

## ТЯГОВА ЕЛЕКТРОАПАРАТУРА

### 58. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ И КЛАСИФИКАЦИЯ

Тягова се нарича електрическата апаратура, която е пригодена за монтаж и експлоатация на борда на подвижния състав и служи за управление на тяговите двигатели и спомагателните машини, за обслужване на спомагателните електрически вериги и за защита на цялото електрообзавеждане от претоварвания и пренапрежения.

Тяговите електрически апарати се отличават от обикновените такива преди всичко по конструкцията си, която е съобразена със специфичните за подвижния състав работни условия, характеризиращи се с наличие на колебания на натоварването и на температурата на околната среда, механични сътресения, ограничено място за монтаж и др.

Според вида на електрическата верига, в която участвуват (верига на тяговите двигатели; оперативна верига или верига на спомагателните машини), тяговите електрически апарати съответно се делят на силови, командни и спомагателни.

Според функционалното им предназначение и конструктивните им особености тяговите електрически апарати се делят на следните основни групи:

1. Индивидуални неавтоматични превключващи апарати - предназначени са за включване и изключване на дадена електрическа верига по сигнал, подаван от други електрически апарати или в резултат на осъществено непосредствено управление.

2. Индивидуални автоматични превключващи апарати - това са апарати, съдържащи в конструкцията си несамостоятелно автоматизирано устройство, в резултат на което те са в състояние автоматично да включват или изключват електрическата верига при определени, предварително избрани и установени условия.

3. Групови превключващи апарати - служат за осъществяване на едновременни или на редуващи се по определен начин включения и изключения на различни електрически вериги.

4. Релета - използват се преди всичко за реализиране на защитата, както и за автоматизиране на операциите, свързани с осъществяването на процесите пускане и спиране.

5. Регулатори - служат за автоматично поддържане неизменността на определена физична величина при съществуващо изменение (в определени граници) на големините на други физични величини.

6. Стопями предпазители - служат за осъществяване на максималнотокова защита на съответните електрически вериги и на участващите в тях апарати.

7. Апарати за защита от пренапрежение - служат за ограничаване на амплитудата на атмосферните и превключващите пренапрежения, както и за ограничаване на скоростта на тяхното нарастване.

8. Токоприемници - осигуряват енергозахранването на контактните локомотиви от тяговата мрежа.

9. Параметрични апарати - предназначени са да променят по определен начин електрическите свойства (съпротивление, индуктивност или капацитет) на електрическата верига, в която участвуват.

### 59. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ТЯГОВИТЕ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АПАРАТИ

1. *Съединителни проводници.* Проводниците са елементи от токовата верига, съединяващи частите на апаратите или отделните апарати както помежду им, така и с машините.

2. *Бобини.* Това са елементи на апаратите, които представляват намотка от проводящ материал и са предназначени да създават магнитен поток.

3. *Контакти.* Контактите в електрическите апарати представляват тоководещи елементи, при съприкосновението на които (в процеса на работата на апарата) се затваря електрическата верига.

Връзката между контактите може да бъде постоянна и временна (циклично повтаряща се). В съответствие с това контактните съединения се делят на подвижни и неподвижни.

Подвижните контактни съединения се осъществяват посредством специални контактни

превключващи устройства, чието предназначение е да преместват контактите с оглед на тяхното допиране или отдалечаване, да осъществяват необходимия натиск върху контактите, да почистват контактите от окиси.

Най-разпространеният материал за изработване на контакти е твърдата мед. По-голяма износоустойчивост (почти двукратна) притежават контактите от кадмиева мед. За силно натоварени контакти, а така също за контакти от веригите за управление се използват сребърни пластини, които се запояват или заваряват към основния контакт.

Контактните повърхности на подвижните контакти се изработват с най-различна форма (фиг. VI-6). Най-добрата концентрация на налягането и най-добри експлоатационни качества се получават при точковите и линейните контакти. Първите се употребяват при сравнително малки стойности на тока, а вторите - при значителни токови натоварвания.

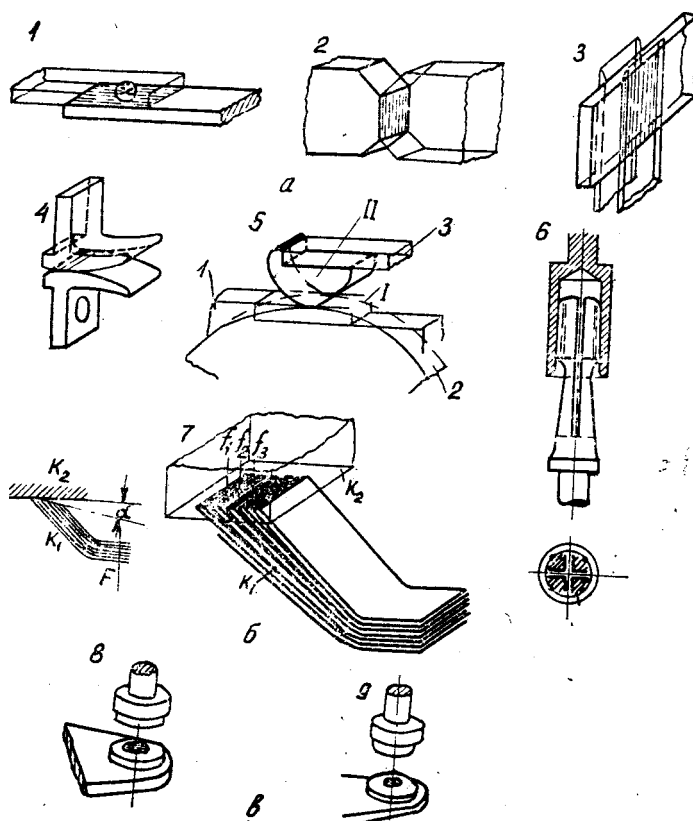
Приложение в електрическите тягови апарати намират контактните устройства с плъзгащи контакти.

При контактните устройства от този тип единият от контактите (вж. контакт II от фиг. VI-6 5) се закрепва към неподвижно еластично рамо 3 (вж. същата фигура), а другият (контакт I) - към въртящ се изолационен цилиндър 2 или към постъпателно движеща се изолационна плоскост 1.

Широко приложение в тяговите електрически апарати намират и контактните съединения с Г-образни подвижни контакти (вж. фиг. VI-6 4).

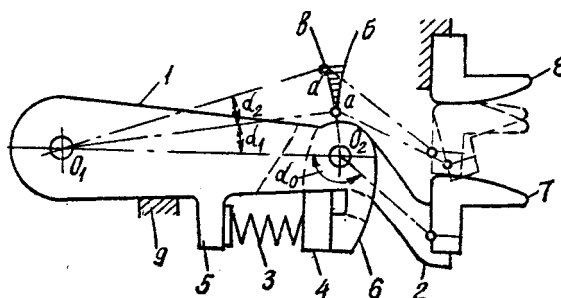
Схемата на лоста, към който обикновено се закрепва подвижният Г-образен контакт, е показана на фиг. VI-7. Тази схема осигурява начално притискане на подвижния контакт 8 към неподвижния 9, при което в процеса на установяването и разкъсването на контактните съединения спомагателният лост 7 се завърта около шарнира 02 и с това осигурява претриването на работните повърхности на контактите 8 и 9.

4. *Дъгогасителни устройства.* При изключване на веригите под товар се създават условия за възникване на електрическа дъга, за изгасяването на която е необходимо бързото отдалечаване на контактите на разстояние, по-голямо от критичната дължина на дъгата. Това обаче не винаги е възможно и целесъобразно по конструктивни съображения. Ето защо при контактите, включени в силовите вериги, се вземат специални мерки за създаване на условия, при които дъгата бързо да се гаси независимо от това, че контактите са сравнително малко отдалечени един от друг.

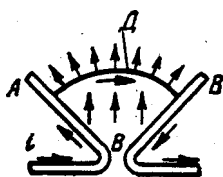


Фиг. VI-6. Видове контакти: а-повърхностни; б-линейни; в-точкови

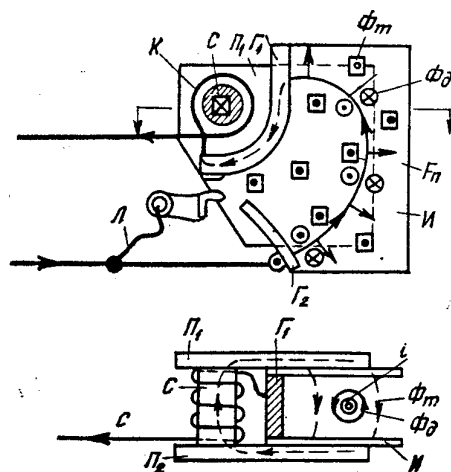
В тяговите електрически апарати се използват следните устройства за гасене на дъгата:



Фиг. VI-7. Механизъм на еластичното окачване на Г-образни линейни контакти към контактното устройство:  
1-основно рамо на контактното устройство; 2-допълнително рамо на контактното устройство; 3-пружина, осъществяваща взаимното претриване на контактите 7 и 8; 4, 5-опорни палци на пружината 3; 6-ограничител на палеца 4 на спомагателното рамо; 9-ограничител на основното рамо 1;  $O_1$ ,  $O_2$ -шарнири

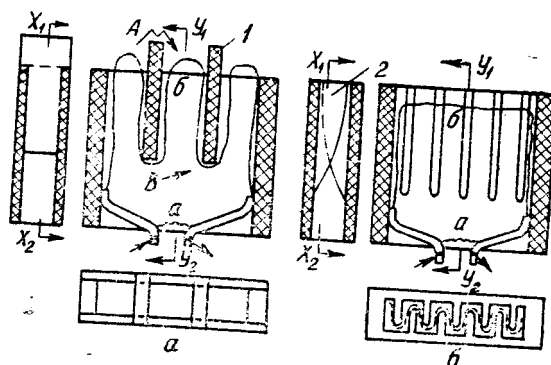


Фиг. VI-8



Фиг. VI-9. Принцип на действие на електро-магнитно дъгогасително устройство

а. Рогово устройство – от фиг. VI-8 се вижда, че двата рога и дъгата образуват токов контур, подобен на навивка. Динамичните сили, възникващи при протичането на тока, се стремят да разпънат този контур, т.е. да увеличат неговата дължина. Тъй като рогата са неподвижни и са разположени под известен наклон, в резултат на динамичното усилие дъгата се придвижва нагоре, при което дължината ѝ бързо се увеличава. При подходящо избрани наклон, дължина и разстояние между рогата може да се постигне необходимото интензивно изгасване на дъгата. Този процес се подпомага и от естественото движение на въздуха, който се нагрява при горенето на дъгата. В електрическия подвижен състав роговото дъгогасително устройство почти не се употребява самостоятелно, но то влиза като елемент в електромагнитното дъгогасително устройство.



Фиг. VI-10. Схеми на дъгогасителни камери

б. Електромагнитно дъгогасително устройство - движението на дъгата между рогата може

да бъде чувствително ускорено, а нейната дължина - увеличена многократно чрез електромагнитно въздействие върху самата дъга. За целта последователно с контактите в токовата верига се включва дъгогасителна бобина (фиг. VI-9). Създаденото от бобината магнитно поле увеличава дъгата и нейната дължина бързо достига критичната стойност, след което дъгата угасва.

В модерните мощни тягови апарати електромагнитното гасене на дъгата става в специална дъгогасителна камера (фиг. VI-10). Дъгогасителната камера е снабдена с няколко азбестоциментови плочи със специални прегради, които разбиват дъгата на части, увеличават силно нейната дължина (понякога до 3 m), охлажда я и по този начин ускоряват значително нейното угасяне.

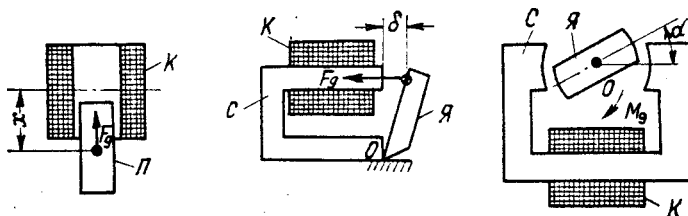
Освен електромагнитно дължината на дъгата може да се увеличи чрез издухването ѝ със сгъстен въздух. Този начин се прилага при мощните главни прекъсвачи на електрическия подвижен състав за променлив ток.

## 60. ЗАДВИЖВАНЕ НА ТЯГОВИТЕ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АПАРАТИ

Задвижването на електрическите апарати може да бъде непосредствено (ръчно или крачно) и косвено (електромагнитно, електро-пневматично и електродвигателно).

Непосредственото задвижване на тяговите електрически апарати се осъществява чрез система от лостове, вериги и зъбни колела, които машинистът привежда в движение. С непосредствено ръчно или крачно задвижване са голяма част от нисковолтовите апарати за управление.

Косвеното задвижване намира изключително широко приложение в съвременния мощен електрически подвижен състав, включително и в рудничния. То създава предпоставки за автоматизиране на различните процеси на управлението, облекчава труда на машиниста, повишава неговата безопасност и дава възможност за многократно управление на тяговите единици.



