Механика Транспорт Комуникации

Научно списание

ISSN 1312-3823

брой 3, 2009 г.

статия № 0433

http://www.mtc-aj.com

ЧИСЛЕНИ КОЕФИЦИЕНТИ НА ТЯГОВИ ТОКОВЕ

Петър Матов, Александър Вецков, Катя Мановска

matov@tu-sofia.bg

Технически университет, София 1000, бул.Кл.Охридски №8
НК"ЖИ", София 1, бул.Кн. Мария-Луиза
БЪЛГАРИЯ

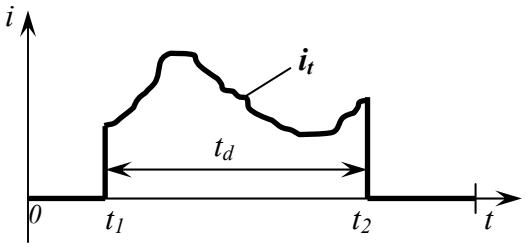
Резюме: *Тяговите токове се изменят в широки граници и поведението им във времето се определя от вида на транспортните средства, от товарите им, от профила на участъците по които те се движат, от скоростите на движение и от захранващото напрежение. В контактната мрежа, в захранващия фидер и в силовия трансформатор на тяговата подстанция тяговите токове са разпределени неравномерно във времето. Неравномерността на това разпределение се отразява на ефективната им стойност и оттам на нагряването и претоварването на всички силови съоръжения, свързани с електроснабдяването на електрифицирания участък. За оценка на описаната неравномерност в специализираната литература са въведени числени коефициенти. В материала е показано намирането на големините на числени коефициенти за тягови токове от реални железопътни участъци. Стойностите могат да бъдат използвани при проектиране и оценка на ефективността на електроснабдителни съоръжения за електрически транспорт.*

Ключови думи: *Електрически транспорт, електроснабдяване, тягов ток, ефективна и средна стойност, коефициент на ефективност.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Тяговите токове в контактната мрежа, предизвикани от електрически транспортни средства се изменят в широки граници и поведението им във времето се определя от вида на транспортните средства, от товарите им, от профила на участъците по които те се движат, от скоростите на движение и от захранващото напрежение. В контактната мрежа, в захранващия фидер и в силовите съоръжения на тяговата подстанция тези токове са повече или по-малко равномерно разпределени във времето. Неравномерността на разпределението им се отразява на ефективната им стойност и оттам на нагряването и претоварването на всички силови съоръжения, свързани с електроснабдяването на електрифицирания участък, независимо дали то е постояннотоково или променливотоково.

За оценка на описаната неравномерност са въведени числени коефициенти [1], отразяващи връзката между средната и ефективната стойност на тягов ток i_t със случайна форма (фиг.1) на локомотив с тяга - в интервала t_1 - t_2 и без тяга - в интервалите 0 - t_1 и t_2 - t. Средната стойност на тока в по-късия интервал $t_d = t_2 - t_1$ се намира от



Фиг.1 Тягов ток i_t във времевия интервал 0-t_1-t_2-

(1) $$I_d = \frac{1}{t_d}\int_{t_1}^{t_2} i_t dt \quad ,$$

а в по-дългия, *0 - t,* от

(2) $$I = \frac{1}{t}\int_{0}^{t} i_t dt \, .$$

Средноквадратичните стойности на същия ток в същите два интервала се определят от

(3) $$I_{deff}^2 = \frac{1}{t_d}\int_{t_1}^{t_2} i_t^2 dt \qquad \text{и}$$

(4) $$I_{eff}^2 = \frac{1}{t}\int_{0}^{t} i_t^2 dt \quad .$$

Отношението между средните стойности в (1) и (2) дава коефициент, означен с α**:**

(5) $$\alpha = \frac{I_d}{I} = \frac{t}{t_d} \quad ,$$

който очевидно е по-голям от единица. И отношението от средноквадратичните стойности (3) и (4) дава същия резултат:

(6) $$\frac{I_{deff}^2}{I_{eff}^2} = \frac{t}{t_d} \quad .$$

Връзката между средна и средноквадратична стойност на тока само в диапазона t_d , (в който $i_t \neq 0$) се нарича коефициент на ефективност (или коефициент на формата) k_{eff}

(7) $$\frac{I_{deff}}{I_d} = k_{eff} \, .$$

От изразите (5), (6) и (7) се получава зависимост между средноквадратичната и средната стойност на тока за цялото време *t* :

(8) $$I_{eff}^2 = k_{eff}^2 \alpha I^2$$

или

(9) $$I_{eff} = \sqrt{k_{eff}^2 \alpha} I$$

От същите зависимости се вижда и още, че минималните стойности на двата коефициента могат да спаднат най-много до единица. По литературни данни [1] реалната големина на коефициента на ефективност на тяговия ток се изменя в тесни граници - $k_{eff}^2 = 1.00 \div 1.10$.

