 3 и 4. Останалите елементи са ролката 6, която се търкаля по ексцентрика и облекчава движението на системата, и лостът 5, чрез който се предава движението на вала по подвижното

При плоските контролери неподвижните контакти са разположени в една равнина, а подвижните се плъзгат върху тях

# Апарати с автоматично управление

## Контактори-обща сведения

Контакторът е двупозиционен комутационен апарат с **автоматично задействане**, предназначен за чести включвания и изключвания на електрически вериги под товар.

Контакторите се управляват **дистанционно**.

Задвижването им се осъществява чрез **електромагнит**, според вида на който те са **постояннотокови и променливотокови**.

Контакторите за постоянен ток са предназначени да комутират постояннотокови вериги и имат електромагнит за постоянен ток.

Контакторите за променлив ток комутират променливотокови вериги. Техният електромагнит обикновено е за променлив ток, но в някои случаи може да бъде за постоянен ток.

Във връзка с повишената производителност на труда електрифицираните задвижвания изискват **до 1200 и повече включвания в час**. Такъв режим на работа е **много тежък** за контакторите и е свързан с износване на контактните тела. Поради това се вземат мерки, които водят до **сигурно изгасяване на електрическата дъга при изключване**. Голямата честота на включване изисква **голяма механична устойчивост на електромагнитния механизъм** на контактора.

Ето защо контакторите трябва да имат голяма износоустойчивост (**както механична, така и електрическа**).

Контакторът има следните **основни възли**:

**главна контактна система,**

**дъгогасителна система,**

**електромагнитна система**

**и помощна контактна система.**

При подаване на напрежение към намотката на **електромагнита в него се възбужда магнитно поле** и се привлича подвижната му част (котвата).

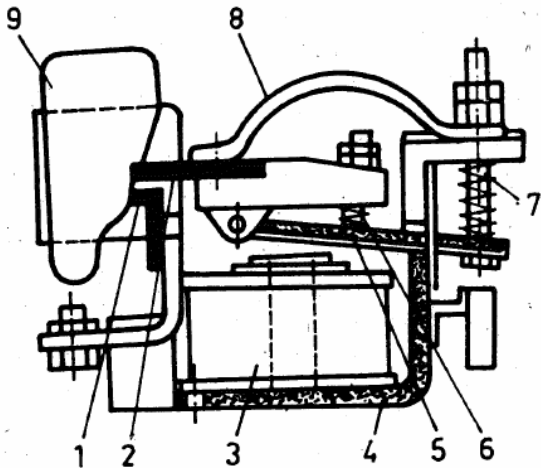
**Подвижните контактни тела**, свързани с котвата, включват или изключват веригата.

**Дъгогасителната система** осигурява бързо гасене на дъгата, което спомага за намаляване на износването на контактните тела.

Освен главната контактна система контакторът има и **помощна маломощна контактна система** (блок-контакти) за съгласуване на работата му с други апарати.

## Контактори за постоянен ток

На фиг. 4.9 е показан схематично **двуполусен** контактор за постоянен ток. Постояннотоковите контактори се произвеждат в голямо разнообразие по номинален ток, напрежение, брой на контактните двойки и конструктивно изпълнение. Те са предназначени за управление на постояннотокови двигатели, в промишлеността, в съобщенията и за управляване на постояннотокови консуматори при различно напрежение.



Фиг. 4.9. Принципа конструктивна схема на контактор за постоянен ток

Основен параметър, който определя габаритите на контактора, е неговият номинален ток, за който е оразмерена главната му контактна система и при който

е гарантирана нейната електрическа износоустойчивост.

**Контактна система.** Тя се състои от подвижно контактно тяло 2 и неподвижно 1. Контактните тела на апарата са подложени на **силно електрическо и механично износване** поради големия брой включвания и тежките условия на работа. За осигуряване на малко преходно контактно

съпротивление контактната пружина **6** създава необходимата контактна сила. Пружината **7** служи за изключване на контактора и се нарича възвратна. Тя трябва да осигурява голяма скорост на изключване, за да може възможно най-бързо да се изгаси дъгата, която се поражда между контактните тела.

**Дъгогасителни система.** За бързото гасене на дъгата се предвижда дъгогасителна камера **9**. Целта на камерата е да локализира дъгата в определено пространство и да предотврати прехвърлянето ѝ между съседните полюси на контактора.

В контакторите за постоянен ток се предвижда обикновено гасене на дъгата с магнитно поле. За целта в дъгогасителните камери се вграждат постоянни магнити.

**Електромагнитна система.** Тя се състои от електромагнит **3**, чийто магнитопровод **4** служи и за закрепване на редица детайли. Подвижната част — котвата **5** на електромагнита, се привежда в действие от електромагнитната сила на привличане, която електромагнитът създава при подаване на напрежение, и от пружината **7**, когато то се прекъсне. Към котвата на електромагнита са закрепени подвижното контактнo тяло **2** и тоководещият елемент **8**, който в повечето случаи е гъвкав меден проводник.