Фиг. VI-11. Схеми на задвижващи електромагнити

*а. Електромагнитно задвижване* - прилага се при контакторите, включващи и изключващи спомагателните машини, веригите за осветление и отопление, при различните релета, регулатори на напрежение и др. Възбудителната намотка на електромагнита се захранва от акумулаторната батерия или директно от генератора за управление. На фиг. VI-11 са показани най-често използваните схеми за задвижващи електромагнити.

*б. Електропневматично задвижване* - основните елементи на механизма за електропневматично задвижване са: цилиндър с бутало и електропневматични клапани, управляващи подаването или изпускането на сгъстения въздух в цилиндъра. Буталото е свързано чрез система лостове с подвижната част на апарата и като заема различно положение в цилиндъра, фиксира отделните позиции. Електропневматичното задвижване дава възможност да се реализират значителни усилия и голям ход на подвижната част на контактите, поради което се прилага при апаратите, включени във веригите на тяговите двигатели.

Устройството на пневматичното бутално задвижване е показано на фиг. VI-12 *а*. Цилиндърът 1 е затворен с капака 3 и с уплътнението 2. Сгъстеният въздух постъпва през отвора 4. За предотвратяването на утечките на сгъстения въздух се използват меки еластични маншети 6 (кожени или гумени), притискани към вътрешната повърхност на цилиндъра от бронзовите пружинни шайби 5.

При задвижванията, в цилиндрите на които сгъстеният въздух се подава кратковременно, утечките на въздуха практически са без значение. Това позволява използването в тези случаи на бутало с бронзови уплътнителни сегменти 2, триенето на които по цилиндъра на стените е

незначително.

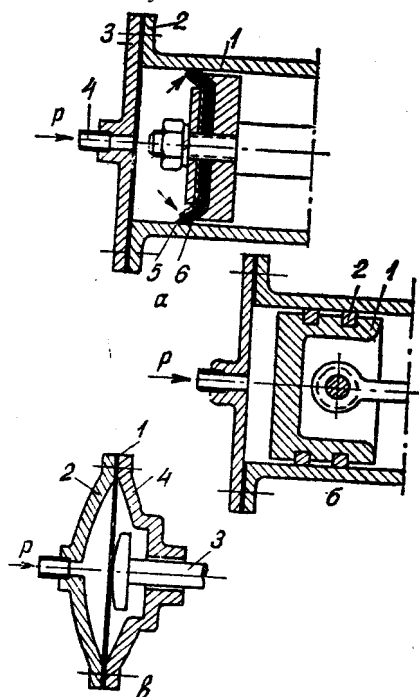
В апаратите, работещи с незначителни премествания на подвижната част, се прилага мембранното пневматично задвижване. При него сгъстеният въздух (фиг. VI-12 в) въздейства върху притиснатата между фланеца 4 и капака 2 диафрагма 1, чието преместване се предава на пръта 3. Съществени предимства на това задвижване пред буталото са значително по-малките триене и износване и по-простото поддържане.

Пускането на сгъстен въздух в пневматичните задвижвания и изпускането на същия в атмосферата се осъществява чрез клапани, активната част на които се управлява с електромагнити. Тези клапани се наричат електромагнитни. Клапаните имат две положения: изходно и работно (на фиг. VI-13 това са горното и долно положения на клапана). В долно положение клапаните се спускат при включен електромагнит, а в горно положение се удържат от пружината на клапана.

Съществуват два основни вида електромагнитни клапани - включващи и изключващи.

При включващия клапан (фиг. VI-13 а) възбуждането на бобина 2 на електромагнита 7 предизвиква потъването надолу на котвата 9 и преместването на клапана 7, който затваря горния отвор на втулката 3. Същевременно клапанът 6 се отделя от долния отвор на втулката 3. Сгъстеният въздух постъпва във въздухоразпределителното устройство 4 през отвора К. Работното пространство на цилиндъра е присъединено към отвора Ц. При включването на електромагнита пружината 5, повдига клапана и цилиндърът, освободен от клапана 7, през отвора 2 се съединява с атмосферата. Бутонът 8 служи за ръчно включване на клапана.

При изключващия електромагнитен клапан (устройството на въздухо-разпределителната му кутия е показано на фиг. VI-13 б) последователността на свързване на отворите на работното пространство на цилиндъра е обратна: при изключен електромагнит отворът на втулката 4 се затваря от клапана 1, а отворът във втулката 3 се освобождава под действието на пружината 2 и сгъстеният въздух постъпва в цилиндъра през отворите К и Ц.



Фиг. VI-12. Схеми на пневматично-бутално задвижване

При включване на електромагнита клапанът се отпуска и сгъстеният въздух от работното пространство на цилиндъра се изпуска в атмосферата през отворите Ц и В. В зависимост от предназначението на тяговия апарат и броя на позициите, на които трябва да бъде фиксирана подвижната част на контактното устройство, задвижването на апарата може да бъде с различен брой цилиндри и вентили. На фиг. VI-14 а, б, в са показани принципните схеми на двупозиционни задвижвания с два цилиндъра и два включващи вентила.

Тъй като самопроизволното изключване на апаратите при случайно прекъсване на захранване на вентилите е невъзможно, тези задвижвания употребяват при тяговите апарати, които дългогасителни устройства.

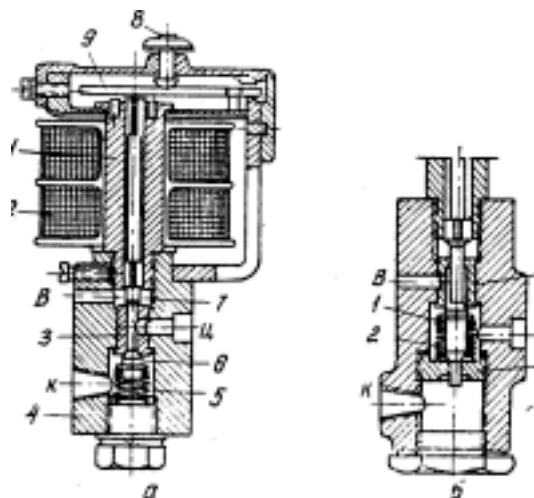
Пневматичното бутално задвижване (фиг. VI-14 а) се състои от два взаимно свързани цилиндъра 1 и 6 и две бутала 2 и 5, свързани с пръта 4.

Буталата се преместват в една или друга посока в зависимост от това, върху кое от буталата упражнява налягане сгъстеният въздух. За предаването на движението от буталата на вала 7 на груповия апарат при малки ъгли на завъртането се използват палецът и кривошипната вилка 5 или прорезът на пръта 7 и палецът 2 на кривошипа (фиг. VI-14 б). При големи ъгли на завъртане на вала вместо с прът буталата се свързват със зъбен гребен 1 (фиг. VI-13 в), които се зацепва с монтирания на вала на апарата зъбен сектор или зъбно колело 2.

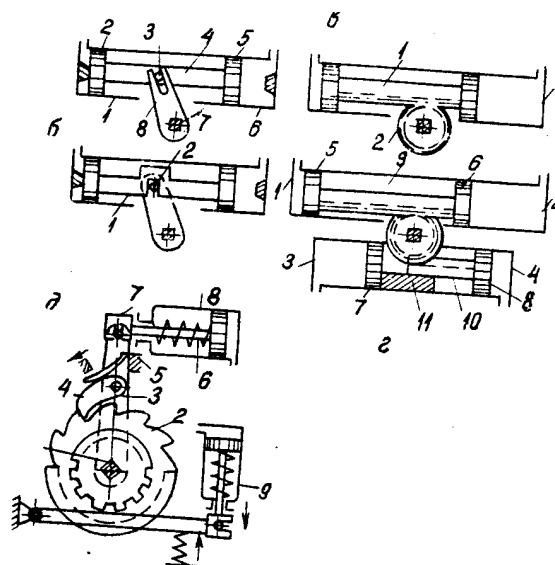
При електрическите апарати, осъществяващи тристепенно прегрупиране на тяговите двигатели на локомотивите за постоянен ток, се използват трипозиционните задвижвания.

Това задвижване (вж. фиг. VI-14 г) има четири цилиндъра 1-4 и четири бутала - 5-8, при

което горните бутала 5-6 са твърдо свързани със зъбния гребен 9, а долният зъбен гребен 10 не е свързан с буталата 7-8.



Фиг. VI-13. Устройство на включващ *а* и изключващ *б* електропневматичен вентил



Фиг. VI-14. Принципи схеми на пневматични задвижвания с приложение в тяговата електроапаратура

В първото (изходното) положение сгъстеният въздух запълва цилиндъра 2. Буталата 5 и 6 заемат при това крайно ляво, а буталото 8 крайно дясно положение. При второто положение сгъстеният въздух запълва само долните цилиндри 3-4. При това двете бутала 7 и 8 са притиснати към направляващата 11 на долния гребен 10 и го фиксират в средно положение. В третото положение сгъстеният въздух постъпва в цилиндрите 1 и 8 от двете страни на буталото 2. При това буталото 2 остава на мястото си, а буталата 3 и 5 заедно със зъбния гребен се преместват в крайно дясно положение.

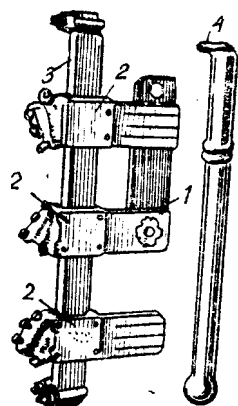
Необходимостта от по-голям брой позиции на подвижната част на контактното устройство при достатъчно сигурно фиксиране, както това е например при главните контролери, налага използването на т. нар. „импулсни“ пневматични задвижвания.

Тези задвижвания имат редица конструктивни варианти. На фиг. VI-14 *д* е показано такова задвижване с храпов механизъм. На вала 1 на груповия апарат е закрепено храповото колело 2. Кривошипът 3 с храповия зъб 4 се върти свободно около вала 1. При пускане на сгъстен въздух в цилиндъра 8 буталото през пръта 6 и кулисата 7 завърта кривошипа 3, а следователно и храповото колело 2. Валът 1, се завърта на един зъб, което съответствува на превключване на апарата на поредната позиция. Преди започването на въртенето фиксаторът на вала 1 се отпуска чрез пневматичното задвижване 9, а в края на завъртането отново заема изходно положение, фиксирайки вала на новата позиция. След това въздухът от цилиндъра 5 се изпуска и кривошипът 3 с храповия зъб 4 се връща към ограничителя 5. За завъртането на вала 1 на нова позиция буталото на цилиндъра 8 трябва да извърши ново движение.

## 61. ИНДИВИДУАЛНИ НЕАВТОМАТИЧНИ ПРЕВКЛЮЧАЩИ АПАРАТИ

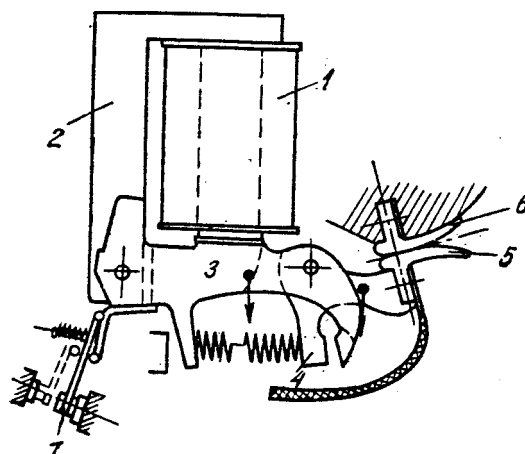
1. *Разединители.* Разединителите (фиг. VI-15) служат за прекъсване, включване или превключване на не натоварени електрически вериги. Разединителите са спомагателни апарати и не участвуват непосредствено в управлението на тяговите двигатели. Разединителите, които се употребяват в електрическия подвижен състав, се изпълняват почти изключително с ножови линейни контакти.

2. *Контактори.* Това са индивидуални двупозиционни апарати с косвено задвижване, предназначени за често включване и изключване на електрическите вериги под товар.



Фиг. VI-15. Разединител ГВ-1:

1-подвижен контакт (нож); 2-неподвижен контакт; 3-изолирана шина; 4-щанга за изключване.



Фиг. VI-16. Схема на електромагнитен контактор:

1-възбудителна намотка; 2-магнитопровод; 3-котва; 4-подвижен (спомагателен) лост; 5-подвижен контакт; 6-неподвижен контакт; 7-блокиращи контакти.

а. Електромагнитни контактори - намират широко приложение в спомагателните вериги и във веригите за управление на електрическия подвижен състав.

Мощността на електромагнитните контактори се ограничава от размерите на възбудителната намотка и от консумацията на електрическа енергия. Собствената консумация на възбудителната намотка на контактора е от съществено значение, особено при захранването на контакторите от батерия или специален генератор.

На фиг. VI-16 е показана опростената конструктивна схема на електромагнитен контактор за ниско напрежение.

б. Електропневматични контактори - използват се при мощните промишлени локомотиви, захранвани с високо напрежение.

Електропневматичните контактори дават възможност за осъществяване на значително налягане върху контактите (300 - 600 N) при сравнително малки размери на контактора и незначителен разход на въздух и електрическа енергия. Поради тези си качества електропневматичните контактори са много подходящи за превключване в силовите вериги със значително токово натоварване.

