

ШЕСТА ЧАСТ

СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ И ТЯГОВА АПАРАТУРА ПРИ РУДНИЧНИЯ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПОДВИЖЕН СЪСТАВ

Глава I

СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА РУДНИЧНИЯ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПОДВИЖЕН СЪСТАВ

За управлението на електрическия подвижен състав съществуват две системи:

- а) система за непосредствено управление;
- б) система за косвено (дистанционно) управление.

От своя страна системата за косвено управление се разделя на три основни групи: система за управление с индивидуални контактори; система за управление с контактори, имащи групово задвижване; смесена системи.

Управлението на електрическия подвижен състав включва извършването на следните операции:

- 1) включване в работа на всички тягови двигатели;
- 2) изключване на всички тягови двигатели (при преминаване в режим на свободно движение или в спирачен режим);
- 3) изключване на част от тяговите двигатели (поради повреда или с цел да се подобри натоварването на останалите в работа двигатели);
- 4) прегрупиране на намиращите се в работа двигатели (с цел да се осигури пускането им в движение, регулирането на скоростта или работата им в режим на реостатно електрическо спиране);
- 5) разменяне краищата на възбудителните намотки на двигателите с цел да се осъществи реверсирането им;
- 6) прегрупиране на възбудителните намотки на двигателите с цел да се създадат схеми, осигуряващи устойчиво реостатно спиране;
- 7) шунтиране или секционирание на възбудителните намотки с цел да се осъществи регулирането на скоростта на въртене на двигателите;
- 8) включване на допълнително съпротивление (реостат) във веригата на тяговите двигатели с цел да се изменят техните електромеханични (тягови или спирачни) характеристики;
- 9) степенно изменение големината на включения във веригата на тяговите двигатели реостат с цел да се осъществи пускането или електрическото спиране на подвижния състав в съответствие с определена програма.

Очевидно управлението на електрическия подвижен състав се свежда до осъществяването на определени превключвания във веригата на тяговите двигатели. Последователността на тези превключвания при избирането на съответния работен режим е програмирана в специален многополюсен комбиниран прекъсвач, наречен контролер на машиниста, който в същност е и основният команден апарат на подвижния състав.

53. АНАЛИЗ НА ПРОЦЕСА УПРАВЛЕНИЕ ВЪЗ ОСНОВА НА СБОРНИТЕ ТЯГОВИ И СПИРАЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОДВИЖНИЯ СЪСТАВ

Сборните характеристики представляват съвкупност от всички естествени и изкуствени (реостатни и икономични) характеристики на подвижния състав за съответния работен режим.

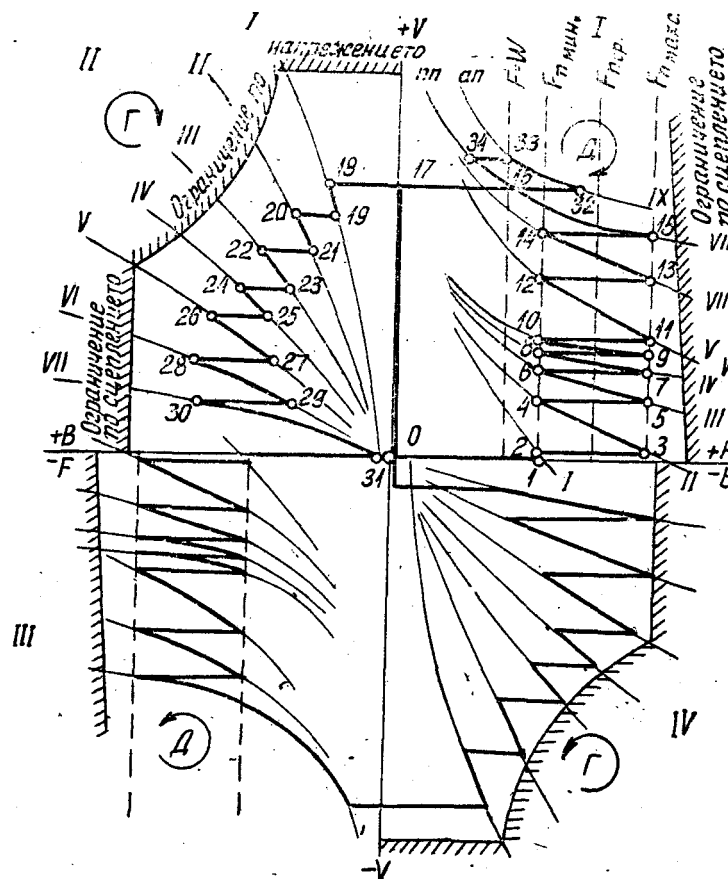
На фиг. VI-1 са показани сборните тягови (I и III квадрант) и сборните спирачни (II и IV квадрант) характеристики на електрически локомотив, съоръжен с два тягови серийни двигателя, при движението му в двете посоки - напред и назад.

