

РЕГУЛИРАНЕ СКОРОСТТА НА ДВИЖЕНИЕ НА ПОДВИЖНИЯ СЪСТАВ

По принцип регулирането на скоростта на движение на подвижния състав може да бъде осъществено чрез променяне предавателното число на силовата предавка при неизменен режим на локомотивния двигател или чрез непосредствено изменение скоростта на въртене на локомотивния двигател при неизменно предавателно число на силовата предавка.

Първият начин за регулиране скоростта на движението се прилага при дизеловите локомотиви с цел да се осигури работата на двигателите им в най-икономичен режим, а вторият начин - при електрическите локомотиви с постояннотокови двигатели и при дизеловите локомотиви с електрическа силова предавка (дизел-електрическите локомотиви).

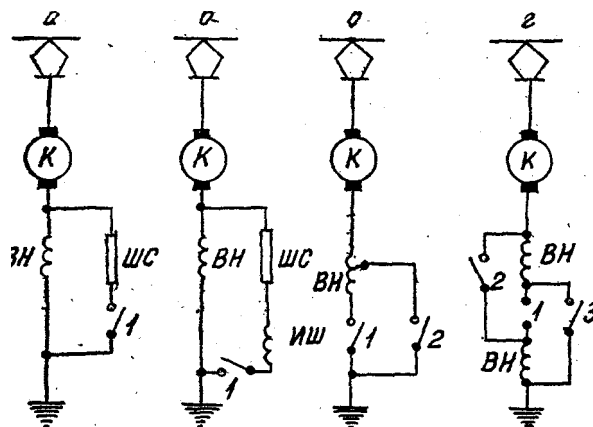
41. РЕГУЛИРАНЕ СКОРОСТТА НА ТЯГОВИТЕ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

От форм. III-6 следва, че скоростта на въртене на серийния тягов електродвигател може да бъде регулирана чрез изменение на напрежението U , подавано на клемите на двигателя; чрез увеличаване (посредством включването на допълнително предсъпротивление) общото съпротивление на двигателя (от R – на $R + r$); чрез изменение магнитния поток Φ на двигателя.

При контактните електролокомотиви възможностите за регулиране скоростта на тяговите двигатели чрез изменение на захранващото ги напрежение са твърде ограничени (напрежението на контактната мрежа не може да бъде регулирано от локомотивния машинист и практически се свеждат до:

- 1) регрупиране на тяговите двигатели (т.е. превключването им в последователно, последователно-паралелно или паралелно свързване);
- 2) създаването на падение на напрежението в реостат, последователно съединен пред двигателя или групата тягови двигатели.

При дизел-електрическите и акумулаторните локомотиви съществуват по-добри възможности за регулиране скоростта на тяговите електродвигатели чрез регулиране на захранващото ги напрежение. В първия случай (т.е. при дизел-електрическите локомотиви) изменението на напрежението се постига чрез регулиране на двигател-генераторната група, а във втория случай (т.е. при акумулаторните локомотиви) това се постига чрез изменение свързването на акумулаторните елементи. И в двата случая се прилага и регрупирането на тяговите двигатели.



Фиг. IV-2. Принципни схеми за регулиране на скоростта на тяговите електродвигатели: а и б – чрез шунтиране на възбудителната намотка със съпротивление; в и г – чрез секциониране на възбудителната намотка

Реостатното регулиране на скоростта на тяговите електродвигатели е неикономично, тъй като е свързано с излишно изразходване на електроенергия, превръщана в реостата в джаулова топлина. Освен това продължителната работа на двигателя (или двигателите) с включен регулиращ реостат поставя специални изисквания към конструкцията, размерите и охлаждането на реостата.

Регулирането на скоростта на тяговите двигатели чрез изменение на магнитния поток се прилага обикновено за увеличаване скоростта чрез т. Нар. “отслабено поле” на двигателя. Отслабването на полето или намаляването на магнитния поток на двигателя се осъществява или чрез шунтирането на възбудителната му намотка, или чрез нейното секциониране, т.е. изключването на части от нея.

При първия начин на отслабване на полето режимът на нормално поле или, както още се нарича, “пълно поле” се получава при изключен контакт 1 (фиг. IV-2а); през възбудителната намотка ще протича целият ток на котвата I_a . За да се получи отслабено поле, контактът 1 трябва да бъде включен. При това положение през възбудителната намотка ВН ще протече токът I_a , който представлява само част от тока на котвата I_a . В резултат магнитният поток на двигателя ще бъде отслабен, а скоростта на въртене на котвата му ще нарасне (форм. III-6). Колкото по-малко е шунтиращото съпротивление $ШС$, толкова по-малък е токът I_b и следователно толкова по-голяма е скоростта на въртене на двигателя при един и същ ток на котвата I_a . При едно и също натоварване (т.е. при един и същ въртящ момент) в периода на отслабването на полето при отслабено поле токът в котвата нараства и нагряването ѝ се увеличава. Поради това при отслабване на полето се налага известно намаляване стойността на теглителната сила при часовия режим на двигателя.

