

# ПРОТИВОБОКСУВАЩИ СХЕМИ ЗА ТОКОИЗПРАВИТЕЛНИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА

Любомир Българанов

*Резюме.* Реализираният коефициент на сцепление се влияе силно от начина на свързване на двигателите, от тяхното управление, а така също от наличието и вида на защита против боксуване. В работата са предложени и анализирани нови противобоксуващи схеми предназначени за токоизправителни електрически локомотиви.

## SCHEMES AGAINST SLIPPING FOR ALTERNATIVE CURRENT ROLLING STOCK

Lubomir Balgaranov

*Abstract.* The realised adhesion coefficient is influenced very much by the way of connecting the tractive motors, by the way of their control as well as by the existence and the character of the protection against slipping. In this article are suggested and analysed some schemes against slipping for alternative current rolling stock.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

С развитието на локомотивостроенето непрекъснато се увеличава мощността на електрически транспортни средства [ЕТС]. Така например през последните 30 години мощността на тягова колоос е нараснала повече от два пъти. Тази голяма мощност доведе до това, че сега в повечето случаи теглото на влака се ограничава не от мощността на тяговите двигатели [ТД], а от сцеплението. Следователно недостатъчната сила на сцепление между колелата и релсите започва да задържа увеличаването на реализираната от електрическите локомотиви [ЕЛ] мощност. Действително, ако мощността на ТД позволява да се развива теглителна сила по-голяма от силата на сцепление, то увеличаването ѝ не води до подобряване на тяговите качества на ЕЛ, разбира се при едно и също осно натоварване и реализиран коефициент на сцепление. Използването на номиналната мощност на съвременните ЕЛ е 35-60%, което е относително малко. Това се обяснява с факта, че нарастването на теглителната сила на новите ЕЛ, не е пропорционално на нарастването на тяхната мощност. Важен фактор, който влияе силно на теглителна сила е коефициентът на сцепление между колелата и релсите. Освен външните фактори, на коефициента на сцепление силно влияе начинът на свързване на ТД и тяхното управление, а така също видът на защита против боксуване.

---

Годишник на ТУ – София, т. 48, кн.3/1995 г.

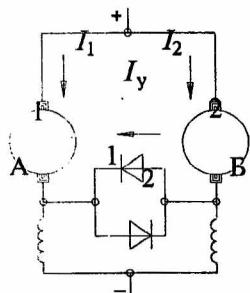
Proceedings of the Technical University – Sofia, v. 48, b.3/1995.

В работа са предложени и анализирани съставени от автора противобоксуващи схеми, които могат да се приложат в токоизправителни ЕТС, каквито се експлоатират у нас.

## 2. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

За подобряване на условията на сцепление в ЕТС се използват различни методи, като например: подаване на пясък под боксуващите колела, почистване на релсите (химическо, механическо, електрическо), прилагане на устройства, които препятствуват разтоварването на предните по посока на движението колооси, намаляване на разликите в характеристиките на ТД, системи за стабилизиране на сцеплението при ЕТС с тиристорно управление и др. Едновременно с това се вземат мерки за намаляване на вредните последствия в случаите, когато теглителната сила стане по-голяма от силата на сцепление т.е при режими на боксуване. Към тези мероприятия преди всичко се отнася прилагането на защити против боксуване или противобоксуващи схеми.

В ЕТС, които се експлоатират от БДЖ(без шестосните ЕЛ), се използват защити против боксуване, които повишават коефициента на сцепление, чрез подаване на пясък. Опитът от експлоатацията и проведените изследвания са доказали, че [3] ефектът от прилагането на пясък е малък при високи скорости на движение; при сняг, паднали листа, тънък маслен слой, прилагането на пясък не е ефективно и даже безполезно; освен това подготовката на пясъка е свързана с значителни разходи.



Фиг. 1

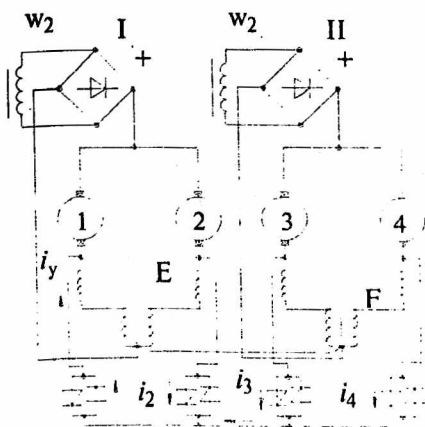
Изследванията на противобоксуващата устойчивост на ЕЛ серия 41,42 и 43 [2] показват, че за подобряване на тяговите им качества е необходимо прилагането на по ефективна защита против боксуване. В [1] е направено сравнение на различни защити против боксуване, които са приложими в ЕЛ на БДЖ и е предложено конкретно схемно решение, а именно въвеждане на уравнителни съединения между четирите ТД. Тази противобоксуваща схема не изисква въвеждането на много допълнителна апаратура. Тя е безинерционна и безконтактна защита. Повишаването на скоростта на приплъзване т.е. боксуване, например за първа колоос води до намаляване на тока на двигателя свързан с нея  $I_1$  т.е. потенциалът на точка А намалява (фиг. 1). Когато разликата в потенциалите на точки А и В стане равна или по-голяма от праговото нап-