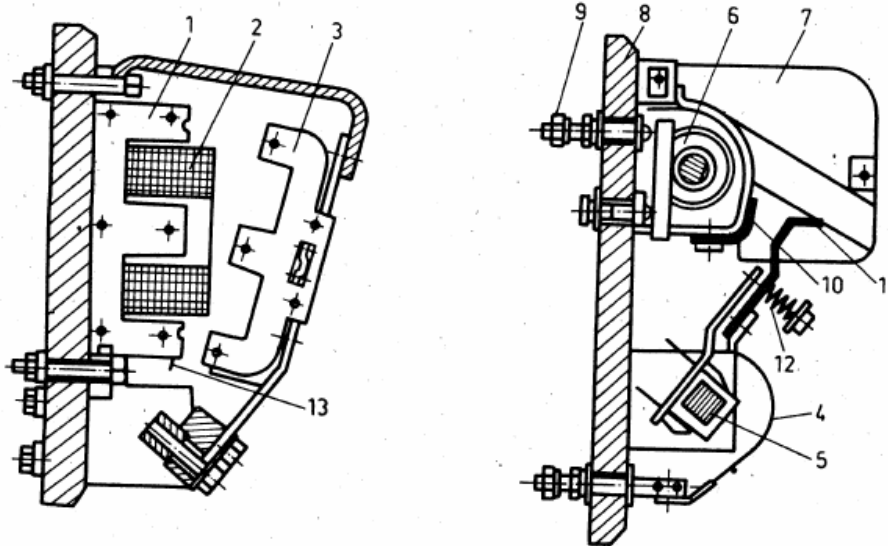
**Помощната контактна система** (блок-контактите) не е показана на фигурата. Тя е свързана с главната контактна система и при включването или при изключването ѝ включва или изключва веригите на други апарати.

Намотките на електромагнитите се предвиждат обикновено за ниски напрежения в границите 24—80 V, но могат да бъдат и за напрежение до 500 V. Напреженията на силовите вериги, които контакторът може да прекъсва, са също различни. В зависимост от тях е и конструкцията на дъгогасителната система.

Важен показател за контакторите е времето за включване и за изключване. Например времето за включване на контакторите е около 0,1 s, а времето за изключване - около 0,05 s. Този показател определя дали контакторът е бързодействащ или не - условие, важно за системите на задвижване и регулиране.

## Контактори за променлив ток

Контакторите за променлив ток служат за същите цели, както и контакторите за постоянен ток, и се състоят практически от същите възли. На фиг. 4.10 е показано принципно устройство на променливотоков контактор.



Фиг. 4.10. Принципна конструктивна схема на контактор за променлив ток



На фигурата е показан електромагнитът на контактора и контактната система за един полюс. Електромагнитът 1 след включване на намотката му 2 към напрежение привлича котвата 3. Тя е свързана с вала 5 на контактора и чрез него с контактната система, чиито контактни тела 10 и 11 се намират в дъгогасителната камера 7. Заедно с главните **контактни тела** се задвижват и блок-контактите, непоказани на фигурата. Виждат се главните тела — неподвижно 10 и подвижно 11 контактната пружина 12, гъвкавият проводник 4, намотката за магнитно гасене на дъгата 6, основата на контактора 8 и изводите 9.

Променливотоковите контактори са подобни на контакторите за постоянен ток, но имат някои особености.

Характерно за намотката на електромагнита на променливотоковия контактор е, че освен активно тя има и индуктивно съпротивление, като обикновено

$$X_L \gg R.$$

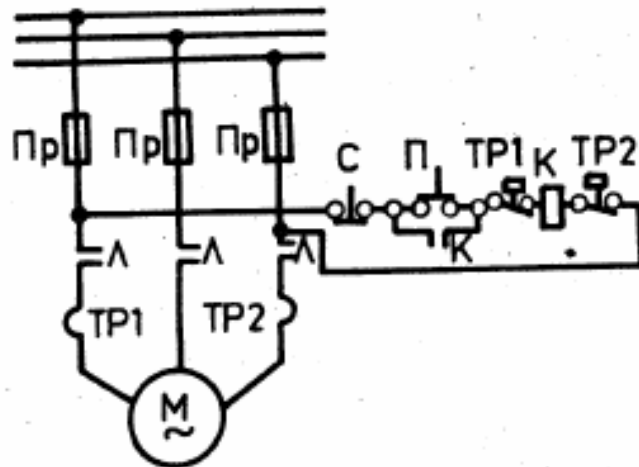
Поради това броят на навивките в намотките на променливотоковите контактори е много по-малък от броя на постояннотоковите (приблизително 10 пъти) при еднаква стойност на напрежението. Поради това **тяхното активно съпротивление е малко и загубите в намотката – също са малки.**

Намотката на електромагнита на контактора за променлив ток се загрива допълнително от загубите на енергия, които променливият магнитен поток създава в магнитопровода. Ето защо формата им е такава, че контактът с магнитопровода е малък - те са плоски (с малка височина) и широки.

Магнитната система на променливотоковите контактори се прави като пакет от листов стомана заради загубите на мощност в нея, а при постояннотоковите — от плътен материал. Магнитните системи са соленоидни, П-образни и Ш-образни (които са разпространени най-много). За разлика от постояннотоковите контактори магнитопроводът на променливотоковите има **накъсосъединена навивка 13**, поставена за намаляване на вибрациите на котвата.