1. *Пускане в движение.* Съгласно 40 оптимално пускане на двигателите на подвижния състав се осигурява при поддържането на неизменна по големина пускова теглителна сила $F_{п}$, респ. при поддържането на неизменен по големина пусков ток $I_{п}$. Това от своя страна предполага непрекъснато и равномерно (по линеен закон) намаляване стойността на пусковия реостат през време на пусковия процес. Практическото осъществяване на последното изискване е свързано с твърде голямо усложняване на реостата и командния апарат, поради което реалното пускане на подвижния състав се осъществява чрез разделянето и изключването на пусковия реостат само на няколко (вместо на безкрайно много) степени. Броят на степените на пусковия реостат се определя на базата на предварително приети гранични стойности на променящата се по големина пускова теглителна сила (на фиг. VI-1 с $F_{п\max}$ е означена горната, а с $F_{п\min}$ - долната гранична стойност на $F_{п}$), като се използват известните от курса “Електрическо задвижване” методи за оразмеряване на пускови реостати. Максималната пускова теглителна сила $F_{п\max}$ се определя от условието за запазване на сцеплението между водещите колела и релсите, а минималната - в съответствие с равенството

$$F_{п\min} = \frac{1-k}{1+k} F_{п\max}, \quad (VI-1)$$

където k е коефициентът на неравномерност на пусковата теглителна сила.

За електрическите локомотиви се приема $k=0,07 \div 0,10$, а за самоходните вагони $0,1 \div 0,20$.



Фиг. VI-1 Пусково-спирачни сборни характеристики на локомотивно постояннотоково задвижване

На фиг. VI-1 процесът на пускането на тяговите двигатели е изобразен с начупената непрекъсната линия 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16. Първият етап на пусковия процес (осъществяван при последователно свързване на тяговите двигатели) се осъществява по изкуствените тягови характеристики I, II, III, IV и V (от които последната е икономична, а останалите са реостатни). Вторият етап от пусковия процес (осъществяван при паралелно свързване на тяговите двигатели) се

извършва по характеристиките VI, VII и VIII (последната от които е естествената тягова характеристика на локомотива, а останалите две са изкуствени реостатни). Точка 16 от естествената характеристика отговаря на работата на локомотивното задвижване в установен режим, т.е. тя характеризира случая, когато теглителната сила F е равна на сумарното статично съпротивление на движението W .

При последователно свързване на тяговите двигатели (т.е. в първия етап на пусковия процес) освен степените, обуславящи изменението на тока и теглителната сила в предварително приетите граници, обикновено се въвеждат една или две допълнителни (маневрени) степени, чието съпротивление е по-голямо от това на първата пускова степен на реостата. Включването на маневрените степени предхожда включването на пусковите и служи както за ограничаване началното ускорение на влака при пускането му в движение, така и за осъществяване движението с малки скорости при маневрите. Маневрените степени служат и за плавното опъване на спряговете на влаковия състав при потеглянето му по хоризонтален или слабо наклонен участък на релсовия път. На фиг. VI-1 на включена маневрена степен на пусковия реостат отговаря изкуствената тягова характеристика I.

2. *Спиране.* Спирането на влака чрез свободно движение или чрез включване на механичните спирачки е отразено на фиг. VI-1 чрез начупената линия 16-17-0.

При прилагане на реостатно електрическо спиране спирачният процес се характеризира на фиг. VI-1 с начупената линия, съдържаща отсечки от намиращите се във втория квадрант спирачни характеристики: 16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-0. Спирачната характеристика I съответствува на максималната стойност на спирачното съпротивление, а характеристиката VII - на липсата на такова съпротивление.