На фиг. VI-17 е показана принципната конструктивна схема на електропневматичен контактор.

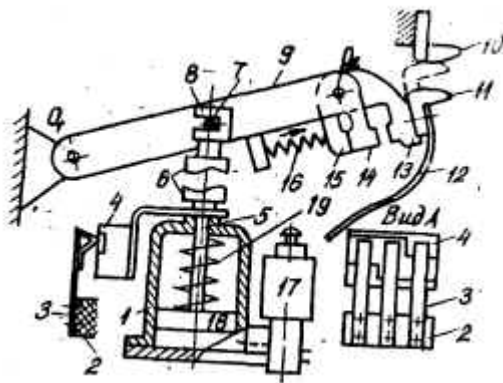
На фиг. VI-18 е показано устройството на електропневматичния контактор ПК-50. Конструктивното решение на този контактор е характерно и за повечето от локомотивните пневматични контактори независимо от различните им модификации. Цифровите означения на фиг. VI-18 съответствуват на тези от фиг. VI-17.

Груповите превключващи апарати представляват съвкупност от механично свързани помежду си контактни устройства, които при задвижване на апарата се отварят и затварят в определена последователност, извършвайки по този начин необходимите изменения в силовите или командните вериги.

Груповите апарати се различават преди всичко по вида на контактните си устройства, които биват юмручни или барабанни.

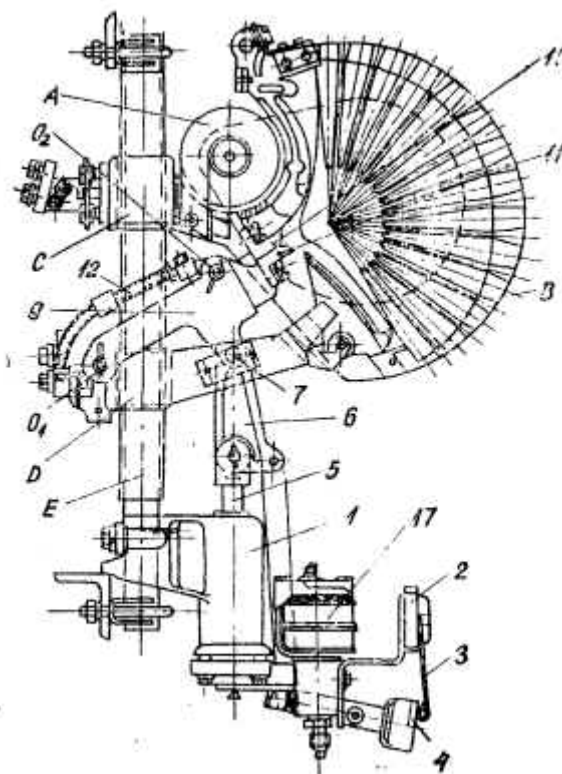
Юмручното контактно устройство (фиг. VI-18) се състои от лостова система със закрепени към нея Г-образни контакти, която се задействува от въртящ се профилиран изоляционен диск.





Фиг. VI-17 Схема на електропневматичен контактор:

1-пневматичен силов цилиндър; 2-изолационна основа; 3-неподвижни блокиращи контакти; 4-подвижни блокиращи контакти; 5-бутален прът; 6-изолационен междинен лост; 7-ос; 8-ухо; 9-основно рамо на контакторното устройство; 10-неподвижен силов контакт; 11-подвижен силов контакт; 12-гъвкав проводник; 13-спомагателно рамо; 14,



Фиг. VI-18 Електропневматичен контактор ПК-50

## 62. ГРУПОВИ ПРЕВКЛЮЧАЩИ АПАРАТИ

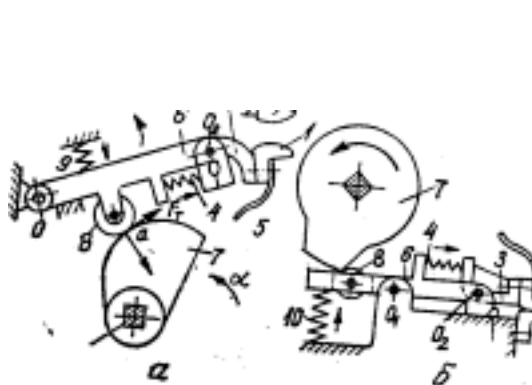
В кинематично и конструктивно отношение лостовата система на юмручните контактни устройства е подобна на лостовата система на контакторите, поради което е прието тя да се нарича още “юмручен механичен контактор”.

На фиг. VI-20 е дадена конструкцията на механичен юмручен контактор, предназначен за осъществяване на превключвания в командна верига (контакторът е без дъгогасително устройство), а на фиг. VI-21 е показано устройството на силов юмручен контактор, съоръжен с дъгогасителна камера и бобина за магнитно продухване на дъгата. Цифровите означения съответствуват на тези от фиг. VI-19.

Барабанните контактни устройства са с плъзгащи се контакти, които се състоят от неподвижен контакт 3 (фиг. VI-22), закрепен еластично върху изолационна стойка 6 и контактен сегмент 2, закрепен върху въртящ се изолационен барабан 7, чиято надлъжна ос е успоредна на изолационната стойка. Понякога контактният сегмент се закрепва конзолно към покрит с изолационен слой въртящ се вал.

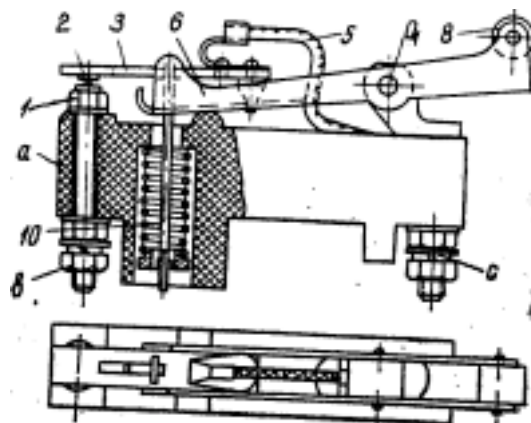
Груповите превключващи апарати условно могат да бъдат класифицирани на прости (изпълняващи еднотипни по характер и целенасоченост превключвания) и “комбинирани”.

Към простите групи превключващи апарати се отнасят контролерите и превключвателите, а към комбинираните - контролерите на машиниста.



Фиг. VI-19 Принципи схеми на юмручни контактни устройства:

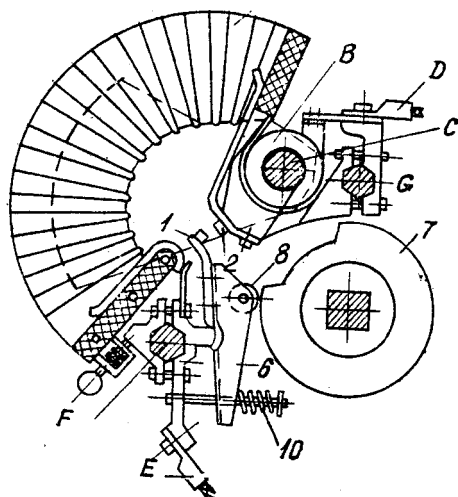
*a*-закриващо устройство; *б*-откриващо устройство; 1-неподвижни контакти; 2-подвижни контакти; 3-спомогателно рамо; 4- спомогателна пружина; 5-гъвкав проводник; 6-основно рамо; 7-профилиран диск; 8-ролки; 9-откриваща пружина; 10-закриваща пружина;  $O_1O_2$ -шарнири



Фиг. VI-20 Устройство на механичен юмручен контактор от командоконтролера на машиниста

1. *Контролерът* е електрически многопозиционен апарат, предназначен да променя схемите на свързване в главните силови или в командните (оперативните) вериги, както и да изменя големината на включените в електрическата верига съпротивления.

В зависимост от вида на електрическите вериги, за които са предназначени, контролерите се делят на силови и командни.



Фиг. VI-21 Устройство на механичен юмручен контактор от силовия контролер:

A-дъгогасителна камера; B-дъгогасителна бобина; C-сърцевина на дъгогасителната бобина; D, E-изводи; F, G-основни (носещи) стойки

По-широко приложение обаче намират юмручните, тъй като те осигуряват по-добри условия за монтаж на дъгогасителни устройства.

2. *Превключватели* - служат за едновременно превключване на голям брой елементи от електрическата верига. В конструктивно отношение превключвателите са подобни на контролерите, но за разлика от тях са двупозиционни апарати (т.е. имат само две работни положения), а контактните им устройства са от категорията на разединителите (т.е. не са оразмерени за изключване на вериги под товар).

В зависимост от функциите, които изпълняват, превключвателите се делят на:

спирачни превключватели (превключватели на режимите) - осъществяват необходимите

Първите осъществяват превключвания директно в силовата верига, а вторите - косвено управление на подвижния състав чрез превключване във веригите, управляващи косвените задвижвания на контакторите или на групите превключващи апарати.

Контактните устройства на контролерите са от категорията на електрическите прекъсвачи, поради което при силовите контролери те се снабдяват с дъгогасителни устройства. Липсата на дъгогасителни устройства при повечето от командните контролери се дължи на незначителните по големина токове в оперативната верига, както и на ниското напрежение, с което тя е захранена.

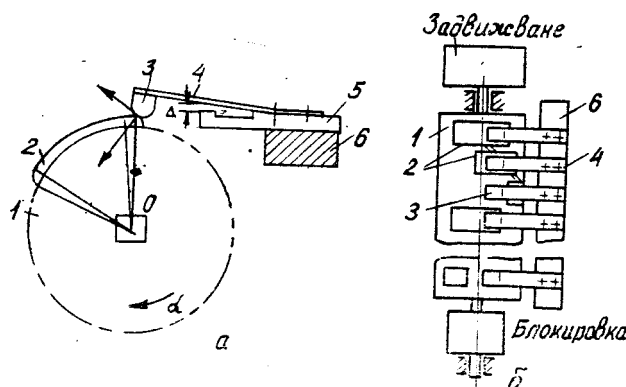
Контролерите могат да бъдат комплектувани както с барабанни, така и с юмручни контактни устройства.

промени в силовата верига във връзка с преминаването на двигателите от тягов в спиращен (генераторен) режим и обратно;

преходни превключватели - осъществяват превключването на тяговите двигатели от последователно в паралелна свързване и обратно;\*

посочни превключватели (реверсори) - превключват електрическата схема, за да се промени посоката на въртене на тяговите двигатели;

превключватели на възбуждането - осъществяват отслабването на магнитния поток на тяговите двигатели чрез секциониране или шунтиране на възбудителните им намотки.



Фиг. VI-22. Схема на барабанно контактно устройство

В зависимост от вида на електрическите вериги, за които са пред назначени, простите групови превключващи апарати се делят на силови и командни. Първите осъществяват превключвания директно във веригата на тяговите двигатели, а вторите - във веригата, управляваща косвените задвижвания на силовите контактори или на силовите групови превключващи устройства.

3. *Контролерът на машиниста* е комбиниран тягов апарат, обединяващ в едно конструктивно цяло прости групови превключващи апарати от различен вид (контролери и превключватели), които са оразмерени за участие в електрически вериги от една и съща категория (силови или командни).

Чрез контролера на машиниста се осъществяват всички операции по управлението на задвижването на локомотива. В зависимост от категорията на простите групови превключващи апарати, от които е изграден, контролерът на машиниста може да бъде силов (осъществяващ непосредствено управление на локомотива) и команден (осъществяващ косвено управление).

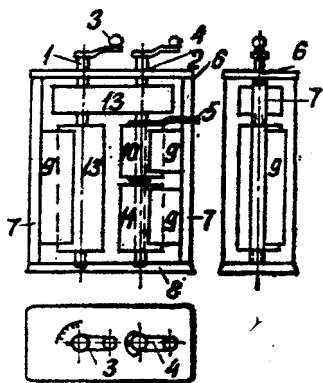
Контролерът на машиниста може да бъде комплектуван от контролери и превключватели с еднакви или различни по вид контактни устройства. Наименованието му (барабанен или юмручен) обаче се определя от вида на контактните устройства на контролера.

Контролерът на машиниста като правило е с ръчно задвижване. Силовите контролери на машиниста се използват при сумарна мощност на управляваните от него двигатели 200 - 250 kW при захранващо напрежение до 750 V.

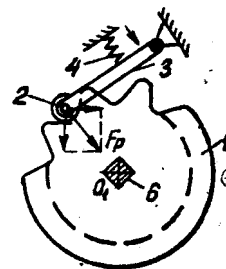
Контролерът на машиниста като правило съдържа не по-малко от два групови превключващи апарата - един за осъществяване на реверсирането (пряко или косвено) и друг за определяне на тяговия и спиращия режим. В някои контролери броят на тези устройства може да достигне 3-4 (фиг. VI-23). Подвижните елементи на всички тези контролери и превключватели са монтирани неподвижно или свободно върху задвижващите валове 1 и 2. Тъй като при включването на простите групови превключващи апарати се налага спазването на строга последователност и взаимна обусловеност, която осигурява реализирането на приетата програма за управление на тяговите двигатели, контролерът на машиниста се съоръжава със:

- а) фиксатор на позициите;
- б) устройство за осъществяване на механична блокировка между валовите.