Времето за включване и изключване на двата вида контактори се различава значително. Както времето за включване, така и времето за изключване на контакторите за променлив ток са **2—3 пъти по-малки** от съответните времена при постояннотоковите контактори.

На фиг. 4.11 е показана **схема за включване на трифазен асинхронен двигател с контактор**.



Фиг. 4.11. Схема за включване на асинхронен двигател

Главните (линейните) контактни тела Л на триполюсния контактор се включват във веригата на двигателя, а намотката му К — в оперативната верига, включена към линейното напрежение. Във веригата на двигателя се включват и нагревателните елементи на електротоплинните релета *ТР1* и *ТР2*.

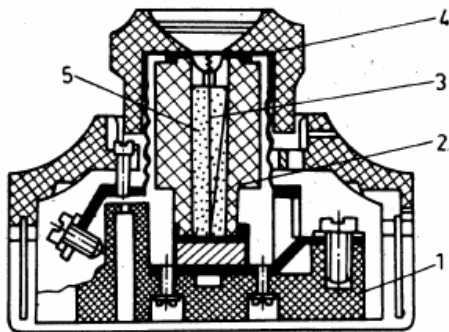
В оперативната верига са включени още бутоните за пускане *П* и спиране *С* и контактите на топлинните релета *ТР 1* и *ТР 2*. Паралелно на бутона *П* се включва един от блок-контактите *К* на контактора. Преди пускане са отворени контактните тела на бутона *7*, блок-контактът на оперативната верига *К* и главната контактна система на контактора *Л*. При натискане на бутона *П* протича ток през намотката на контактора *К* и се затварят контактните двойки *Л* и *1*. Двигателят получава напрежение и се развърта. След отпускане на бутона *П* оперативната верига не се прекъсва, защото е свързана през блок-контакта *1*. Спирането става, като се натисне бутонът *С* или ако след задействование на едно от топлинните релета се отвори съответният контакт *ТР 1* или *ТР 2*. Тогава веригата се прекъсва и електромагнитът на контактора отваря главните контактни тела *Л*. Самопускане не може да стане, защото е необходимо да се натисне бутонът *П*.

## Апарати за защита и сигнализация

### Стопяеми предпазители

**Предпазителите са комутационни апарати**, които защитават уредбите за ниско напрежение от сравнително големи продължителни претоварвания и от токове на късо съединение.

Основна част на предпазителя е *стопяемата, вложка*, която представлява проводник или лента от мед, цинк или друг лесно-топим метал. През предпазителя преминава токът, който тече към консуматора. При големи стойности на този ток топлината, отделяна във вложката, предизвиква нейното силно загряване и стапяне (изгаряне). В резултат на това веригата се прекъсва. От начина на действие на тези предпазители произлиза и наименованието им — предпазители със стопяема вложка или стопяеми предпазители.



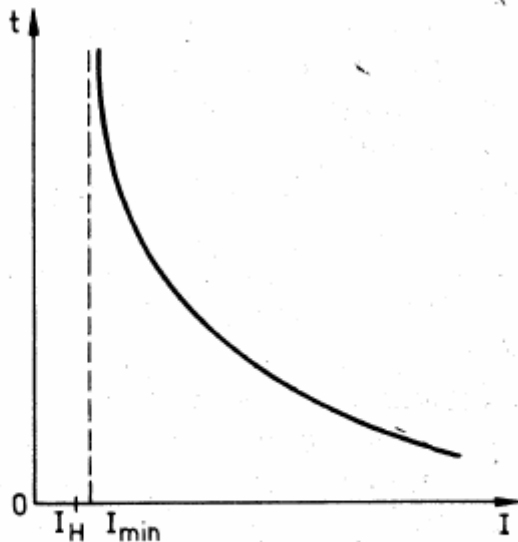
Фиг. 4.12. Обикновен стопяем предпазител

Предпазителите, които се използват най-често, са маломощни - за тонове до 6 А, обикновени (винтови) - за токове до 100 А, и високомощни — до 1000 А. Обикновените предпазителите (фиг. 4.12) се състоят от гнездо 1, в което се поставя патрон 2 със стопяема вложка 3. Патронът се напълва с кварцов пясък 5 за по-бързо изгасяване на електрическата дъга, която се образува при изгарянето. Патронът се притиска с винтова капачка 4, която дава възможност да се присъединят

съответните контактни повърхности към изводните клеми. Високомощните предпазителите се състоят от изолационна тръба, запълнена с кварцов пясък, в която се поставя стопяема вложка, закрепена към контактните челюсти. Предпазителят се свързва с другите елементи на веригата чрез ножови контактни тела.

Времето  $t$  от момента, в който настъпва претоварването, до прекъсването на веригата зависи от степента на това претоварване. Стопяването на вложката настъпва толкова по-бързо, колкото токът на претоварването е по-голям.

Зависимостта на времето за изключване (времето за стопяване на вложката плюс времето за горене на дъгата) от тока се нарича *времетокова характеристика* на предпазителя. Тя има вид на квадратична хипербола и е оказана на фиг. 4.13.