В случай че влакът се движи по надолнище, спирачното усилие и скоростта на влака са ограничени от условията за запазване на сцеплението и за предотвратяване появата на опасни пренапрежения (на фиг. VI-1 тези ограничения са показани със заштриховани линии). В същия случай на движение (по надолнище) реостатното спиране не е в състояние да осъществи пълното спиране на влака (във връзка с изчезването на самовъзбуждането на генераторите в зоната на ниските скорости), поради което в края на периода на реостатното спиране трябва да се премине към механично спиране. Този процес е показан на фиг. VI-1 в четвъртия квадрант, който съответствува на реостатното спиране на влака при движението му в обратна посока.

3. *Регулиране скоростта на движението.* Процесът на регулиране скоростта на движението на подвижния състав чрез отслабване на полето е илюстриран на фиг. VI-1 чрез начупената линия 16-32-33 (кривата IX представлява икономична изкуствена тягова характеристика на задвижването, получена чрез отслабване на магнитното поле на неговите двигатели). Връщането на задвижването към работа с пълно поле се осъществява по начупената линия 33-34-16. Физическият смисъл на явленията, протичащи в двигателя при регулиране на скоростта, се заключава в следното: в първия момент на преминаване към отслабено поле скоростта няма да се измени, а токът нараства поради намаляването на е.д.с. на котвата. Едновременно с това и теглителната сила се увеличава до стойност, съответстваща на т. 32 от кривата IX. Равновесието на приложените към влака сили F и W ще се наруши и скоростта на движението на влака ще започне да нараства. С увеличаването на скоростта токът и теглителната сила на задвижването ще намаляват, докато се достигне до ново равновесие, характеризиращо се с т. 33. Следва да се отбележи, че при разглеждането на процесите, свързани с регулирането на скоростта, бяха пренебрегнати някои малки изменения на съпротивлението на движението, предизвикани от съответното изменение на скоростта.

Процесите, възникващи в задвижването при прилагане на другите начини за регулиране на скоростта (чрез изменение на напрежението или чрез изменение сумарното съпротивление на двигателите), протичат аналогично на току-що разглежданите.

54. НАЧИНИ ЗА ВКЛЮЧВАНЕ НА ПУСКОВИТЕ СЪПРОТИВЛЕНИЯ

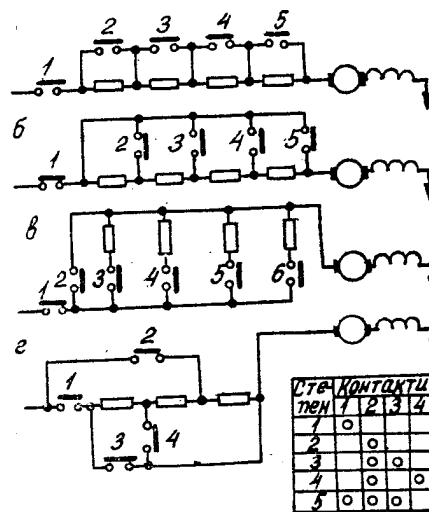
При управлението на пусковия процес на тяговите двигатели се използват следните начини за включване на пусковите съпротивления в техните вериги:

1. *Последователно включване на секциите на съпротивлението.* Този начин е илюстриран на фиг. VI-2а,б чрез един четиристепенен реостат. Последователността на включване на контактите, чрез които се изменя големината на включеното във веригата на двигателя съпротивление, отговаря на номерацията на самите контакти. Контактите, които съединяват секциите на реостата, могат да бъдат включени както последователно (фиг. VI-2а), така и паралелно (фиг. VI-2б). В първия случай през контактите протича целият ток на двигателя, и то в течение на цялото време, през което той работи, докато във втория случай през контактите 2, 3 и 4 протича ток само докато се затвори следващият контакт, като само контактите 1 и 5 остават под ток през цялото време, докато двигателят работи.

2. *Паралелно включване на секциите на съпротивлението.* Този начин на включване е показан на фиг. VI-2в. При равен брой на степените на реостата броят на контактите в този случай е по-голям с един от броя им при последователното включване. Сумата от съпротивленията на всички секции на реостата при паралелното им свързване е значително по-голяма от тази при последователното свързване (при една и съща стойност на съпротивлението на първата степен), тъй като само секцията, включена пред контакта 3 (фиг. VI-2в), трябва да е равна на максималното пусково съпротивление.

Предимство на разглежданата схема е, че благодарение на паралелното включване на секциите част от съединяващите контакти (на фиг. VI-2в това са контактите 3, 4, 5 и 6) могат да бъдат оразмерени за ток, по-малък от номиналния на двигателя.