\* При 6-двигателните локомотиви този преход е тристепенен, поради което функциите на преходния превключвател се изпълняват от трипозиционен контролер.



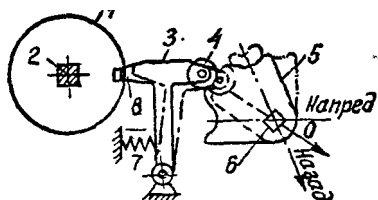
Фиг. VI-23. Схема на разположението на елементите на контролера на машиниста: 1-главен вал; 2-спомогателен вал; 3, 4, 5-ръчки за управление; 6-капак; 7-стойки; 8-основа; 9-комплект механични контакти (при юмручните контролери) или еластични неподвижни контакти (при барабанните контролери); 10, 11-превключвателни програмиращи устройства (барабани или профилни дискове); 12-контролерно програмиращо устройство (барабан или профилни дискове); 13-механична блокировка между валове и фиксатор на позициите



Фиг. VI-24. Схема на фиксатор на позициите

Фиксаторът на позициите обикновено се състои от зъбен венец 1, неподвижно закрепен към задвижващия вал 6 (вж. фиг. VI-24), и шарнирно закрепен лост 3, завършващ с фиксиращата ролка 2. Попадайки в дъното между два зъба, ролката 2 точно фиксира положението на контактите, управлявани чрез завъртането на вала 6.

Механичната блокировка (фиг. VI-25) има за цел да предотврати разкъсването на силовата вериги под товар чрез контактите на превключвателите. За целта върху задвижващия вал на контролера (означен на фиг. VI-23 с цифра 1, а на фиг. VI-25 с цифра 2) се закрепва снабденият с прорез 8 диск 1 (вж. фиг. VI-25), а върху вала на превключвателите поз. 4 от фиг. VI-23 или поз. 6 от фиг. VI-25 се поставя зъбният сектор 5 (фиг. VI-25). Между диска 1 и сектора 5 се закрепва шарнирно Т-образният лост 3, който



Фиг. VI-25. Схема на механичната блокировка между валове на контролера на машиниста

под действието на пружината 7 се опира устойчиво чрез ролката 4 в някое от междузъбията на сектора 5. Завъртането на превключвателния вал с цел да се промени положението му предизвиква изтласкването на Т-образния лост вляво, при което той опира върху периферията на диска 1, без да позволява на ролката 4 да прехвърли върха на зъба. Ролката 4 може да осъществи това прехвърляне, ако срещу дясното рамо на Т-образния лост се намира прорезът 8 (както

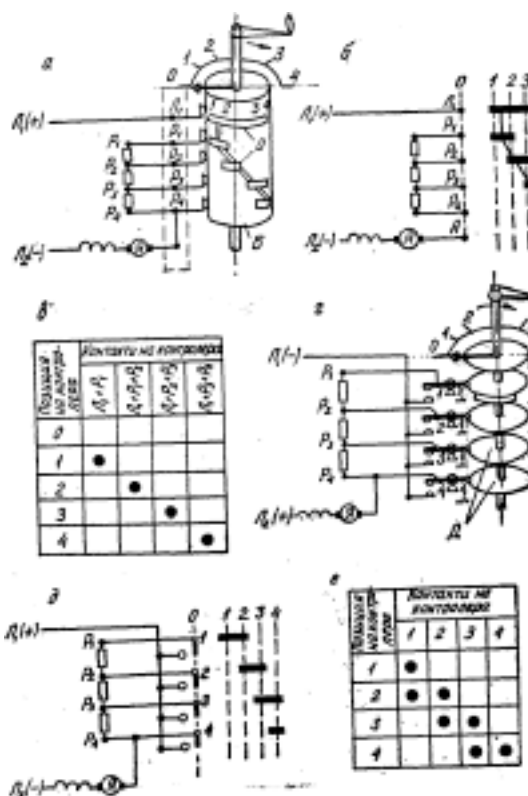
това е показано на фиг. VI-25). Блокировката ще изпълни предназначението си, ако това положение на диска отговаря на нулевата позиция на контролера. Последователността и видът на превключванията, които всеки групов превключващ апарат трябва да осъществи при завъртането на неговия задвижващ вал, се програмира механично по следния начин:

а) при барабанните контролери (фиг. VI-26 а) - чрез закрепване върху изолационния барабан Б на различно дълги, ъглово разместени и електрически свързани помежду си (в различни комбинации) контактни сегменти б;

б) при юмручните контролери (фиг. VI-26 г) - чрез закрепване върху задвижващия вал В на различно профилирани дискове Д.

В електрическите схеми изолационният барабан на барабанните контролери се чертае в разгънат вид, както това е показано на фиг. VI-26 б. Неподвижните контакти на контактните устройства се представят като вертикален ред точки, а сегментите (т.е. подвижните контакти) - като плътни хоризонтални линии. Работните положения на сегментите (позициите) се означават чрез номерирани вертикални пунктирани линии, които съвпадат с положенията, които оста на неподвижните контакти заема при завъртането на барабана Б на контролера.

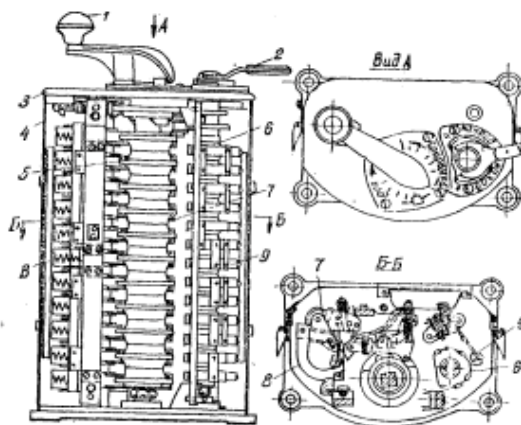
За да се облекчи проследяването на веригите, които се образуват при поставянето на барабана на контролера в различни работни положения, в някои случаи се съставя специална таблица за затварянето на контактите на контролера. За разглеждания случай тази таблица е



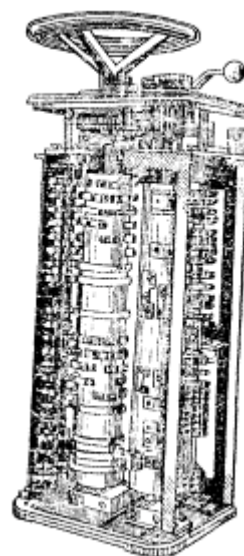
Фиг. VI-26. Принципно устройство и схеми на барабанен а, б, в и юмручен г, д, е контролер плътните линии, означаващи гърбиците. Таблицата за включването на контактите на контролера е показана на фиг. VI-26 е.

показана на фиг. VI-25 в. В лявата вертикална графа на таблицата се означават позициите на контролера (1, 2 и т. н.), а в горната хоризонтална графа - комбинациите, в които се съединяват неподвижните контакти на контролера посредством сегментите на барабана. Чрез точката, нанесена в някое от квадратчетата, образувани при пресичането на хоризонталните и вертикалните графи, се означава комбинацията от свързвания, която контролерът осъществява при поставянето му на съответна позиция.

На фиг. VI-26 д е показана схемата на електрическите съединения, осъществявани от юмручния контролер, на която схема валът с профилните дискове е даден в разгънат, вид. На схемата гърбиците, разположени по периферията на дисковете, са означени с плътна линия, неподвижните контакти - с вертикален ред точки, подвижните контакти - с вертикален ред с къси вертикални чертички, а позициите - чрез номерирани вертикални пунктирани линии. При разглеждания контролер (фиг. VI-26 г) всяко контактно устройство ще затваря контактите си при положенията на контролера, на които съгласно фиг. VI-26 д съответствува пресичането на



Фиг. VI-27 Устройство на юмручен силов контролер на машиниста



Фиг. VI-28 Устройство на барабанен командоконтролер на машиниста

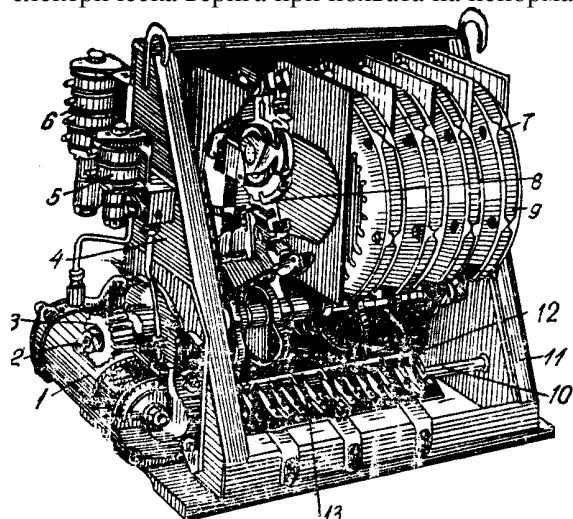
На фиг. VI-27 е показано устройството на юмручен силов контролер на машиниста, предназначен за управление на руднични електролокомотиви, а на фиг. VI-28 - общият вид на барабанен команден контролер на машиниста, предназначен за управление на промишлени електролокомотиви.

На фиг. VI-29 е показано устройството на солов превключвател на режимите с косвено електропневматично задвижване (подобни по конструкции са и силовите реверсори).

На фиг. VI-30 е показано устройството на силов контролер с дистанционно електропневматично управление, предназначен за прегрупиране на тягови двигатели.

### 63. АВТОМАТИЧНИ ПРЕКЪСВАЧИ

Автоматичните прекъсвачи са индивидуални превключващи устройства, пригодени за автоматично изключване на дадена електрическа верига при появата на ненормални режими в нея, но допускащи и работно (не

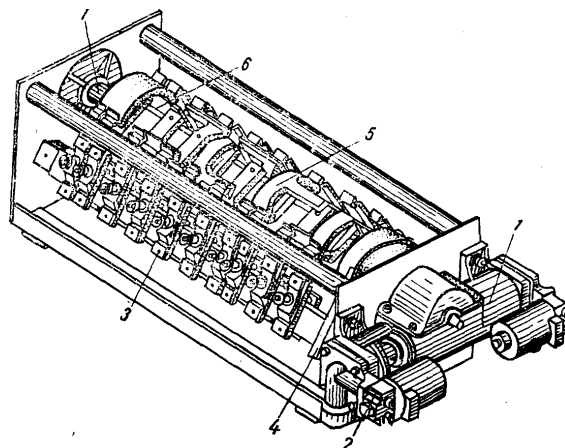


Фиг. VI-30. Групов контролер за прегрупиране на тяговите електродвигатели (тип ПКГ-6)

1-пневматичен силов цилиндър със зъбен гребен; 2-команден юмручен вал; 3-водимо зъбно колело; 4-, 11-странични стени на рамата; 5, 6-електромагнитни вентили; 7-дъгогасителни камери; 8-неподвижен силов контакт; 9-подвижен силов контакт; 10-блокиращ барабан; 12-подвижни блокиращи контакти; 13-неподвижни блокиращи контакти

Схематично устройството на един от твърде разпространените нормални автоматични прекъсвачи е показано на фиг. VI-31.

На основния лост 15 шарнирно е закрепен спомагателният лост 18, който носи подвижния контакт 2. Усилието, притискащо контактите 1 и 2, се създава от пружината 17. Тя осигурява и изключването на прекъсвача. Контактите 1 и 2 се задържат във включено положение от ключалката 9. Автоматичното изключващо устройство на прекъсвача се състои от електромагнит 3, котва 4 и регулираща пружина 5, чието натягане (а с това и настройването на прекъсвача) се изменя чрез регулиращия винт 6.



Фиг. VI-29. Спирачен превключвател (превключвател на режимите) ISC:

1-пневматичен силов цилиндър; 2-електромагнитен вентил, управляващ пневматичния цилиндър 1; 3-неподвижни контакти; 4-фиксатор на позициите; 5-подвижни контакти (сегменти) на барабанното контактно устройство; 6-конзоли, укрепващи сегментите към вала 7 на превключвателя

аварийно) изключване на веригата по команда от обслужващия персонал.

Според големината на скоростта, с която осъществяват прекъсването на електрическия ток и дъгогасенето, автоматичните прекъсвачи се разделят на нормални и бързодействащи.

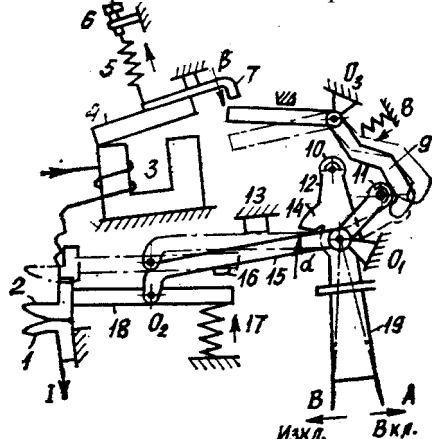
#### 1. Нормални автоматични прекъсвачи.

Прекъсвачите от този вид се използват за осигуряване защитата на веригата на тяговите двигатели при маломощните постояннотокови локомотиви със захранващо напрежение до 750 V или за осигуряване защитата на веригите на спомагателните машини - при променливотоковите и при мощните постояннотокови локомотиви. Отличават се с просто устройство и със сравнително голяма времеконстанта (т.е. време за въздействие), която обикновено е около 0,01 S. Времето, необходимо за дъгогасенето, е почти същото, както и при обикновените контактори, т. е. около 0,04-0,06 S.