Отслабването на полето се характеризира с отношението на ампер-навивките на двигателя при отслабено поле $AW_{оп}$ към тези при пълно поле $AW_{пн}$ за един и същ ток, протичащ през котвата. Това отношение се нарича “коефициент на регулиране на възбуждането”:

$$\alpha = \frac{AW_{оп}}{AW_{пн}}. \quad (IV-16)$$

Величината α обикновено се изразява в проценти. При отслабване на полето по метода на шунтирането на възбудителната намотка величината α всъщност изразява отношението на тока, протичащ през възбудителната намотка на двигателя, към тока, протичащ през неговата котва, т.е.

$$\alpha = \frac{I_b}{I_a}. \quad (IV-17)$$

Допустимата степен на отслабване на полето зависи от конструкцията на двигателя. Така за двигателите без допълнителни полюси отслабването на полето изобщо не се прилага, тъй като то влияе неблагоприятно върху комутацията. За снабдените с допълнителни полюси тягови двигатели коефициентът на регулиране на възбуждането се допуска да бъде не по-малък от 50%. При по-голямо отслабване на полето то се деформира вследствие усилващото се влияние на реакцията в котвата. Обикновено $\alpha = 67-75\%$.

Големината на шунтиращото съпротивление $R_{ш}$, необходима за получаването на определен коефициент на регулиране на възбуждането α , се изчислява в съответствие с израза

$$R_{ш} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot R_b \quad (IV-18)$$

където R_b е съпротивлението на възбудителната намотка на двигателя.

Индуктивността на шунтиращия контур трябва да е съизмерима с тази на

възбудителната намотка. В противен случай резките изменения в големината, на захранващото напрежение, обусловени от променливото по големина натоварване на контактната мрежа, от прекъсванията при токоотнемането, както и от комутациите в силовата верига на локомотива, ще предизвикат внезапна поява на индуктивно съпротивление на намотката, ще доведат до нарастването на нейния импеданс и в резултат - до намаляване големината на I_v . Вследствие на недостатъчната големина на магнитния поток, както и на противоелектродвижещата сила двигателят силно ще се претовари, като големият котвен ток може да предизвика появата на кръгов огън по колектора. Ето защо последователно на шунтиращото съпротивление $ШС$ се включва индуктивна бобина, която е прието да се нарича “индуктивен шунт” $ИШ$ (вж. фиг. IV-2б). Възприетото съотношение α може да бъде запазено неизменно и при преходните процеси в силовата верига на локомотива, ако форм. (IV-18) остане в сила и за импедансите съответно на шунтиращия контур $Z_{ш}$ и този на възбудителната намотка Z_v , т.е. ако индуктивността на $ИШ$ е равна на тази на възбудителната намотка.

При втория начин за отслабване на полето, осъществяван чрез секционирането на възбудителната намотка на двигателя, токът на котвата се пропуска само през част от навивките на тази намотка, като за целта се прекъснат контактите 1 (фиг. IV-2в, з), а се включи контактът 2 (фиг. IV-2в), респ. - контактите 2 и 3 (фиг. IV-2з). И при двете схеми получаването на нормално поле се осъществява чрез включването на контактите 1 и отварянето на останалите контакти.

Степените на регулиране скоростта на тяговите двигатели, получавани без включването на съпротивление в силовата верига на двигателя или в контур, осъществяващ шунтирането на неговата възбудителна намотка, се наричат “икономични” (т.е. без загуби на енергия) или “ходови” степени.

42. ПРЕИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЯГОВИТЕ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Естествените електромеханични характеристики на тяговите електродвигатели се строят за номинално напрежение при липсата на допълнително съпротивление във веригата на котвата. В случай, че се изменят работните условия на двигателя (промяна на захранващото го напрежение, включване на съпротивление във веригата на котвата, отслабване на магнитното поле), електромеханичните характеристики на двигателя се променят - получават се така наречените "изкуствени" характеристики. Изкуствените електромеханични характеристики се получават въз основа на естествените, като процесът на тяхното построяване се нарича преизчисляване на естествените характеристики.