3. *Последователно-паралелно включване на секциите на съпротивлението* (фиг. VI-2г). От таблицата за включване на контактите се вижда, че посредством този начин на включване на секциите на реостата се постига същият брой на степените, при това с намален брой на секциите и контактите (които съответно са 3 и 4 срещу 4 и 5 при последователното включване и 4 и 6 при паралелното).



Фиг. VI-2. Начини за включване на пусковите съпротивления във веригата на тяговия двигател

55. НАЧИН НА ПРЕГРУПИРАНЕ НА ТЯГОВИТЕ ДВИГАТЕЛИ

Прегрупирането на тяговите двигатели в пусковия период (т.е. превключването им от последователно в паралелно съединение) може да бъде осъществено по следните начини:

1. чрез непосредствено прекъсване на електрическата верига на двигателите (превключване при отворена верига);

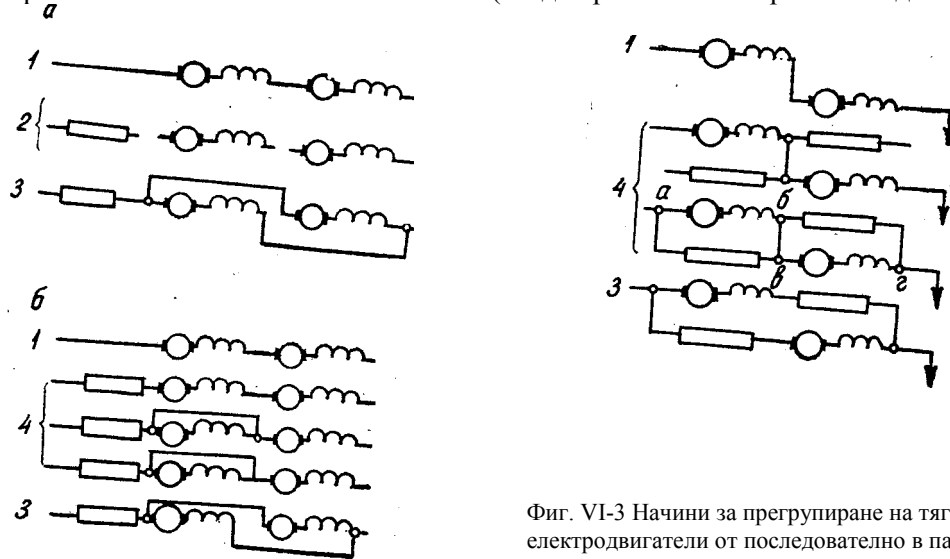
2. чрез съединение нахъсо на един от тяговите двигатели;

3. чрез свързване на тяговите двигатели в мостова схема.

Първият начин на прегрупиране на тяговите двигатели е най-прост, но и най-несвършен (фиг. VI-3а). Неговият основен недостатък се състои в пълното изчезване на теглителната сила на локомотива при прекъсването на веригата на последователно работилите дотогава двигатели и във внезапното ѝ появяване в момента на свързването им паралелно един на друг. Освен това прекъсването на силовата верига под пълен товар се съпровожда с интензивно дъгообразуване в съответните контакти.

Вторият и третият начин на прегрупиране са създадени с цел да се избягнат или поне намалят споменатите недостатъци на превключване при отворена верига.

Прегрупирането на двата последователно свързани двигателя чрез даването накъсо на единия от тях (фиг. VI-3б) води до намаляване на теглителната сила на локомотива само до големината на теглителната сила, развивана от останалия в работа тягов двигател. По този начин се намалява загубата на скорост в момента на превключването и се намалява тласъкът, който влаковият състав изпитва при появата на пълна теглителна сила (след паралелното свързване на двигателите).



Фиг. VI-3 Начини за прегрупиране на тягови електродвигатели от последователно в паралелно

При прегрупирането на тяговите двигатели по метода на моста (фиг. VI-3в) в първия етап на прехода във веригата на двата последователно свързани двигателя се включват два пускови реостата, които впоследствие се свързват като две противоположни рамена на електрически мост, в който участвуват и тяговите двигатели. При балансиран мост прекъсването на неговия диагонал m (вж. фиг. VI-3в 2 и в,3) няма да бъде придружено с дъгообразуване, а самият момент на преминаването на двигателите от последователно в паралелно свързване не се придружава от загуба на скорост и поява на тласъци, тъй като и през самия преход и двата двигателя са работили без прекъсване.