равно на потенциалите на точки А и В стане равна или по-голяма от праговото нап-

режение на диода 1, той се отпушва и протича уравнителен ток  $I_y$ . В резултат на това възбудителният ток на първи двигател и неговият магнитен поток ще останат почти постоянни, като че ли двигателят е превключен на независимо възбуждане. Това води до силно намаляване на котвения ток  $I_1$  съответно на теглителната сила на боксуващия двигател и до бързо възстановяване на нормалния режим на работа. Едновременно с това се увеличава токът на втория двигател ( $I_2 + I_y$ ) и неговата теглителна сила. Следователно в процеса на ликвидиране на боксуване общата теглителна сила на ЕЛ се запазва почти постоянна. Недостатък на схемата е, че в резултат на повишаването на тока на небоксуващия двигател 2 с уравнилния ток, той може да премине в режим на боксуване, ако работи близо до ограничението по сцепление. В предложената в [1] противобоксуваща схема, теглителната сила на боксуващия двигател се поема от останалите три, с което се намалява вероятността да започне да боксува и друг ТД. Даденото в [1] схемно решение има и следните недостатъци: Защитата заработва при ниска скорост на приплъзване – 0,55 m/s, която се определя от праговото напрежение на диодите в уравнилните съединения; Необходими са 12 силови диода, което при практическо реализиране води до определени трудности, свързани с необходимото място.

### 3. НОВИ СХЕМНИ РЕШЕНИЯ И ПРЕДПОСТАВКИ ЗА СЪЗДАВАНЕТО ИМ

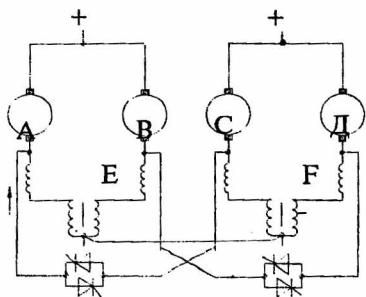
За да се повиши скоростта на приплъзване, при която заработва защитата е необходимо да се състави схема, в която уравнилните съединения да имат по два последователно свързани диода. В такъв случай заработването ще става при скорост на приплъзване 1,38 m/s. На фиг. 2 е показана съставена от автора схема, при която в уравнилните съединения има по два последователно свързани диода. За реализиране на схемата са необходими 8 силови диода и въвеждането на една допълнителна връзка между точките Е и F т.е. свързват се минусите на токоизправители I и II. Тази връзка осигурява равенство на потенциалите на



Фиг. 2

точки А, В, С и D и дава възможност за въвеждане на уравнителни съединения между четирите ТД. Естествено възниква въпросът, какво налага въвеждането на два последователни диода в уравнилните съединения. От една страна разлика в потенциалите на точките А, В, С и D съществува винаги и при нормален режим на работа. Тя се получава от допустимите различия в характеристиките на ТД ( $\pm 3\%$ ), в съпротивленията на възбудителните им намотки ( $\pm 8\%$ ) и разликите в диаметрите на бандажите поради различно износване. Така например ако средната стойност на съпротивлението на възбудителните намотки е  $0,014 \Omega$ , а за първия по посока на движението ТД то е с  $8\%$  по малко т.е.  $0,0129 \Omega$ , то при нормален режим на работа, когато токовете на двигателите са равни, например  $1000 \text{ A}$ , потенциалите на точките А, В, С и D ще бъдат  $-12,9 \text{ V}$  за първия ТД и  $14 \text{ V}$  за останалите т.е. разликата в потенциалите е по голяма от праговото напрежение на един диод, което е в границите  $0,7$  до  $1,0 \text{ V}$  в зависимост от големината на тока, т.е. получава се неселективно зареждане на защитата.

От друга страна експерименталните изследвания показват [4,5], че максимална теглителна сила се реализира при скорост на приплъзване  $0,45$  до  $0,85 \text{ m/s}$ , в зависимост от чистотата на релсите, състоянието на бандажите и др. т.е. предложената схема включва при твърде ниски скорости на приплъзване и ще ограничава големината на теглителната сила преди достигането на ограничението по сцепление.