Автоматично при тези апарати е само аварийното им изключване докато включването и работното им изключване най-често е ръчно.



Когато през намотката на електромагнита протече ток, който е по-голям от тока на настройката, котвата 4 се привлича от сърцевината на електромагнита, при което ударникът 7 избива ключалката 9 изпод ролката 11. Под действието на пружината 17 лостът 15 се завъртва около оста  $O_1$  по посока на часовниковата стрелка до достигането на ограничителя 13, при което контактите 1 и 2 се отдалечават един от друг - прекъсвачът се изключва. Дъгогасенето се извършва в камера, която не е показана на схемата. В изключено положение спомагателният лост 18 се опира на ограничителя 16. Автоматичният прекъсвач се включва чрез ръчката 19, която е продължение на шарнирно закрепения в т.  $O_1$  лост 12. За осъществяване на включването ръчката 19 трябва да се постави в положение А (фиг. VI-31), при което палецът 14 въздействува върху лоста 15, свива пружината 17 и притиска контакта 2 към неподвижния контакт 7. Когато ръчката 19 заеме положение А, ключалката 9 се изтласква от пружината 8, попада зад ролката 11 и задържа лоста 15 в достигнатото положение.



Фиг. VI-31. Кинематична схема на обикновен (не бързодействащ) автоматичен прекъсвач с механична ключалка

2. *Бързодействащи, автоматични прекъсвачи за постоянен ток.* При електрически подвижен състав бързодействащите прекъсвачи се употребяват за защита на тяговите двигатели и основните електрически апарати от токовете на късите съединения, от появата на кръгов огън, от претоварване и др.

Токовете на късо съединение при електрически подвижен състав за постоянен ток, работно напрежение от 600 до 3000 V, могат да достигат до 10000—12000 A, при което скоростта на нарастване на тока достига до 700000 A/з. Очевидно основната задача на защитата трябва да се намаляване времето за изключване на веригата е възникнало късото съединение.

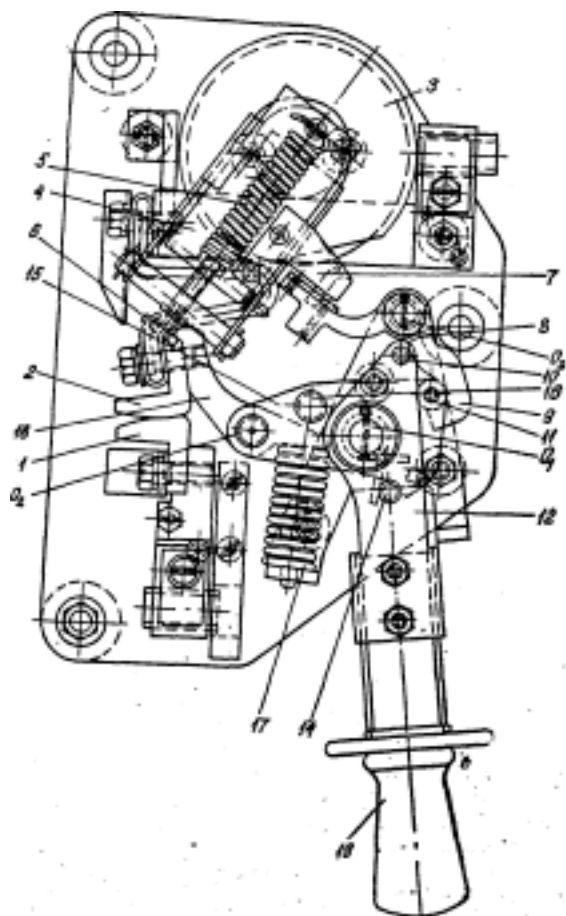
Кривата, отразяваща нарастването на тока при късо съединение, е дадена на фиг. VI-33. На същата са нанесени кривите на изключването на ток при късо съединение с обикновен автоматичен прекъсвач (крива 1) и с бързодействащ (крива 2).

Времето, за което се изключва късото съединение, включва три периода, а именно:

$t_1$  е времето, за което токът на късото съединение достига стойност, при която започва действието на автоматичния прекъсвач;

За осъществяването на работно (не аварийно, не автоматично) изключване на прекъсвача ръчката 19 се поставя в положение В. При това лостът 12 се завърта по посока на часовниковата стрелка, ролката 10 повдига ключалката 9 и пружината 17 изтласква лостовете 18 и 15, разделяйки по този начин контактите 1 и 2.

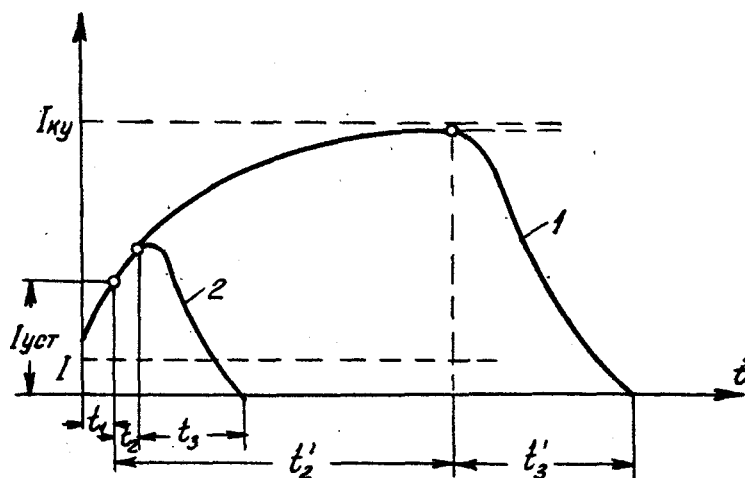
На фиг. VI-32 е дадена конструкцията на активната част на съветския нисковолтов автоматичен прекъсвач АВ-1В-1, чиято кинематична схема и основни елементи съответствуват на схемата и означенията, показани на фиг. VI-31.



Фиг. VI-32. Устройство на активната част на автоматичния прекъсвач АВ-1В-1

$t_2$  - собственото време за изключване, т.е. времето от задействане на автомата до момента на отделянето на контактите и възникването на дъгата;

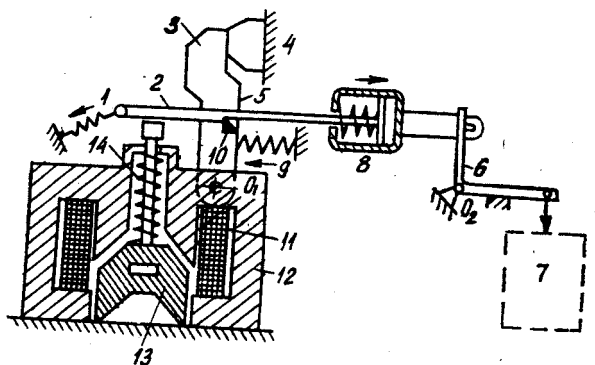
$t_3$  - времетраенето на процеса дъгогасене.



Фиг. VI-33. Криви на изменението на тока при изключване на късо съединение:

а-чрез обикновен (не бързодействащ) прекъсвач; б-при изключване чрез бързодействащ прекъсвач

От диаграмата  $I = f(t)$  се вижда, че при бързодействащите прекъсвачи гасенето на дъгата започва, много преди токът на късото съединение да е достигнал своята максимална стойност, т.е.  $t_2 < t_2^1$ . На това именно се дължи рязкото скъсяване на времето, за което тези прекъсвачи осъществяват изключването на късото съединение. Собственото време за изключване  $t_2$  се намалява чрез прилагане на мощни изключващи пружини, облекчаване масата на котвата на прекъсвача и прилагане на директна връзка между котвата на прекъсвача и работните контакти, при която всички междинни предавателни лостове се избягват. При рационално използване на всички тези възможности собственото време за изключване на бързодействащите автоматични прекъсвачи може да бъде сведено до 0,001—0,0015 s.



Фиг. VI-34. Принципно схема на бързодействащ автоматичен прекъсвач с механично задържащо устройство

а. Бързодействащ автоматичен прекъсвач с механично задържащо устройство. Принципната схема на такъв прекъсвач е показана на фиг. VI-34. Пружината 9 се стреми да разедини контактите 3 и 4, но това се предотвратява от ключалката 2, която е преминала зад зъба 10 на контактния лост 5. Левият край на лоста на ключалката 2 се изтегля наляво и надолу от спомагателната пружина 1. Чрез мощната пружина 8, чиято сила превишава резултантното усилие на изключвателната пружина 9 и на спомагателната 1, лостът на ключалката 2 се изтегля надясно. Чрез пневматичното задвижващо устройство 7 и ъгловия лост 6 кожухът на пружината 8 се задържа в крайно дясно положение.

За осъществяване на бързото неавтоматично изключване на прекъсвача пневматичното



задвижващо устройство се изключва и същевременно се освобождава от лоста 6.

Автоматичното изключване на прекъсвача се осъществява от електромагнита 12, сърцевината 13 на който при определена, големина на тока в бобината 11 (тази големина зависи от силата на пружината 14 и от големината на въздушната междина) повдига лоста на ключалката 2 над зъба 10 и по този начин освобождава лоста 5. За осъществяване на включването на автомата пневматичното задвижващо устройство 7 се освобождава и тогава пружината 1 изтегля вляво лоста на ключалката 2 и предизвиква зацепването ѝ със зъба 10. С включването на задвижващото устройство 7 ключалката 2 се премества надясно заедно с лоста 5 и контактите се допират.

б. Бързодействуващ автоматичен прекъсвач с електромагнитно задържащо и изключващо устройство. Времето, необходимо за раздвижване механизма на задържащото устройство, съставлява значителна част от собственото време за задействуване на автоматичния прекъсвач. Ето защо за ускоряване на задействуването му е целесъобразно обединяването на задържащото и автоматичното изключващо устройства на прекъсвача в един общ конструктивен елемент. Такова обединение е възможно само при използването на електромагнитно задържащо устройство.

Най-простият автоматичен прекъсвач от разглеждания вид е показан схематично на фиг. VI-35:

Електромагнитът 1 е снабден със захранена от постояннотоков източник задържаща намотка 2, както и със серийна намотка 3, включена в защитаващата верига.

При възбудена задържаща бобина 2 електромагнитът 1 не е в състояние да привлече закрепената към контактният лост 8 котва 4. Ако обаче чрез някакво задвижващо устройство 5 котвата бъде придвижена до полюсите на електромагнита 1, потокът на електромагнита, създаден от намагнитващата сила на намотката 2, ще бъде достатъчен, за да задържи котвата.

Намагнитващите сили на намотките 2 и 3 трябва да бъдат противоположни. При това положение нарастването на тока в защитаващата верига ще предизвиква съответно намаляване на притеглящата сила на електромагнита. Когато притеглящата сила стане по-малка от приложената към котвата сила на изключващата пружина 6, котвата 4 ще се откъсне от полюсите на електромагнита (лостът 8 ще се придвижи към ограничителя 7) и контактите на прекъсвача ще се раздалечат.

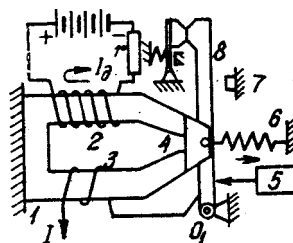
На фиг. VI-36 е показана принципната схема на съветския локомотивен бързодействуващ прекъсвач БВП-1А.

Основните части на прекъсвача са: ядро 1 с основна намотка 2 и размагнитваща намотка 3; котва 4, непосредствено свързана с работните контакти 5; мощни изключващи пружини 6; включващ механизъм 7 и дъгогасително устройство 8

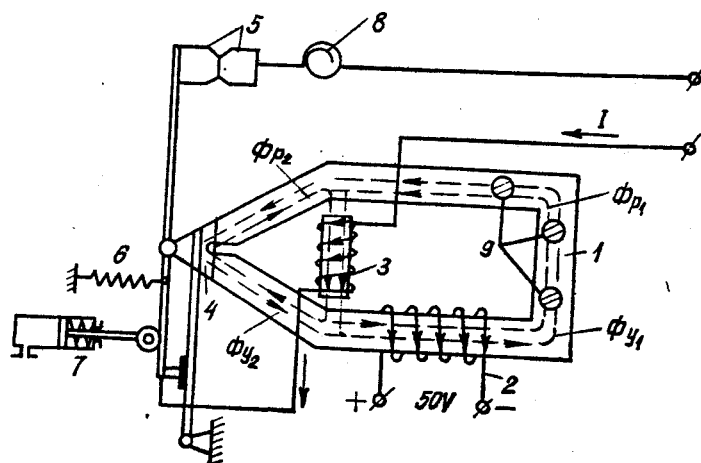
Автоматичното изключване на прекъсвача се осъществява: а) директно при протичането на тока на късото съединение през размагнитващата намотка; б) косвено - при прекъсване веригата на задържащата намотка вследствие задействуването на някое от защитните релета.

Неавтоматичното изключване на прекъсвача също се осъществява чрез прекъсване на веригата на задържащата бобина 2.

Създаденият от размагнитващата намотка поток е противоположен на основния магнитен поток, създаден от задържащата намотка.