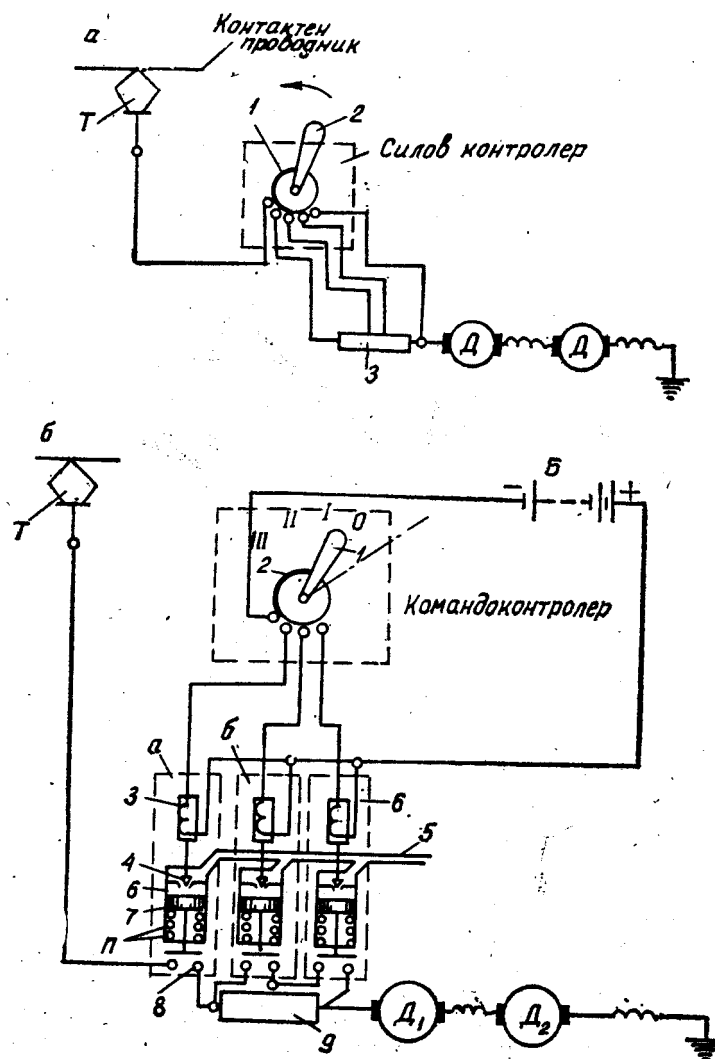
Недостатък на прегрупирането на двигателите по този метод е, че той усложнява електрическата схема на локомотива, тъй като изисква два самостоятелно управлявани пускови реостата.

56. СИСТЕМИ ЗА НЕПОСРЕДСТВЕНО УПРАВЛЕНИЕ

В системата за непосредствено управление всички превключвания в силовата верига, свързани с управлението тяговите двигатели, се осъществяват от контролера на машиниста, поради което той се нарича силов контролер. Тази система (фиг. VI-4а) намира широко приложение при рудничните локомотиви, тъй като позволява, максимално опростяване на електрическите схеми и уредби. Неин недостатък е, че силовият контролер се намира под пълното захранващо напрежение и през него протича сумарният ток на задвижването.

Поради това непосредственото управление е неподходящо за мощни и захранвани с високо напрежение локомотиви, тъй като мощните контакти, дъгогасителните устройства към тях и необходимите изолационни разстояния на контролера ще наложат прекомерно усложняване на конструкцията му и прекалено увеличаване на неговите габарити.

Монтирането на такъв силов контролер на борда на подвижния състав, както и задвижването му с мускулна сила на машиниста ще представлява сериозен проблем. При това постоянно ще съществува и опасност за поражение на машиниста от електрически ток с високо напрежение.