Пак там се предлага при променливотокови захранвания да се работи поотделно с активната и реактивната съставка на тяговия ток. Интерес представлява големината на коригирания с α коефициент на ефективност $k_{eff}^2 \alpha$ в реалните експлоатационнни условия на променливотоковия железопътен транспорт в България.

ИЗМЕРВАНИЯ И ИЗЧИСЛЕНИЯ

Измерванията и събирането на данни са направени с мрежови анализатори. Използваните апарати имат възможност да записват измерените стойности в памет, от която по-късно да бъдат четени и анализирани с подходящ софтуер. Показаните по-долу данни са от три тягови подстанции със силно различаващо се натоварване - Кръстец, Алдомировци и Белово. За първите две подстанции това са токовете на техни изводи, а за Белово - първичният ток на тяговия трансформатор. Ефективните стойности I_{eff} за всеки от трите тока са записвани през една минута - т.е. самата измервателна апаратура е извършила действия, които са аналогични на зависимостта (4) в дискретен вид, допълнени с коренуване и запомняне след всяка една минута. По този начин, след прочитане от паметта, на разположение ще са данни за едноминутните ефективни стойности на токовете.

От гледна точка на температурното поведение на силовата апаратура е по-важна ефективната стойност на токовете за интервал от време, който да е съизмерим с (и по-голям от) нейната топлинна времеконстанта. За контактен проводник тази продължителност е 4÷10 минути [2], а за тягов трансформатор - 10÷15 часа. От друга страна графикът на движение има значителна повторяемост, но тя е денонощна (24 часа). Тези обстоятелства налагат средните и ефективните стойности на измерените токове да бъдат изчислени от едноминутните дискрети с помощта на следните изрази:

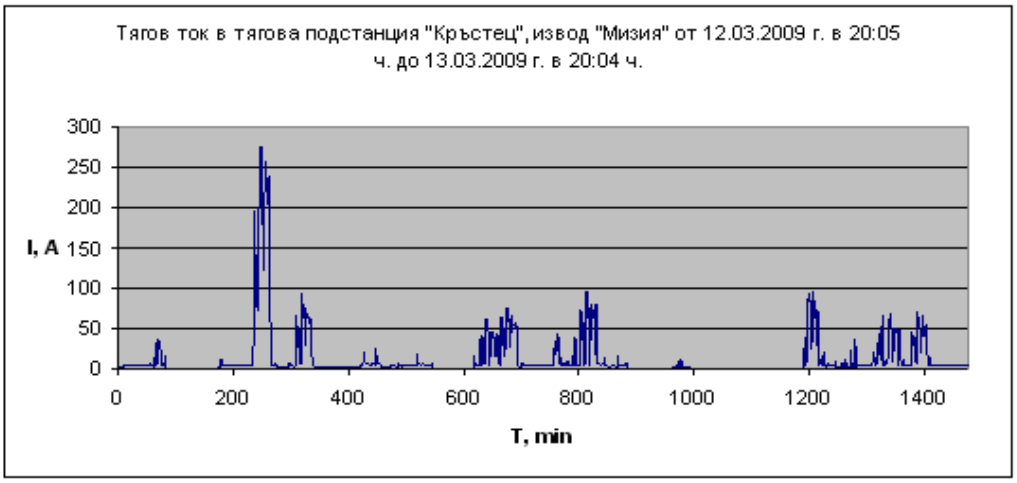
(10) $$I = \frac{1}{1440}\sum_{1}^{1440} I_t \quad \text{и}$$

(11) $$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{1440}\sum_{1}^{1440} I_t^2} \, .$$

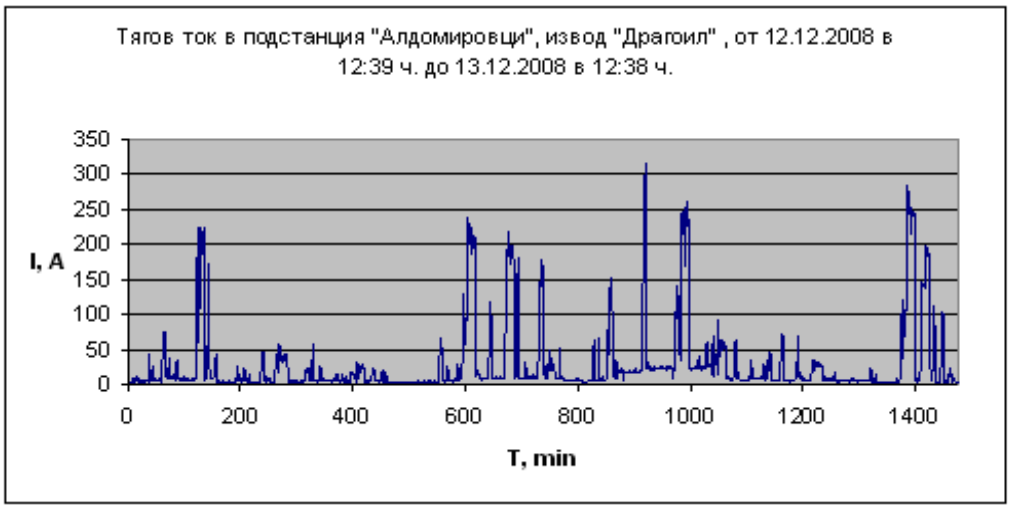
Търсеният коригиран коефициент вече може да се намери от отношението