Фиг. VI-35. Схема на бързодействуващ прекъсвач с електромагнитно задържащо и изключващо устройство



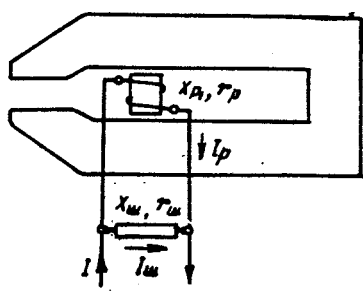
Фиг. VI-36. Принципна схема на бързодействащ прекъсвач БВП-1

За да се увеличи скоростта на изключването, размагнитващата намотка се поставя върху стоманено ядро, поместено между полюсите, на магнитопровода. По този начин магнитните потоци на задържащата намотка  $\Phi_y$  и на размагнитващата намотка  $\Phi_p$  се разделят на две части (фиг. VI-36). Всяко увеличаване на размагнитващия поток е свързано с намаляването на задържащия поток в котвата и с увеличаване на магнитния поток през останалата дясна част на ядрото. Вследствие на насищането колебанията на магнитния поток в дясната част на магнитопровода ще бъдат малки, в резултат на което размагнитващият поток  $\Phi_{p2}$  в лявата част на ядрото ще се изменя по-динамично от задържащия поток  $\Phi_{y2}$  (който е резултантен на потоците  $\Phi_{p1}$  и  $\Phi_{y1}$ ) и затова изключването на прекъсвача ще се ускори.

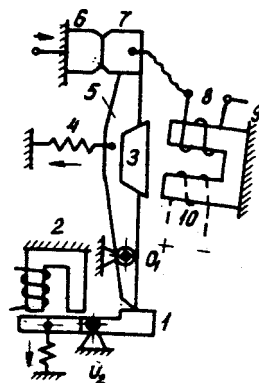
Настройването на бързодействащия прекъсвач се постига чрез винтовете 9, служещи за изменение сечението на магнитопровода, или чрез изменение натягането на изключващите пружини.

Възстановяването (включването) на изключилия прекъсвач става по следния начин. Захранва се веригата на задържащата намотка, след което се задействува включващият механизъм. Буталото на механизма придвижва котвата към полюсите, при което тя прилепва към тях под действието на магнитния поток.

Собственото време за изключване на бързодействащия прекъсвач БВП-1 е от 0,003 до 0,008 s. Намаляването на времето на задействане до 0,001 - 0,0015 s може да се постигне чрез намаляване индуктивното съпротивление на размагнитващата намотка и шунтирането ѝ с магнитно съпротивление (фиг. VI-37).



Фиг. VI-37. Схема за шунтиране на размагнитващата намотка на бързодействащ прекъсвач



Фиг. VI-38 Принципна схема на бързодействащ автоматичен прекъсвач с изключващ електромагнит

Както е известно, при постояннотоково натоварване ( $I = \text{const}$ ) индуктивното съпротивление на шунта не оказва влияние на разпределението на токовете в паралелно свързаните вериги, а именно:

$$\frac{I_p}{I_{ш}} = \frac{r_{ш}}{r_p}, \quad (\text{VI-1})$$

където

$I_p$  е установеният ток в размагнитващата намотка;

$I_{ш}$  - установеният ток в шунта;

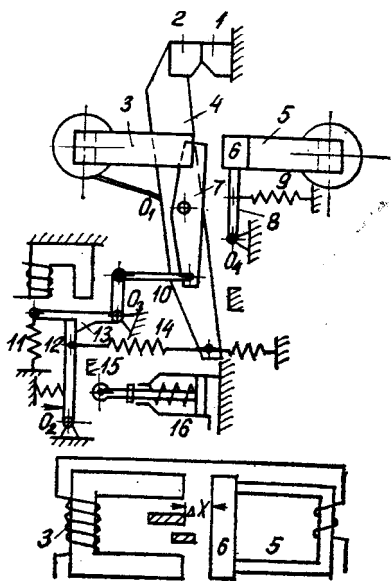
$r_{ш}$  и  $r_p$  са активните съпротивления на шунта и размагнитващата намотка.

През време на преходния процес обаче, когато токът на късото съединение нараства, отношението  $\frac{I_p}{I_{ш}}$  се изменя. Ако индуктивното съпротивление на шунта  $x_{ш}$  се приеме

неколкократно по-голямо от това на размагнитващата намотка, отношението  $\frac{I_p}{I_{ш}}$  се увеличава, с което се увеличава и скоростта на изключване.

На фиг. VI-38 е показано схематично устройството на автоматичен прекъсвач, чийто подвижен контакт 7 е твърдо свързан към котвата 3 и лоста 5, за да се намали загубата на време, свързана със задействването на спомагателния лост, който при другите системи осъществява взаимното претриване на контактите. Пружината 4 затваря контактите 6 и 7. Изключването настъпва в момента, в който притегателната сила на електромагнита 9 (през намотката 8 на които протича токът на защитаващата верига) превиши приведената към котвата 3 сила на съпротивление от пружината 4. След разтварянето на контактите те трябва да бъдат удържани в това положение. За целта се използва ключалката 1 или постоянно включената задържаща намотка 10, която не е в състояние самостоятелно да притегли котвата, но може да я удържи.

За включването на автоматичния прекъсвач кратковременно се възбужда електромагнитът 2 или се изключва намотката 10.



Фиг. VI-39 Принципно устройство на автоматичен бързодействащ прекъсвач „Геарapid“

може да се завърта около оста  $0_1$ . Котвата 6 на електромагнита е прикрепена към лоста 8. Пружината 14, която осигурява притискането на контактите 1 и 2, е закрепена към лостове 4 и 12. Лостът 12 се фиксира срещу завъртане чрез ключалката 13, която на свой ред се притиска от пружината 11. Ъгловият лост на ключалката 13 може да се завърта около оста  $0_3$  и е свързан чрез пръта 10 с лоста 7, който свободно се завърта около оста  $0_1$ .

Електромагнитната система се състои от два магнита 3 и 5 и котва 6. Бобините на електромагнитите са включени последователно в защитаващата верига. При увеличаването на тока в бобините магнитопроводът 5 достатъчно бързо се насища и силата на неговото притегляне престава да нараства; магнитопроводът 3 е слабо наситен и силата, с която той привлича котвата 6, нараства пропорционално на увеличението на тока. При достигането на определена стойност на тока силата на притеглянето от електромагнита 3 става по-голяма, отколкото тази на електромагнита 5 и на пружината 9. Тогава започва движение на котвата 6

Основният недостатък на този вид автоматичен прекъсвачи е отслабването на силата на притискане на контактите пропорционално на увеличаване силата на притегляне на електромагнита 9. Ето защо при продължителни, сравнително малки претоварвания (които автоматът не изключва) е възможно получаването на недопустимо нагриване на контактите. Друг недостатък на прекъсвача е изменението на настройката му при износването на контактите, тъй като това води до изменение на началната въздушна междина на електромагнита.

На фиг. VI-39 е показана схемата на автоматичния прекъсвач „Геарapid“, при който изброените недостатъци на разглежданите автоматични прекъсвачи с твърдо закрепване на подвижния контакт към изключващия лост са избягнати.

Подвижният контакт 2 при прекъсвача „Геарapid“ е монтиран върху лоста 4, който

към електромагнита 3. При това движение котвата притиска първоначално лоста 7, а след това, изминавайки път  $\Delta x$ , удря по контактния лост 4. В резултат на удара контактният лост започва да се движи с голямо ускорение по посоката на изключването.

Едновременно с това лостът 12 се освобождава и се завърта до ограничителя 15, отслабвайки при това натягането на пружината 14. След завършването на този процес контактите 1 и 2 остават отдалечени, докато не бъде задействувано включващото устройство 16, което връща лоста 12 в изходно положение. За неавтоматичното изключване на прекъсвача се налага възбуждането на електромагнита, управляващ ключалката 13.

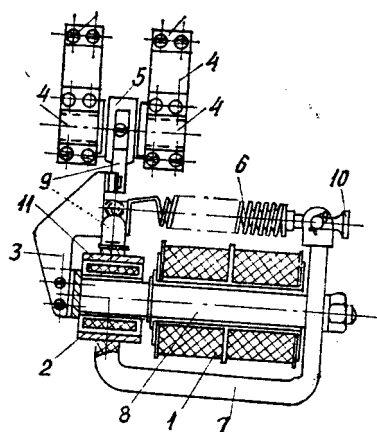
При този прекъсвач отслабването на силата на привличането на котвата не намалява силата, притискаща контактите 7 и 2, тъй като котвата не е твърдо свързана с контактния лост.

## 64. РЕГУЛАТОРИ

*1. Регулатори на напрежение.* Използването на косвена система за управление на локомотива налага съоръжаването му с нисковолтов източник на електроенергия, който да захранва веригите за управление. Като такъв източник при електрическите локомотиви обикновено се използват шунтови постояннотокови генератори, чийто двигатели се захранват от тяговата мрежа. Напрежението на тези генератори обикновено е 24, 50 или 120 V.

Скоростта на въртене на двигател-генераторната група зависи от напрежението на контактната мрежа. Тъй като в различните точки на мрежата напрежението се изменя в границите от -30 до +20% от номиналното напрежение, това съответно води до изменение напрежението на клемите на генератора, което освен това зависи и от големината на товара, включен в оперативната верига, и от тока на възбуждане, протичащ през шунтовата намотка. При това положение напрежението на изводите на един генератор за напрежение 50 V може да се колебае в границите от 30 до 80 V. Такива колебания на напрежението са недопустими от гледна точка на сигурната работа на апаратите, участващи във веригата за управление, нормалното зареждане на акумулаторната батерия и нормалното захранване на веригите за осветление. За автоматичното поддържане на напрежението на изводите на генератора в допустимите граници във веригата на неговата възбудителна намотка се налага включването на регулатори (вибрационни или въглени).

а. Вибрационен регулатор на напрежение. Типичен представител на регулаторите от този вид е съветският регулатор СРН-2А (фиг. VI-40). Този регулатор е съоръжен с две шунтови намотки - неподвижна 1 и подвижна 2, които са свързани помежду си последователно. Неподвижните контакти 4 на регулатора са включени във веригата на възбудителната намотка ВН на генератора.



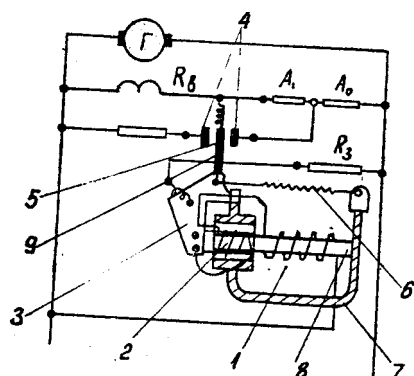
Фиг. VI-40. Регулатор на напрежение СРН-2А:

1-неподвижна бобина; 2-подвижна бобина; 3-лост; 4-неподвижни контакти; 5-подвижен контакт; 6-пружина; 7-магнитопровод; 8-сърцевина на магнитопровода; 9-изолационен лост; 10-регулиращ винт

Принципът на действие на вибрационния регулатор на напрежение е показан на фиг. VI-41. При включването на регулатора на напрежение взаимодействието на тока на подвижната намотка 1 и на магнитния поток на неподвижната намотка 2 създава усилие, което заставя подвижната намотка да се придвижи към неподвижната. На това усилие, респективно на това преместване, се противопоставя пружината 6, която от своя страна се стреми да придвижи подвижната намотка в обратна посока. Пружината е така регулирана, че при номиналното напрежение на генератора подвижният контакт 5 се намира в средно положение и не се допира нито до десния, нито до левия неподвижен контакт 4.

При увеличаване напрежението на генератора електродинамичното усилие на неподвижната намотка 1 нараства и тя притегля към себе си подвижната намотка 2, с което се предизвиква

допирането на подвижния контакт 5 към левия неподвижен контакт 4, а с това и шунтирането на намотката на възбудането  $BH$  на генератора със съпротивлението  $R_2$ . Това предизвиква намаляване тока на възбудането на генератора и намаляване напрежението на неговите изводи. Щом напрежението на генератора достигне номиналната си стойност, подвижният



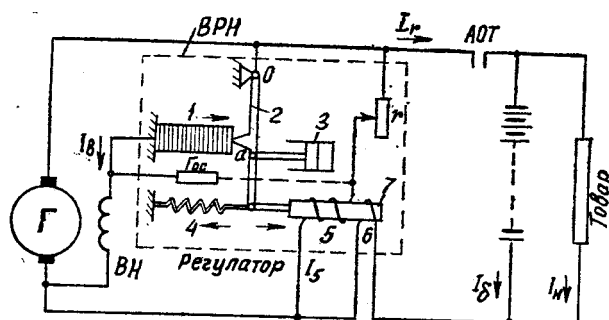
Фиг. VI-41. Схема на свързването на регулатора на напрежение CPH-2A

контакт 5 отново заема неутрално положение между неподвижните контакти 4. Ако съществува причина, предизвикваща повишаване напрежението на генератора (голяма честота на въртене на задвижващия двигател), подвижният контакт периодично ще се допира до левия неподвижен контакт, т.е. ще възникне вибрация на подвижния контакт и в намотката на възбудането на генератора ще се установи определен за дадения режим среден възбудителен ток, а следователно и определено напрежение на изводите на генератора.