Фиг. 4.13. Времетокова характеристика на стопяем предпазител

От нея се вижда, че съществуват токове, при които вложката на предпазителя няма да се стопи. Минималният ток, при който вложката се стопява, се приема където  $I_H$  е номиналният ток на предпазителя. Това показва, че предпазителите със стопяема вложка не могат да защитават дадена верига от малки по стойност, но продължителни претоварвания.

Времетоковата характеристика на предпазителите се използва за тяхното правилно избиране. Те трябва да отговарят на следните условия:

да не прекъсват веригата при кратковременните претоварвания при пускане на системите и

да изключват сравнително бързо при големи претоварвания, за да се избягнат повреди и пожари в съоръженията.



27.03.2014

## Автоматични въздушни прекъсвачи

Автоматичният въздушен прекъсвач е комутационен апарат с *ръчно включване и ръчно или автоматично изключване на вериги за ниско напрежение при възникване на*

- недопустими претоварвания и токове на късо съединение в тях,
- голямо понижение на напрежението,
- изменение на посоката на мощността и т. н.

Автоматичните прекъсвачи се използват за редки включвания и изключвания при номинални условия. Към тях се предявяват следните изисквания:

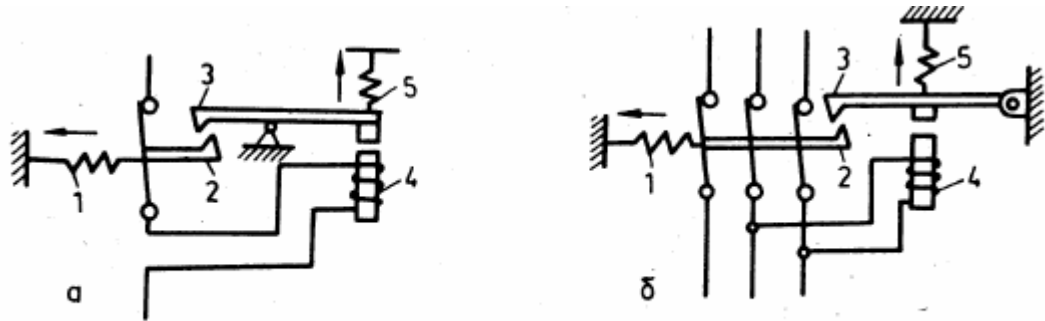
1. **Токовата верига** на прекъсвача трябва да пропуска **номиналния ток продължително време**. Режимът на продължително включване е нормален за автоматичния прекъсвач.
2. Прекъсвачът трябва да осигури **многократно изключване на токовете на късо съединение**, които могат да достигнат твърде големи стойности. •

3. Прекъсвачът трябва да има малко собствено време на задействуване. Собствено време на прекъсвача се нарича времето от момента, в който настъпят условията за задействуване (голям ток, ниско напрежение и др.), до момента, в който контактните тела започват да се отделят под действие на изключвателното устройство. Според собственото време на задействуване автоматичните прекъсвачи се делят на нормални и бързодействащи.

Според величините, на които реагират изключвателните устройства, автоматичните прекъсвачи се разделят на:

- 1) прекъсвачи на максимален ток;
- 2) прекъсвачи за минимален ток;
- 3) прекъсвачи за минимално напрежение;
- 4) прекъсвачи за обратна мощност.

1. **Прекъсвачи за максимален ток.** Те прекъсват веригата, ако токът в нея **достигне стойност, превишаваща зададената.**

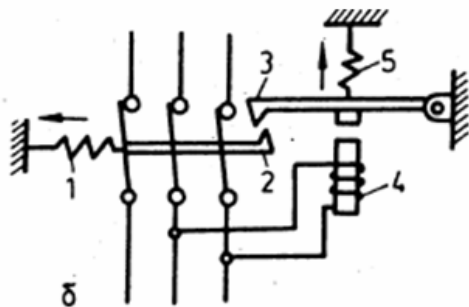


Фиг. 4.14. Принципини схеми на автоматични прекъсвачи.

2. От фиг. 4.14 а се вижда, че при ток, по-голям от тока, за който апаратът е настроен, електромагнитът 4 преодолява силата на пружината 5 и привлича лоста 3. Той освобождава от зацепването лоста 2 и прекъсвачът се изключва под действието на пружината 7. Като се регулира силата на пружината, може да се регулира токът на задействуване в границите  $(1—2)I_n$ . Времето за изключ-

ване на бързодействащите прекъсвачи е много малко, поради което, ако веригата, в която е включен прекъсвачът, има кратко- временно претоварване, той ще я прекъсне. За да не стане това, някои прекъсвачи се изработват **с максималнотокова защита със закъснение.**

**Прекъсвачи за минимална напрежение.** Те изключват веригата, ако напрежението в мрежата стане по-ниско от определена стойност. В такъв случай (фиг. 4.14 б) електромагнитът 4 изгубва възможността си да поддържа равновесие с пружината 5,



**нарушава се** зацепването на лоста **2** и прекъсвачът се изключва под действие на пружината **У**. Обикновено всеки прекъсвач има **дъгогасително устройство**, което спомага за най-бързото изгасяване на електрическата дъга, възникнала при прекъсването на веригата.