Фиг. VI-4. Принципи схем на системите за управление на тягови двигатели: а-схема на директно управление; б-схема на косвено управление

57. СИСТЕМА ЗА КОСВЕНО УПРАВЛЕНИЕ

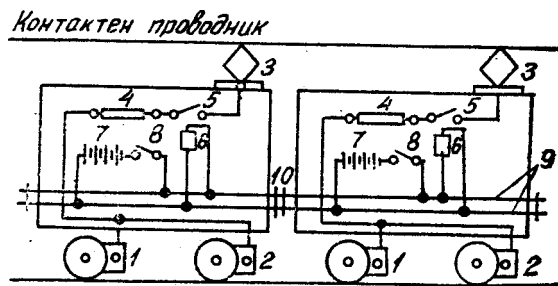
При системата за косвено управление всички превключвания в силовата верига се извършват от специални апарати, дистанционното управление на които се осъществява чрез контролера на машиниста. Същият извършва комутации в командната верига на локомотива и затова се нарича команден контролер.

Принципът на действие на командния контролер на машиниста не се отличава от този на силовия контролер. При командните контролери обаче силата на тока, протичащ през техните контактни и тоководещи устройства, е незначителна, тъй като се обуславя само от усилията, необходими за задействането на апаратите, извършващи превключвания във веригата на тяговите двигатели. За захранването на веригата за управление се използва ниско напрежение (обикновено 48 или 60 V), което осигурява пълна безопасност на машиниста и същевременно позволява разместването на апаратурата за управление в ограничените по обем свободни пространства на локомотива. На фиг. VI-4б е показана схемата на косвено управление чрез контактори.

Съществено предимство на косвената система на управление е, че позволява електролокомотиви най-вече заради възможностите, които тя предлага за многократно управление на тяговите единици. централизирано управление на два и повече съвместно работещи локомотива от един команден пост (система на многократно управление). За целта е достатъчно да се обединят (посредством специални щепселни съединения) командните вериги на локомотивите, както това е показано на фиг. VI-5.

По косвената система като правило се управляват промишлените, електролокомотиви, но напоследък тази система все по-широко се прилага и при рудничните електролокомотиви най-вече заради възможностите, които тя предлага за многократно управление на тяговите единици.

1. *Косвена система за управление, осъществявана чрез индивидуални, силови превключващи устройства (контактори).* Управлението на тяговите двигатели на локомотива в този случай се осъществява чрез комплект индивидуални контактори, снабдени с електромагнитни дъгогасителни устройства. Всеки контактор притежава самостоятелно задвижване. Всички превключвания в силовата верига се осъществяват чрез командоконтролера на машиниста, който осигурява захранването с електроенергия на включващите бобини на съответните контактори. Характерно за системата на управление с индивидуални контактори е, че осигуряването на строга последователност във включването на отделните контактори се осигурява не само чрез командния контролер, но и чрез използването на електрическа блокировка. Тя се осъществява чрез спомагателни блокиращи контактори, чиито контакти се включват последователно на включващите бобини на силовите контактори. По такъв начин включването на един или друг контактор се осъществява в зависимост от положението на друг електрически блокиран с него контактор.



Фиг. VI-5. Принципна схема на системата за многократно управление на електролокомотиви:

1, 2-тягови электродвигатели; 3-токоприемници; 4-пускови съпротивления; 5-силови контакти на контакторите; 6-управляващи (включващи бобини на силовите контактори; 7-батерия, захранваща оперативната верига с електроенергия; 8-контакти за командното устройство; 9-проводници на оперативната верига; 10-щепселно съединение

2. *Косвена система на управление, осъществявана чрез групови силови, превключващи устройства (контролери и превключватели).* Управлението на тяговите двигатели на локомотива при тази система се осъществява чрез контактни устройства (юмручни или барабанни), групирани в самостоятелен тягов апарат, които извършват превключвания в силовата верига на локомотива и се привеждат в действие от общ вал, върху който е програмирана последователността на тези превключвания. Задвижването на вала е дистанционно и се управлява чрез командния контролер на машиниста.

Системата на косвено управление чрез групови силови превключващи устройства превъзхожда системата с индивидуални контактори по това, че последователността на превключванията в силовата верига просто и сигурно се фиксира посредством механични програмиращи елементи.

3. *Смесена система за косвено управление.* При тази система управлението на тяговите двигатели на локомотива се осъществява при едновременно използване както на индивидуални, така и на групови силови превключващи устройства, които се използват обикновено за осъществяването на най-сложните операции по управлението: превключването (прегрупирането) на тяговите двигатели от една схема на свързване в друга или реверсирането им. Изпълнението на споменатите операции чрез индивидуални превключващи апарати (т.е. чрез контактори) предполага наличието на твърде сложна взаимна електрическа блокировка между отделните контактори.