1. *Преизчисляване електромеханичните характеристики, на двигателя при изменяне на захранващото напрежение.* При захранване на тяговия електродвигател с напрежение, различно от номиналното, най-силно се променя скоростната характеристика на двигателя $n = f_1(I)$. Да предположим, че за известно натоварване, определящо се от тока I_1 , е необходимо да намерим честотата на въртене на неговата котва n_1 при положение, че двигателят е захранен с напрежение $U' \neq U$, където U е номиналното за двигателя напрежение. От форм. III-6 следва, че при работа на естествената си характеристика и при товар I_1 честотата на въртене на вала на двигателя ще бъде

$$n_1 = \frac{U - I_1 R}{c\Phi}. \quad (IV-19)$$

От същата формула следва, че когато двигателят бъде захранен с новото напрежение (при същия товар), честотата на въртенето му ще бъде

$$n'_1 = \frac{U' - I_1 R}{c\Phi}. \quad (IV-20)$$

Тъй като и в двата случая товарът на двигателя е един и същи и се характеризира с тока I_1 и знаменателите на изразите IV-19 и IV-20 ще са еднакви. Тогава, определяйки $c\Phi$ от

3. *Преизчисляване електромеханичните характеристики на тяговия двигател при отслабване на магнитния поток.* За да се изчисли и построи скоростната характеристика на двигателя при отслабено поле, разглеждат се два негови режима:

- 1) работа при отслабено поле с възбудителен ток $I_b = \alpha I_a$;
- 2) работа при пълно поле при величина на котвения ток $I_a = \alpha I_a$.

Скоростта на въртене на котвата на двигателя при първия работен режим може да се определи по формулата

$$n_{оп} = \frac{U - I_a \cdot r_a - I_b \cdot r_b}{c\Phi} = \frac{U - I_a (r_a + \alpha r_b)}{c\Phi}, \quad (IV-23)$$

където

r_a и r_b са съответно съпротивленията на котвената и възбудителната намотка на двигателя;

Φ - магнитният поток на двигателя, съответстващ на сила на ток в котвата I_a и ток на възбуждането αI_a

Скоростта на въртене на котвата на двигателя при втория работен режим ще бъде

$$n_{ин} = \frac{U - I_a' \cdot r_a - I_b' \cdot r_b}{c\Phi'} = \frac{U - I_a (\alpha r_a + \alpha r_b)}{c\Phi'}, \quad (IV-24)$$

където

Φ' е магнитният поток на двигателя при сила на тока на възбуждането αI_a и сила на тока в котвената намотка също αI_a .

Чрез разделяне на равенство IV-23 на равенство IV-24 се получава

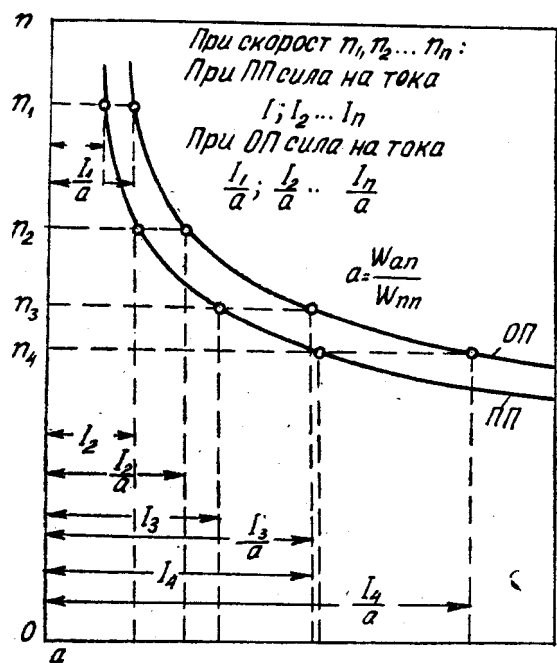
$$\frac{n_{оп}}{n_{пп}} = \frac{U - I_a(r_a + \alpha r_b)\Phi}{U - I_a(\alpha r_a + \alpha r_b)\Phi'} \quad (IV-25)$$

В специалната литература [3] се доказва, че дясната част на равенство IV-25 приблизително е равна на единица, така че

$$n_{оп} \approx n_{пп} \quad (IV-26)$$

Изчисляването на $n_{оп}$ по форм. IV-24 вместо по форм. IV-23 дава разлика от порядъка на 2-4%, която е напълно приемлива за обикновените пресмятания.

И така от форм. IV-26 следва, че скоростта на въртене на двигателя при сила на тока в котвата I_a и коефициент на регулиране на възбудането α е приблизително равна на скоростта, която двигателят би имал при пълно поле и ток αI_a във веригата на котвата и на възбудителната намотка. Следователно, когато е известна характеристиката при пълното поле (ПП), на основание на равенство IV-26 може да се получи със значителна точност характеристиката на двигателя при отслабено поле (ОП). За целта токът се увеличава в съотношение $\frac{1}{\alpha}$, както това е показано на фиг. IV-3.



Фиг. IV-3. Построяване на характеристика на тягов електродвигател при отслабено магнитно поле