Разглежданите прекъсвачи се наричат въздушни, защото средата, в която става гасенето на дъгата, е въздух. В прекъсвачите има контактна система, която може да се състои от няколко **вида основни, помощни и дъгогасителни контактни тела**. Освен това в прекъсвача се разполагат елементите за защита (в случая макси- малнотокова), механизмът за управление, изключвателният механизъм и пр.

Автоматичните въздушни прекъсвачи се изработват в повечето случаи комбинирани с различни защиты — например с максимална по ток и с минимална по напрежение, с максимална по ток и със защита за обратна мощност, с термична защита и др.

Основни параметри на прекъсвачите са **номинален продължителен ток, номинално напрежение, максимален ток на изключване, собствено време на изключване**, времетокова характеристика (която е подобна на тази на предпазителите).

## Релета

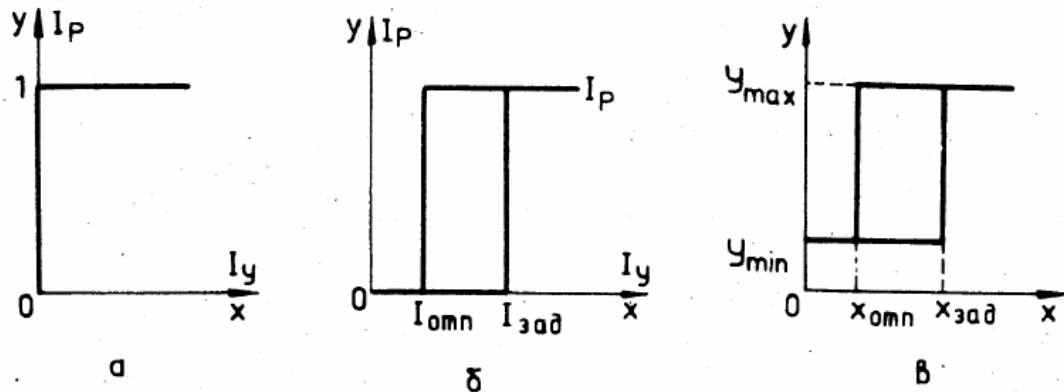
*Общи сведения.* Релето е **двупозиционно устройство с дискретно (прекъснато) действие**, което има две устойчиви състояния — включено и изключено (1 и 0). Типичен пример е обикновеното контактно електромагнитно реле, което има

две устойчиви състояния на входа - наличие или липса на електрически сигнал, и

две на изхода — затворена или отворена контактна система.

Характерно за релето е, че когато входната (управляващата) **величина достигне определена стойност, изходната** (управляваната) се изменя скокообразно (с отсечка).

Най-важната зависимост, характеризираща едно реле, е неговата характеристика вход—изход.



**Фиг. 4.15. Идеална (а) и реални (б, в) релейни характеристики**

При идеално реле тя трябва да има вида на единична функция (фиг. 4.15 а). Реалната релейна характеристика е показана на фиг. 4.15 б и в. Както се вижда, тя има вида на релеен хистерезисен цикъл, характеризиращ се с четири основни величини — две за изходната величина  $y_{max}$  и  $y_{min}$  и две за входната —  $x_{зад}$  и  $x_{отп}$ . Тук  $x_{зад}$  определя чувствителността на релето, а зоната от 0 до  $x_{зад}$  е „мъртва“ или зона на нечувствителност. Пълният релеен цикъл в общия вид от фиг. 4.15 в е характерен за безконтактните релета, докато за контактните  $y_{min} = 0$  и тяхната характеристика е показана на фиг. 4.15 б.

Понеже входната и изходната величина за електрическите релета обикновено е ток или напрежение, то  $y=I_p$  (токът в работната верига, т. е. през контактната система на релето), а  $x=I_y$  (токът в управляващата верига, т. е. в намотката на релето).

Важни параметри за релето са **коэффициентът на възвръщане**

$$k_v = I_{y \text{ отп}} / I_{y \text{ зад}}$$

**коэффициентът на запаса**

$$k_z = I_{yn} / I_{y \text{ зад}}$$

**управляващият ток  $I_{y \text{ зад}}$ ,**

$$I_{y \text{ зад}}$$

**времето за действие  $t_{\text{зад}}$  и  
за отпускане**

$$I_{y \text{ отп}}$$

$$t_{\text{отп.}}$$



Разгледано като **усилвател**, релето се характеризира и с коефициент на усилване по ток

$$k_i = I_{рн} / I_{ун}$$

и по мощност

$$= P_{рн} / P_{ун}.$$

Според принципа на действие електрическите релета са **електромагнитни (електромеханични),  
електротоплинни (термични),  
електронни, магнитни и др.**

Релетата могат да бъдат още **хидравлични,  
пневматични,  
центробежни,  
фоторелета и т. н.**