Ако напрежението на генератора се понижи, подвижният контакт започва да вибрира около десния неподвижен контакт, шунтирайки съпротивлението  $R_1$ , което е включено

последователно на възбудителната намотка на генератора. Шунтирането на съпротивлението  $R_1$  води до увеличаване възбудителния ток и следователно - до увеличаване напрежението на изводите на генератора  $\Gamma$ . Увеличаването на напрежението ще предизвика отваряне на контактите.

Регулирането на апарата се извършва чрез натягане на пружината 6 с помощта на регулиращия винт 10 (вж. фиг. VI-40). За да се избегне влиянието на температурата върху съпротивлението на бобините на електромагнита, последователно на тях се включва добавъчното съпротивление  $R_3$ , което е от константов проводник и големината му практически не зависи от температурата. При това положение изменението на съпротивлението на бобината малко влияе върху общото съпротивление на веригата.



Фиг. VI-42. Схема на свързването на въгленов регулатор на напрежение

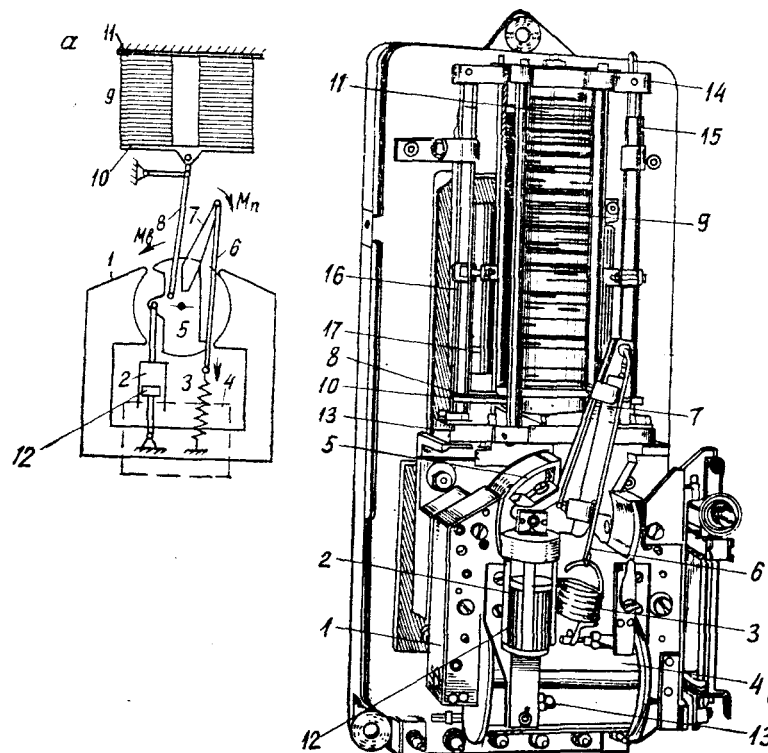
б. Въгленов регулатор на напрежение. Принципът на действие на въгленовите регулатори на напрежение се основава на изменението на съпротивлението на стълбове от тънки въглени шайби в зависимост от натиска, приложен към тях.

Електрическата схема на свързването на въгленов регулатор на напрежение в оперативната верига е показана на фиг. VI-42.

От схемата се вижда, че чрез въгленовия регулатор на напрежението  $BPH$  във веригата на възбудането на генератора се включва стълбът 1, състоящ се от въгленови шайби или дискове. Съпротивлението на стълба се определя преди всичко от преходното съпротивление между шайбите и затова намалява обратно-пропорционално на притискащата сила.

Електромагнитният механизъм на регулатора, който осигурява автоматичното изменение на силата, която притиска въгленовия стълб се състои от електромагнит 7 и пружина 4 (фиг. VI-42). Създаваната от електромагнита сила се предава на въгленовия стълб 1 чрез лоста 2, който може да се върти около оста 0. Пружината 4 създава постоянен натиск в точката на допиране на лоста 2 във въгленовия стълб 1, а електромагнитът 7 - променлива по големина противоположна сила.

Електромагнитът 7 се възбужда от напрежителната намотка 5 и токовата 6. Демпферът 3 отстранява влиянието на механичните вибрации върху работата на регулатора.



Фиг. VI-43. Въгленов регулатор на напрежение „Газелан“:

1-магнитопровод на измервателния механизъм; 2-демпер; 3-регулираща пружина; 4-бобина; 5-завъртаща се котва; 6-прът; 7-рамо на котвата; 8-притискащ лост; 9-стълб; 10-долна опорна шайба; 11-горна притискаща шайба; 12-бутало на демпера; 13-регулиращ винт; 14-опорна плочка; 15, 16-опорни тръбички

На фиг. VI-43 е показана схемата на електромагнитна система на твърде разпространения тягов регулатор на напрежение „Газелан“. Тук е използван електромагнит 1 със завъртаща се котва 5. Пружината 3 притиска въгленовите стълбове 9 чрез лоста 7 на котвата 5 и тласкащия лост 8. Пружината е свързана чрез тънка метална лента 6, която при завъртане на котвата 5 се огъва по страничната повърхност на лоста 7, в резултат на което се изменя рамото на действието на еластичната сила на пружината и се осигурява необходимата нелинейна зависимост на съпротивителния момент на завъртане от ъгъла на завъртане на котвата. Завъртащият момент на котвата се създава чрез намотката 4, свързана съгласно схемата на фиг. VI-42. Скоростта на завъртане на котвата се ограничава от демпера 2.

На фиг. VI-43б е показано устройството на въгленов регулатор „Газелан“.

2. *Регулатори на налягането.* Регулаторът на налягането е предназначен да поддържа неизменно налягането на състения въздух в главните резервоари на локомотива. При покачване на налягането в резервоара до стойност, съответстваща на настройката на регулатора, се изключва веригата на двигател-компресорния агрегат, с което по-нататъшното покачване на налягането се прекратява. С изразходването на въздух от резервоара налягането в него се понижава и при достигането на определена минимална стойност регулаторът отново включва компресорния агрегат. По такъв начин налягането на въздуха в системата се поддържа в определени граници, съответстващи на изискванията за нормална експлоатация на пневматичните устройства.

Съществуват различни конструкции регулатори на налягането, които обаче работят по един и същи принцип.

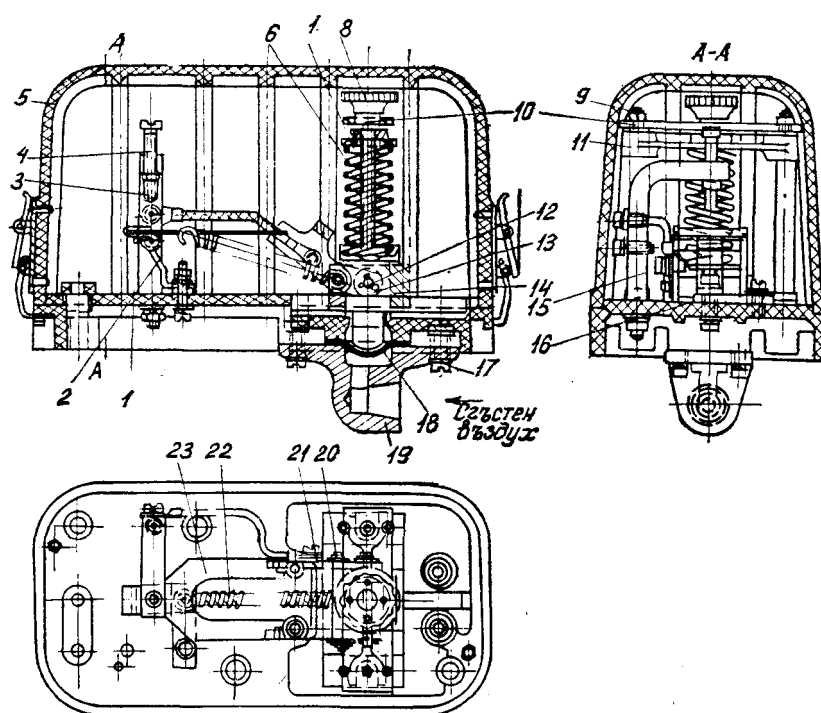
Основен елемент на всеки регулатор на налягането е диафрагменото пневматично задвижване с противодействаща пружина. Пружината изпълнява функциите на задаващо звено, а задвижването - на възприемащо. Изпълнителният орган на електро-пневматичните регулатори са контактите, които изключват или включват двигателя на компресора.

Устройството на електро-пневматичния регулатор за налягане тип АК-11Б-1, който се

използува при съветските промишлени локомотиви, е показано на фиг. VI-44. Регулаторите от този тип не притежават искрогасителна система и са предназначени за работа в постоянно-токови вериги с напрежение до 750 V и при продължителен ток до 20 A. Към основната плоча 1 на този регулатор са закрепени: фланецът 19, гумената диафрагма 18 и цилиндърът 14, които са елементи от диафрагменото му задвижващо устройство. В цилиндъра 14 е поместено буталото 13, което с долния си заоблен край опира върху диафрагмата и възприема подлежащото на контрол налягане на сгъстения въздух, а с горното си плоско чело възприема натиска на цилиндричната регулираща пружина 6. Настройването на регулатора се осъществява чрез винта 8, който е закрепен към напречната пластина 10 и с въртенето си предизвиква вертикалното придвижване по направляващите стойки 15 на напречника 11. С това се осигурява изменението на натиска, който пружината 6 упражнява върху буталото 13.

Контактното устройство на регулатора се състои от рамка 21 (свързана с буталото 13 чрез оста 12 и с цилиндъра 14 чрез оста 20), подковообразен подвижен контакт 23, притиснат към изрезите на рамката 21 чрез пружината 22 и неподвижен контакт 2, закрепен към основната плоча на регулатора.

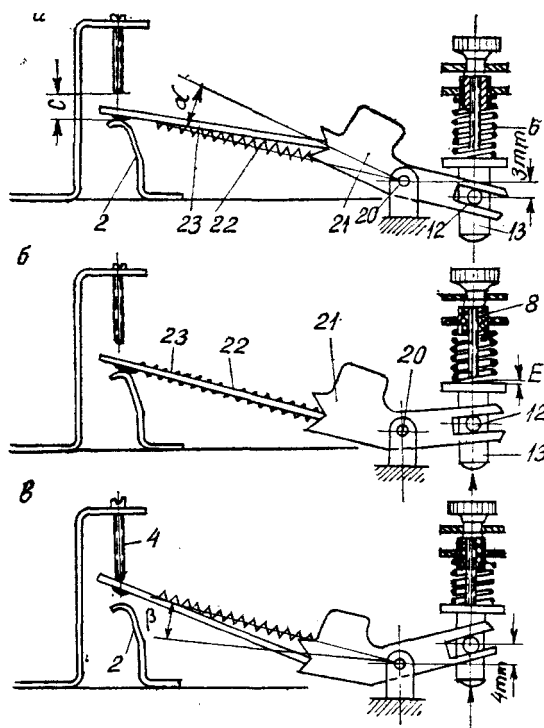
Положението на рамката 21 на подвижния контакт 23 и на контактната пружина 22 в зависимост от положението на подвижната ос 12 на буталото 13 е показано на фиг. VI-45.



Фиг. VI-44. Регулатор на налягане АК-11Б-1

При отсъствие на налягане в главния резервоар контактният механизъм на регулатора заема положението, показано на фиг. VI-45a, където частите са означени със същите цифри, както и на фиг. VI-44.

Под действие на пружината 6 буталото 13 се намира в долно положение, а пружината 22, която е разположена към оста 20 на рамката 21 под ъгъл от 9°, устойчиво притиска подвижния контакт 23 към неподвижния 2. При повишаване налягането в главния резервоар буталото 13 започва да се придвижва нагоре заедно с подвижната ос 12 (фиг. VI-46b). Лостът 21 се завърта около неподвижната ос 20, при което ъгълът  $\alpha$ , непрекъснато се намалява и когато стане нула (т.е. когато оста на пружината 22 съвпадне с оста на рамката 21 и 23), системата ще заеме неустойчиво положение. При по-нататъшното незначително преместване на буталото 13 нагоре пружината 22 рязко прехвърля подвижния контакт 23 от неподвижния контакт 2 на опорния винт 4 и ще заеме положението, показано на фиг. VI-45в, т.е. ще се осъществи разделяне на контактите.



Фиг. VI-45. Принципна схема на регулатора на налягане АК-11Б-1

## 65. ТОКОПРИЕМНИЦИ

Токоприемниците осъществяват подвижно електрическо съединение между контактния проводник на тяговата мрежа и силовата електрическа верига на подвижния състав.

Токоприемниците се състоят от контактен възел, подемен механизъм и задвижване. Контактният възел непосредствено се допира до захранващия контактен проводник, като осъществява токоотнемането.

Подемният механизъм осигурява вертикалното (а в някои случаи и страничното) преместване на контактния възел, в границите в което се изменят височината и страничното отклонение при окачването на контактния проводник, като освен това осигурява необходимото притискане на контактния възел.