Фиг. 3

От гледна точка на намаляване броя на диодите е възможно и друго решение, което е показано на фиг. 3. В този случай информацията за настъпил режим на боксуване трябва да се получава от специални датчици. Например, най-лесно технически това може да стане, чрез сравнение на токовете на ТД, както в ЕЛ серия 44. Отпушването на тиристорите в уравнилните съединения може да се реализира с ридрелета, които зареждат, например при разлика в токовете  $110 \text{ A}$ , т.е.

скорост на приплъзване  $1,3 \text{ m/s}$ , а запушването им ще става естествено при изравняване на потенциалите. Предложената схема поражда въпроса, няма ли опасност за възникване на боксуване и за нормално работещия ТД, тъй като той ще поема товара на боксуващия.

Предпоставките, които са дали основание за съставяне на тази схема са следните:

— Проведените изследвания [4] показват, че коефициентът на сцепление за втората, третата и четвъртата колооси е винаги по-висок от този на първата и то приблизително с постоянна величина  $\theta_2 = \theta_2 - \theta_1 = 0,005$ ;  $\theta_3 = \theta_3 - \theta_1 = 0,022$ ;  $\theta_4 = \theta_4 - \theta_1 = 0,038$ , а при максимална скорост на еластично приплъзване на колоосите разликата е най-голяма  $\theta_2 = 0,015$ ;  $\theta_3 = 0,03$ ;  $\theta_4 = 0,05$ . Това се обяснява с почистващото действие на първите по-посока на движението колооси. Следователно ограничението по сцепление за колоосите е различно. Ако се приеме, че осното натоварване е еднакво и коефициентът на сцепление за първа колоос е  $\theta_1 = 0,22$ , то ограничението по сцепление  $F_{\theta_1}$  за отделните колооси на ЕЛ серия 44 е както следва:  $F_{\theta_1} = 47,5$  kN ( $I_{\theta_1} = 1180$  А),  $F_{\theta_2} = 48,9$  kN ( $I_{\theta_2} = 1220$  А),  $F_{\theta_3} = 52,6$  kN ( $I_{\theta_3} = 1280$  А),  $F_{\theta_4} = 56,1$  kN ( $I_{\theta_4} = 1380$  А). При групово управление на ЕЛ ограничаваща е първата по посока на движение колоос. Следователно колоосите ще работят с теглителни сили най-много равни на 47,5 kN т.е с котвени токове най-много 1180 А. При възникване на боксуване на първа колоос (тя е при най-лоши условия по сцепление), нейният товар съгласно схемата се поема от трети ТД, а той може да поеме товар 100 А преди да достигне до ограничението по сцепление. Трябва да се отбележи, че с нарастване на скоростта на приплъзване на първа колоос, ще расте и коефициентът на сцепление за следващите т.е. токът  $I_{\theta_3}$  ще нарастне още.

— Ако се отчете и факта, че осното натоварване за отделните колооси не е еднакво, то разликата в ограниченията по сцепление става още по-голяма. Например, ако се приеме, че разликата в сцепното тегло в динамичен режим е 10% то се получава —  $F_{\theta_1} = 43,1$  kN, ( $I_{\theta_1} = 1110$  А),  $F_{\theta_2} = 44$  kN, ( $I_{\theta_2} = 1130$  А),  $F_{\theta_3} = 57,8$  kN ( $I_{\theta_3} = 1390$  А). Следователно, трети и четвърти двигатели могат да поемат товара на първите два.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Опитът от експлоатацията показва, че и при токоизправителните ЕЛ е необходимо въвеждането на противобоксуващи защиты.

2. Предложените противобоксуващи схеми имат висока чувствителност и бързодействие и практическата им реализация не е свързана със съществени конструктивни промени в ЕЛ.

3. Изпитанията на ЕЛ с уравнителни съединения, са показали, че при тях теглото на влака може да се увеличи средно с 10%, тъй като реализираната теглителна сила нараства с около 10-12%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Българанов Л. Б., Защита против боксуване за електрическите локомотиви експлоатирани от БДЖ, с.Железопътен транспорт, № 11-12, (35-38), 1980, С.
2. Българанов Л. Б., Противобоксуваща устойчивост на електрически локомотиви серия 41,42 и 43, с.Железопътен транспорт, №1, (18-21), 1976, С.
3. Вербек Г., Современное представление о сцеплении и его использовании, Железные дороги мира, № 4, 1974, М.
4. Данзер И.,Тиристорный электровоз и сила сцепления, Вест.ВНИИЖТ, № 8, 1972, М.
5. Nagase K., A study of adhesion between the rails and running wheels ° on main lines., Proc.Instn.Mech.Engrs., Vol. 203, Part F, (33-43), 1989, L.

## АВТОР:

Любомир Българанов, доц. д-р., КАТЕДРА “Електрически транспорт”, ТУ – София.