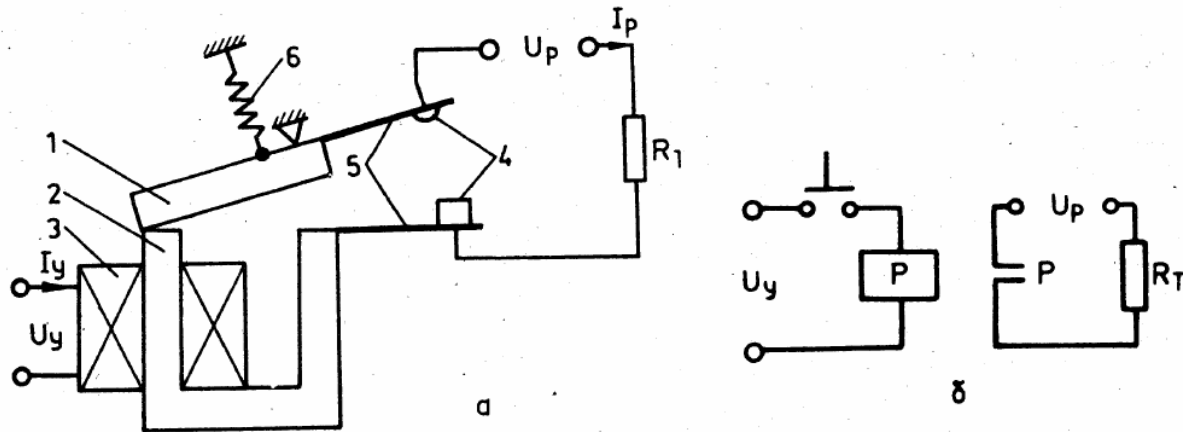
Електромагнитите и електротоплинните релета са **контактни релета**, а електронните и магнитните — **безконтактни**.

Според областта на приложение има релета за автоматиката, за управление, защита и сигнализация на електрозадвижванията и за релейна защита на енергийните системи.

***Електромагнитни токови и напрезителни релета.*** Електромагнитното реле представлява електромагнит, захранван с постоянен или променлив ток.

По своята конструкция и по принципа си на действие електромагнитните релета приличат на **контакторите**. Използват се за постоянен и за променлив ток.

На фиг. 4.16 е показана принципната схема на едно електромагнитно реле от **клапанен тип**. Неговите **основни** елементи са котва 1, магнитопровод 2 от нисковъглеродна стомана, намотка 3, контактна система от **нормално отворени** или нормално затворени контактни двойки



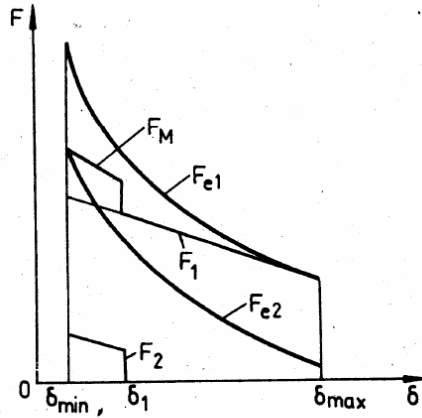
**Фиг. 4.16. Електромагнитно реле**  
**а** — принципна схема; **б** — условна схема

4, контактна пружина (или контактни **пера**) 5, възвратна пружина 6. Върху долната част на котвата обикновено се поставя подложка от неферсмагнитен материал, за да се избягва „залепването“ на котвата поради

остатъчния магнитен поток. Различието на релетата от контакторите се състои в значително облекчената контактна система и в това, че работните контактни тела могат да бъдат повече (когато едните се затварят, другите се отварят).

Електромагнитните релета за постоянен ток са напржителни и токови. В схемите за защита те са съответно минимално напрженови и максималнотокови. Напржителните имат намотки с голямо активно съпротивление и голям брой навивки от проводник с малко сечение. Намотките на токовите релета имат малко съпротивление и малък брой навивки от проводник с голямо сечение.

Основен показател за определяне на характеристикните параметри на електромагнитните релета е съотношението между т. нар. **електрическа и механична тягова характеристика**.



Фиг. 4.17. Тягови характеристики на електромагнитно реле

Електрическа характеристика (фиг. 4.17) е зависимостта между електромагнитната сила  $F_e$  от големината на въздушната междина между котвата и ядрото. Тук

$$F_{e1} = f(\delta)$$

е характеристиката при сигнал за задействуване, а

$$F_{e2} = f(\delta)$$

при сигнал за отпускане.

Механичната характеристика представлява зависимостта между противодействащата сила  $F_M$  на пружините от въздушната междина  $\delta$ . Силата  $F_M$  е сума от действието на две пружини, като  $F_1$  е силата на възвратната пружина, а  $F_2$  — на контактната. Тъй като контактната пружина е оразмерена да действа по време на контактуването и малко преди това, силата  $F_M$  се представя с начупена линия. И механичната, и електрическата характеристика са падащи при увеличаване на въздушната междина  $\delta$ , защото силата, която пружините създават, е най-голяма, когато те са най-силно притиснати (най-малка б). Силата, с която електромагнитът привлича котвата, също намалява с отдалечаването ѝ от него.

За да се задействува релето, необходимо е при каквато и да е въздушна междина силата  $F_{el}$ , която електромагнитът създава при подаване на тока  $I_y$ , да бъде по-голяма от силата  $F_M$ , с която пружините противодействуват. За да бъде сигурно за действуването, към намотката се подава ток  $I_y$ , по-голям от  $I_{y\text{ заД}}$ . Коефициентът на запаса за постояннотоковите електромагнити е

$$k_3 \approx 1.4.$$

Минималната въздушна междина  $\delta_{\min}$ , която е означена на фигурата, е дебелината на немагнитния материал или въздуха, необходими за избягване на залепването.