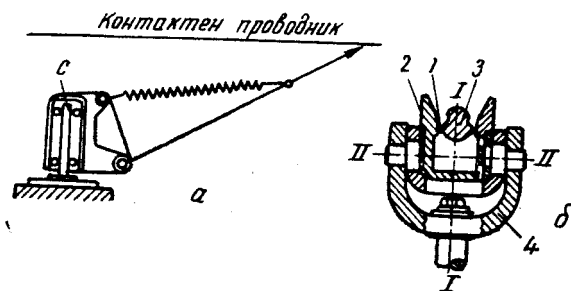
Задвижването осъществява издигането на токоприемника в работно положение, както и прибирането му. Задвижването на токоприемниците бива ръчно и механизирано (пневматично или електродвигателно).

Според вида на подемния механизъм токоприемниците се делят на еднолостови (прътови) и многолостови (пантографи).

Според начина на окачване на контактния проводник, от който трябва да осигурят токоотнемането, токоприемниците се делят на централни и странични (в руднични условия страничното окачване на контактния проводник се прилага само в зоната на добивните забои и насипищата на откритите рудници).

*1. Прътови токоприемници.* Принципната схема на прътовия токоприемник е показана на фиг. VI-46а, а устройството на контактния му възел - на фиг. VI-46б. Контактният възел се състои от коксова контактна вложка 1, закрепена в месингов плъзгач 2. Плъзгащият контакт на възела е шарнирно закрепен към вилката 4, която от своя страна е също така шарнирно свързана с пръта на подемното устройство. Поради това завъртането му е възможно около осите I-I и II-II. Тази свобода на въртене, допълнена със свободата на завъртане, която прътът притежава в мястото на своето закрепване, позволява на контактния възел да следва еднакво добре вертикалните и хоризонталните отклонения на контактния проводник.



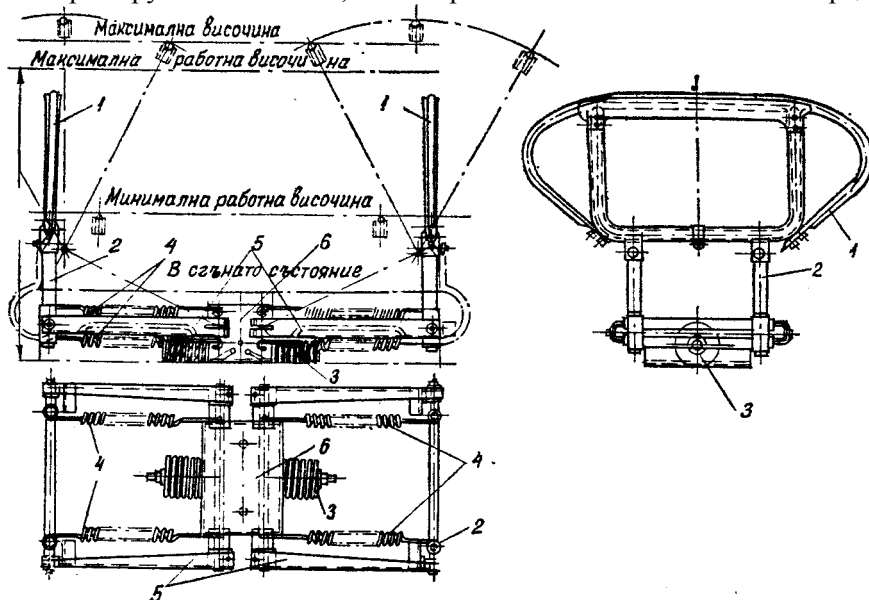


Фиг. VI-46. Схема на прътов токоприемник

2. *Дъгови токоприемници.* На фиг. VI-47 е показано устройството на двоен дъгов токоприемник, използван при минните електролокомотиви. Нагаждането на контактния възел 1 (дъгата) към променливата височина на окачване на контактния проводник се осигурява от пружината 3, въздействаща на рамената 5, които са шарнирно закрепени към основата 6. Поддържането на дъгите 1 в нормално работно положение и при двете посоки на движение се осигурява от центриращите пружини 4.

3. *Пантографи.* Пантографът е най-съвършеният токоприемник, който успешно работи при широк диапазон от мощности, скорости и височини на окачване, при което осигурява постоянен натиск върху контактния елемент.

Принципното устройство на пантографа е дадено на фиг. VI-48. Същинският пантограф представлява плоска система от четири лоста 1, 2, 3 и 4, свързани помежду си чрез шарнирите в, г и д, а с неподвижната основа - чрез шарнирите а и б. Тъй като единичният пантограф е напречно неустойчив, контактният елемент б се закрепва шарнирно на два пантографа (на фиг. VI-48 вторият пантограф е показан с пунктирна линия), чиито основни лостове 1-1' и 2-2' са, неподвижно закрепени към общите валове 12 и 13, които от своя страна са лагерувани към общата основа чрез стойките 14 на шарнирите а-а' и б-б'. Напречната устойчивост на цялата лостова система се осигурява чрез механичното свързване на двата пантографа чрез напречни лостове 8 или чрез диагонални 9 и 10. Контактният елемент (плъзгачът б) се поддържа в средно (работно) положение от пружините  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Повдигането на пантографната лостова система и създаването с това на необходимия натиск върху контактния елемент се осъществява чрез пружините  $\Pi$  и  $\Pi'$ , които чрез лостовете 10-11 и 10'-11' предизвикват



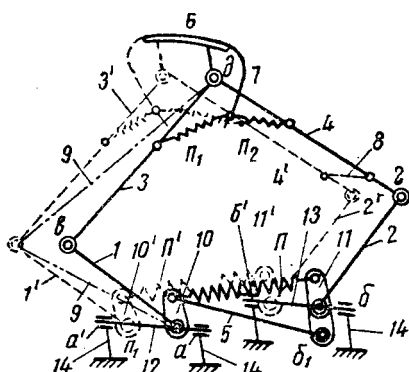
Фиг. VI-47. Двоен дъгов токоприемник от рудничен контактен електролокомотив

едновременно завъртане на валове 12 и 13 съответно в посока на часовниковата стрелка и обратно на нея. За осигуряване на пълна симетрия на усилията, предавани от пружините на лявата и дясната част на лостовата система, в кинематичната схема на пружината се включва съединителният лост 5.

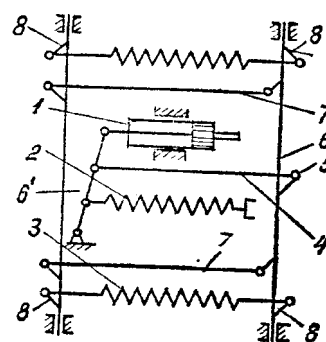
Задвижването на пантографа (както и това на другите токоприемници) се допуска да бъде ръчно при напрежение на контактната мрежа до 600 V.

За дистанционното задвижване на пантографните токоприемници най-често се използват пневматичното и електропневматичното задвижване.

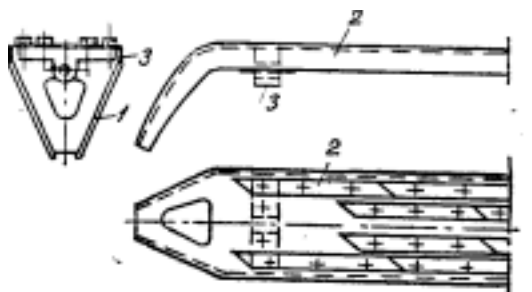
Действието на механизма за повдигане и отпускане на пантографа при пневматично задвижване е показано на кинематичната схема от фиг. VI-49. При липсата на сгъстен въздух в цилиндъра 1 токоприемникът под действието на собственото си тегло и на усилията на отпускателната пружина 2 ще се спусне в долно положение. При това подемните пружини 3 се разтягат максимално, без обаче усилията им да е достатъчно голямо, за да издигне отново пантографната лостова система. При пускането на сгъстен въздух в силовия цилиндър 1 буталото му разтяга пружината 2 и изтегля лоста 4 от неговия ограничител - рамото 5 на основния вал 6. Останали без противодействие, подемните пружини се свиват и чрез своите опорни рамена 8 и съединителните лостове 7 осъществяват синхронното завъртане на основните валове 6 и 6', а с това и повдигането на пантографа.



Фиг. VI-48. Принципна схема на пантографен токоприемник



Фиг. VI-49. Принципна схема на механизма за пневматично управление на пантографен токоприемник



Фиг. VI-50. Контактен елемент (плъзгач) на пантографен токоприемник

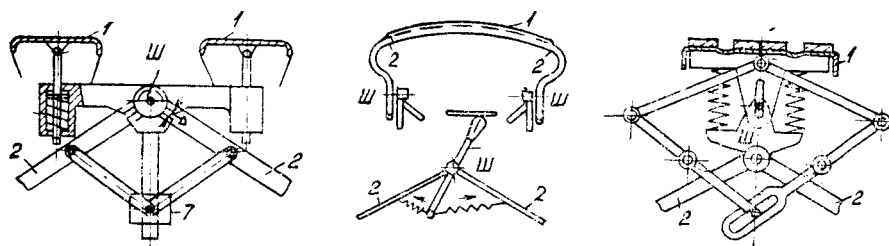
Контактният елемент на пантографните токоприемници най-често се изработва като лек стоманен шампован плъзгач 1 (фиг. VI-50), върху работната повърхност на който се закрепват сменяеми медни или стоманени пластини 2, между които се поставя графитова смазка.

Намират приложение и сменяемите въглено-графитни накладки, които имат по-голямо съпротивление от медните, но в замяна на това намалява износването на контактния проводник.

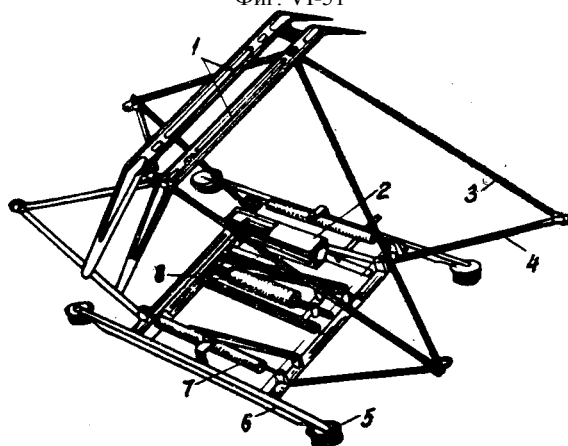
На фиг. VI-51 са показани различни начини за закрепване на плъзгача към върховия шарнир на пантографа.

Прътовете на пантографа се използват като тоководещи части, като шарнирните им съединения се шунтират с гъвкави медни проводници.

На фиг. VI-52 е показан общият вид на пантографен токоприемник с пневматично задвижване.



Фиг. VI-51



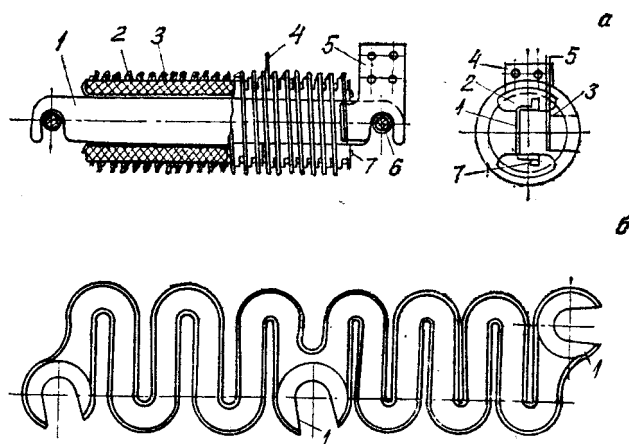
Фиг. VI-52. Пантографен токоприемник с пневматично задвижване

## 66. РЕОСТАТИ

За осъществяване на плавно пускане и степенно електрическо спиране в рудничните електролокомотиви се използват пускови и спирачни реостати, комплектувани от еднотипни метални съпротивления, които се поместват в специални кутии. Елементите на съпротивленията се изработват от различни материали с голямо специфично съпротивление.

Съществуват следните видове метални съпротивления, предназначени за пусковите реостати на рудничните локомотиви:

1. Жични съпротивления, навити върху изолационна основа.
2. Лентови съпротивления, изработени във вид на спирала с различно сечение (фиг. VI-53a).



Фиг. VI-53. Елементи на пусково-спирачни съпротивления

3. Лети съпротивления, оформени във вид на плоски зигзагообразни пластини от чугун със специален състав (фиг. VI-53 б).

Елементите на съпротивленията се монтират върху общи, изолирани с миканит стоманени шпилки, чрез които се закрепват към стойките. Електрическото съединяване на отделните елементи на реостата се осъществява чрез нанизани върху шпилките медни шайби, а изолирането им един от друг - чрез миканитови шайби.

Съпротивленията с лети елементи притежават добра топлопоглъщаемост, но са

сравнително тежки и крехки (чупливи). Напоследък те все по-широко се заместват от лентовите спирални съпротивления.

За да се осигури висока топлопоглъщаемост и нормална работа на съпротивленията при натоварването им с големи токове в съвременния подвижен електрически състав, намират приложение пусково-спирачни съпротивления с принудително въздушно охлаждане. Те се отличават от обикновените съпротивления със значително по-компактната си конструкция и с по-малката си маса.