(12) $$k_{eff}^2 \alpha = \frac{I_{eff}^2}{I^2},$$

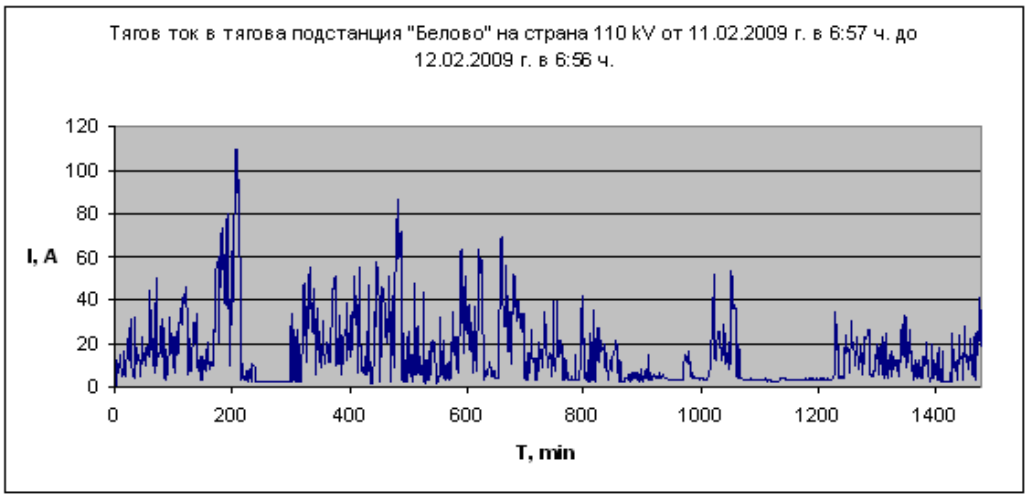
което произтича от (8)**.**



Фиг. 4 Ток на извод "Мизия" за едно денонощие



Фиг. 5 Ток на извод "Драгоил" за едно денонощие



Фиг. 6 Ток на тягов трансформатор в "Белово" за едно денонощие

Малките токове с големина около 10 А не са тягови. Те се дължат както на захранването на спомагателни съоръжения от контактната мрежа, така и на нейния разпределен капацитет. След елиминиране на тези малки числа, за средните и ефективните стойности на токовете, в трите случая, се получава:

Таблица 1

ТПС	**„Кръстец”,** 25 kV извод „Мизия”	**„Алдомировци”** 25 kV извод „Драгоил”	**„Белово”** ввод 110 kV
Елиминирани токове помалки от	< 10 А	< 10 А	< 2, 5 А
I	11.24	26.22	15.33
I_{eff}	34.58	61.13	22.09
I^2	126.34	687.49	235
I_{eff}^2	1195.78	3736.88	487.97
$keff^2\alpha$	**9.46**	**5.43**	**2.08**

Както се очаква, коригираният коефициент $keff^2\alpha$ е различен за трите случая и различието е в пъти повече за слабо натоварени изводи.

ИЗВОДИ

1. На основата на измервания върху реално тягово електроснабдяване на железопътни участъци са намерени числени стойности на коефициента $keff^2\alpha$, характеризиращ температурното поведение на силовите съоръжения - тягов трансформатор и контактна мрежа.

2. За съпоставимост между натоварването и големината на коригирания коефициент на ефективност поотделно - за тягови подстанции и контактни мрежи са необходими още измервания.

3. Намерените дотук коефициенти ще бъдат използвани за учебни цели при проектиране на тягово електроснабдяване.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Марквардт К.Г., Электроснабжение электрифицированных железных дорог, Москва, "Транспорт", 1982г.

[2] Kiessling F., R.Puschmann, A.Schmieder, Contact Lines for Electric Railways, PUBLICIS, Munich, 2001.

NUMERAL COEFFICIENTS OF TRACTION CURRENTS

Petar Matov, Alexandar Vetskov, Katya Manovska

matov@tu-sofia.bg

Technical Univercity - Sofia, NRIC - Sofia, Technical Univercity - Sofia
Sofia 1000, 8 Kliment Ohridski blvd; Sofia 1000, 114a, Maria-Luiza blvd
BULGARIA

Key words: *Electric Transport, Power Supply, Traction Current, RMS and Mean Value, Efficiency*

Abstract: *The Traction currents change on a large scale and their behaviour in time is defined by the type of the vehicles, their loads, the profile of the track they moving on, their velocity and the voltage supply. The traction currents in the contact nets, the supply feeder and the supply transformer of the power stations are allocated irregularly in time. This irregularity reflects on the traction currents effective value, on the heating and overloading the power machines, and are in relation with the power supply. For estimation of the mentioned irregularity there are leaded coefficients. This paper describes the values of the traction currents factors for real tracks. These values can be used for designing and estimation on the efficient value of power machines for electric transport.*