За да може електромагнитът да отпусне котвата, трябва силата  $F_{e2}$  при ток  $I_{уотп}$  да бъде по-малка от  $F_M$ . В този случай пружините отблъскват подвижната част.

Коефициентът на възвръщане на електромагнитните релета е около **0,7**. Това показва, че разликата между управляващия ток, при който релетата се задействуват, и тока, при който става отпускането, е значителна.

Постояннотоковите електромагнитни релета за напрежение имат много конструктивни разновидности и голям диапазон на напрежение — **от 24 до 500 V**. Токовете релета се изработват за номинални токове **от 1,5 до 150 A**. Консумираната от двата вида релета мощност е **от 10 до 20 W**.

**Електромагнитните релета** за променлив ток имат редица недостатъци в сравнение с тези за постоянен ток:

вибрации на котвата,  
по-малка сила на привличане на електромагнита,  
необходимост от шихтоване на магнитопровода,  
по-голяма цена.

Релетата за променлив ток, както и контакторите имат малък **брой навивки от проводник с голямо сечение**.

В системите за автоматично регулиране те се използват като:  
максималнотокови,  
минимално и максимално напреженови,  
за управление и сигнализация.

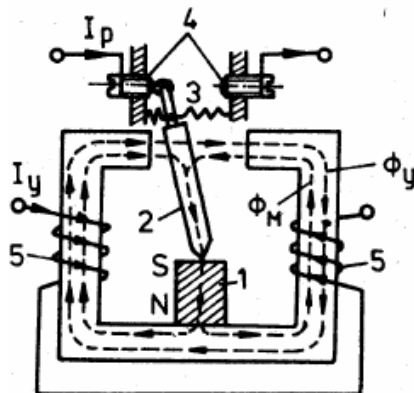
Тези релета също имат много конструктивни разновидности и голям диапазон на токове и напрежения. Консумираната мощност при тях е значителна - няколко десетки волтампери.

Освен клапанен тип електромагнитните релета могат да бъдат и с Г- или П-образна котва, например телефонните релета, релетата с въртяща се котва, стъгловите из- бирачи, соленоидните релета и др.

**Поляризираните релета.** Поляризираното реле се различава от обикновеното електромагнитно реле по това, че в неговата магнитна система **има постоянен**



*магнит.* Магнитният поток, създаден от намотката, се прибавя или изважда от магнитния поток на постоянния магнит в зависимост от посоката на тока, който тече през нея. Релето се нарича поляризирано, защото неговото задействование зависи от поляритета на тока в намотката му.



Фиг. 4.18. Поляризирано реле

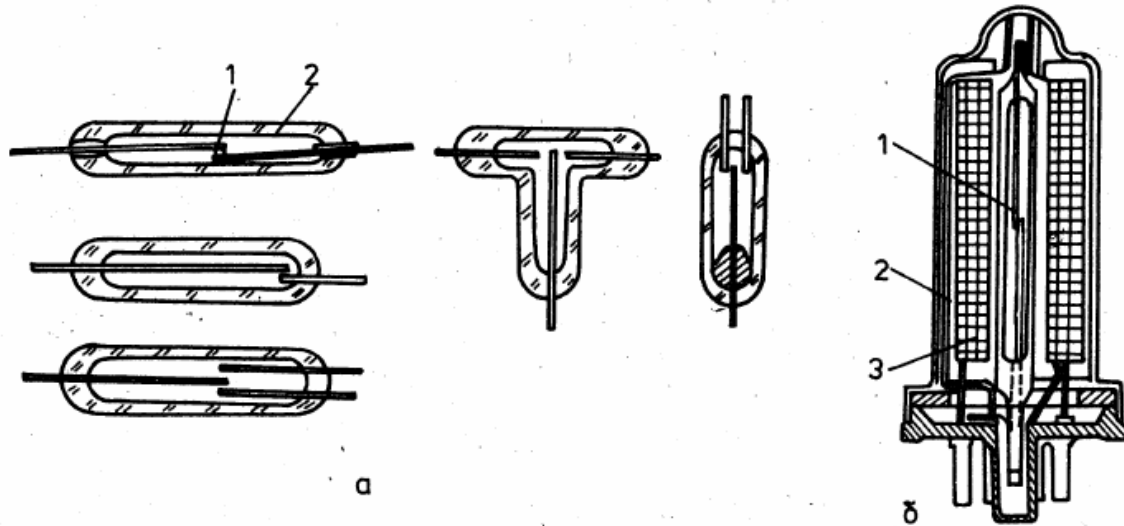
Поляризираното реле от фиг. 4.18 се състои от постоянен магнит 1, върху полюсите на който се поставя котвата 2, която се придържа от пружини 3 в неутрално положение спрямо контактните тела 4. Ако липсват тези пружини, котвата няма да има неутрално положение — в зависимост от посоката на

силата тя ще бъде привлечена към единия или към другия полюс. Във втория случай релето е двупозиционно, а в първия — трипозиционно. Намотката 5 е разположена върху бедрата на магнитопровода.

Докато през намотката не преминава ток, силата на привличане на котвата от двата полюса е еднаква. При протичането на ток с дадена посока намотката създава магнитен поток, който се прибавя или изважда от магнитния поток на постоянния магнит. В резултат на това електромагнитната сила става по-голяма откъм страната на този полюс, където потоците се сумират, и котвата се привлича. Релето се поляризира. При смяна на посоката на тока в намотката силата променя знака си.

Поляризираните релета са **по-чувствителни от обикновените**— нуждаят се от по-малък управляващ ток. По-голямата им чувствителност се дължи на това, че магнитният поток на намотката взаимодейства с този на постоянния магнит и котвата попада под действието на срла, определена от разликата между силите на привличане на двата полюса.

**Херметични релета.** Известни са под наименованието **х е р к о н и** (херметични контакти), **херконови контакти**, рид-кон- такти, рид-релета, рид-ампули, управляеми контакти, контакт- рони и др.



Фиг. 4.19. Херметични релета

*a* — управлявани от постоянен магнит; *б* — управлявани от намотка

Те представляват две тънки феромагнитни пластинки *1* от *пермалой*, запоеени в стъклена тръбичка (ампула) *2* — фиг. 4.19 *a*.

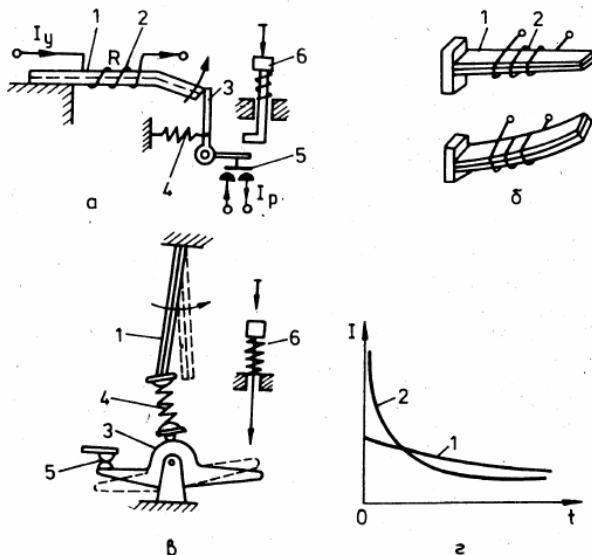
Пластинките изпълняват едновременно ролята на **магнитопровод, контактни пружини и контактни тела**. Тръбичката е запълнена с **азот** или някакъв друг инертен газ.

При нормално състояние пластинките са малко раздалечени една от друга. Ако тръбичката се помести в магнитно поле, силовите линии на което са надлъжни на пластинките, последните се доближават една до друга и осъществяват контакта — релето се задействува. Магнитното поле, което управлява херкона, се получава от соленоид (намотка) 3, в който се поставя херконът — фиг. 4.19 б. Възможно е управлението на херкона и от постоянен магнит, минаващ покрай него или доближаващ се до него. Ако се управлява от електромагнит с правоъгълен хистерезисен цикъл, херконът се нарича **ф е р и д**.

Херконите са маломощни и миниатюрни релета с размери от няколко милиметра до няколко сантиметра. Те се комплектуват към интегралните схеми, където комутиращият ток е от порядъка на мйлиамперметри, а напреженията — няколко волта. Произвеждат се за токове до няколко ампера и за напрежение до 500 V.

***Електротоплинни релета.*** Електротоплинните релета (тер морелета) са наречени така, защото принципът на работата им се базира върху **изменението на формата или размерите на някои от техните органи под действието на топлината при нагриването им с електрически ток**. Като елементи, които се деформират значително под действието на топлината, широко разпространение

са получили **биметалите**. Биметалът представлява пластина от два метала със силно различаващи се коефициенти на линейно разширение. В такъв случай при загряване поради различното им удължаване биметалът се изкривява.



Фиг. 4.20. Електротоплинно реле  
 а — устройство; б — принцип на действие; в — реле с отсечка; г — времетокова характеристика на топлинно реле 1 и на предпазител със стопяема вложка 2

На фиг. 4.20 е показано принципното устройство на едно **електротоплинно** реле. То се състои от биметална пластина 1 и нагревателен елемент 2, през които преминава токът за консуматора. **При определено** загряване биметалът се изкривява нагоре и отпуска лостчето 3, което под действието на пружината 4, се наклонява наляво и отговаря контактната система 5. След изстиването релето може да бъде върнато в изходно положение чрез натискане на бутона 6. Съществуват релета, при които възстановяването на изходното положение става автоматично.

Топлинните релета се използват широко в контакторите и прекъсвачите за защита на двигатели за ниско напрежение от претоварване. Те не са подходящи за защита от къси съединения, тъй като топлинното реле не изключва веднага (необходимо е **време, за да** се загрее и деформира биметалът). Като се има предвид, че ударният ток на късо съединение трае много кратко време, **следва**, че за защита от него двигателят трябва да бъде снабден с предпазители. В схемите за защита се използват и двата елемента, защото предпазителят не може да осигури изключване **при** малки, но продължителни претоварвания, а тази задача се изпълнява от топлинното реле.