

---

## МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОГРАНИЧИТЕЛНА ТЕГЛИТЕЛНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ТЯГОВИ ЕЛЕКТРОЗАДВИЖВАНИЯ ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПОДВИЖЕН СЪСТАВ

Иван Петров, Ненчо Ненов

[Ivanpetrov60@abv.bg](mailto:Ivanpetrov60@abv.bg), [rector@vtu.acad.bg](mailto:rector@vtu.acad.bg)

*Висше транспортно училище "Тодор Каблешков"  
София 1574, ул.Гео Милев №158, България*

**Ключови думи:** транспорт, локомотиви, трамваи, задвижване

**Резюме:** *Определени са стойностите на коефициента на характеристиката при локомотиви, експлоатирани в "БДЖ" ЕАД и от действителните им характеристики са получени коефициентите на използване на теглителната сила и скорост на движение за електрически подвижен състав от водещи европейски железопътни администрации. Избрани са законите за регулиране и са построени универсални теглителни характеристики за постояннотоково, асинхронно и синхронно тягово задвижване.*

Оптималното използване на тягови електрозадвижвания за електрически подвижен състав (ЕПС) изисква да бъдат избрани законите за регулиране, при минимални енергетични разходи. За целта са разгледани тягови задвижвания с постояннотокови и променливотокови двигатели. С помощта на универсални относителни теглителни и КПД характеристики, и характерни варианти на законите за регулиране, е направен енергетичен анализ, който позволяват избор на нов тягов подвижен състав.

За провеждането на сравнителни тягови енергетични изчисления е необходимо теглителна характеристика на задвижването (т.А и Б от фиг.1). Ограничението по сцепление (т.А) и по максимална скорост на движение (т.Б) фиксират работните зони на характеристиката.

Диапазона на изменение на скоростта се определя с коефициента  $C_v$ , а на тока с коефициента  $C_i$  и имат вида [1]:

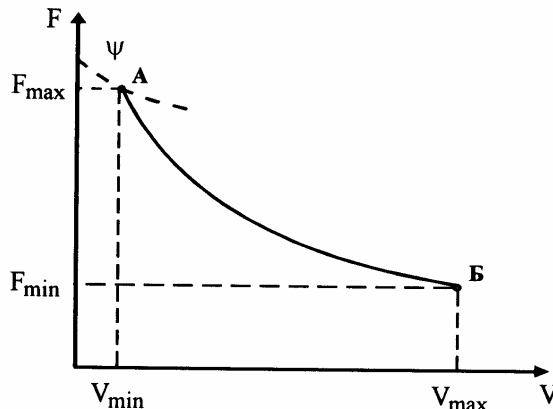
$$(1.1) C_v = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

$$(1.2) C_i = \frac{I_{min}}{I_{max}}$$

където:

$V_{min}, I_{min}$  – минимална скорост, минимален ток;

$V_{max}, I_{max}$  – максимална скорост, максимален ток.



Фиг.1 Теглителна характеристика

От отношенията (1.1) и (1.2) се получава коефициента на характеристиката  $\theta$ , който характеризира магнитното насищане на двигателя и се получава с израза:

$$(1.3) \quad \theta = \frac{I}{C_i C_v}$$

При пълно(пп) и отслабено поле(оп), коефициента на характеристиката  $\theta_{nn}$  и  $\theta_{on}$  се изчислява по формулите:

$$(1.4) \quad \theta_{nn} = \frac{I_{max}(nn) V_{min}(nn)}{I_{min}(nn) V_{max}(nn)}$$

$$\theta_{on} = \frac{I_{max}(on) V_{min}(on)}{I_{min}(on) V_{max}(on)}$$

Коефициентите за пълно и отслабено поле получени от действителните характеристики на експлоатираните локомотиви в БДЖ “ЕАД”, са показани в табл.1. От получените резултати следва да се отбележи, че коефициентът на характеристиката е в диапазон  $\theta = 0.75 - 2.5$  за пълно и  $\theta = 1.1 - 1.53$  за отслабено поле.

Интервалите на изменение на теглителната сила и скоростта са основни показатели за теглителната характеристика. Те се определят от нормалните им стойности по зависимостите :

$$(1.5) \quad K_f = \frac{F_H}{F_{max}} \quad \text{и} \quad K_v = \frac{V_H}{V_{max}}$$

където:

$F_H$  - номинална теглителна сила;

$F_{max}$  - максимална теглителна сила;  
 $V_n$  - номинална скорост на движение;  
 $V_{max}$  - максимална скорост на движение.

Тези коефициенти позволяват да се определи каква реална част от вписаната мощност се използва за теглителна сила и скорост на движение на състава.

Стойностите на коефициентите при различни локомотиви, експлоатирани в наши и чужди ж.п.администрации, са показани на таблица 2 [2].

Коефициентите за градски релсов транспорт са дадени в таблица 3.

Таблица 1

№	42 - 00		43 - 00		44 – 45-00		61	46-00		32-00	
	пп	оп	Пп	оп	пп	оп	пп	пп	оп	пп	Оп
$\theta$	2.38	1.1	2.5	1.42	2.22	1.53	0.75	2.17	1.23	2.11	1.44

Таблица 2

Серия	42-00	43-00	44-45	61-00	46-00	32-00	TGV	SKODA
Kf	0.66	0.58	0.58	0.57	0.58	0.78	0.76	0.67
Kv	0.48	0.48	0.48	0.34	0.53	0.46	0.38	0.64

Таблица 3

ТИП	Мотриси Т6М и Т8М		Мотриси Т6А5 и Т6Б5	
	Серия	Паралел	Серия	Паралел
Kf	0.69	0.69	0.48	0.61
Kv	0.43	0.53	0.38	0.61

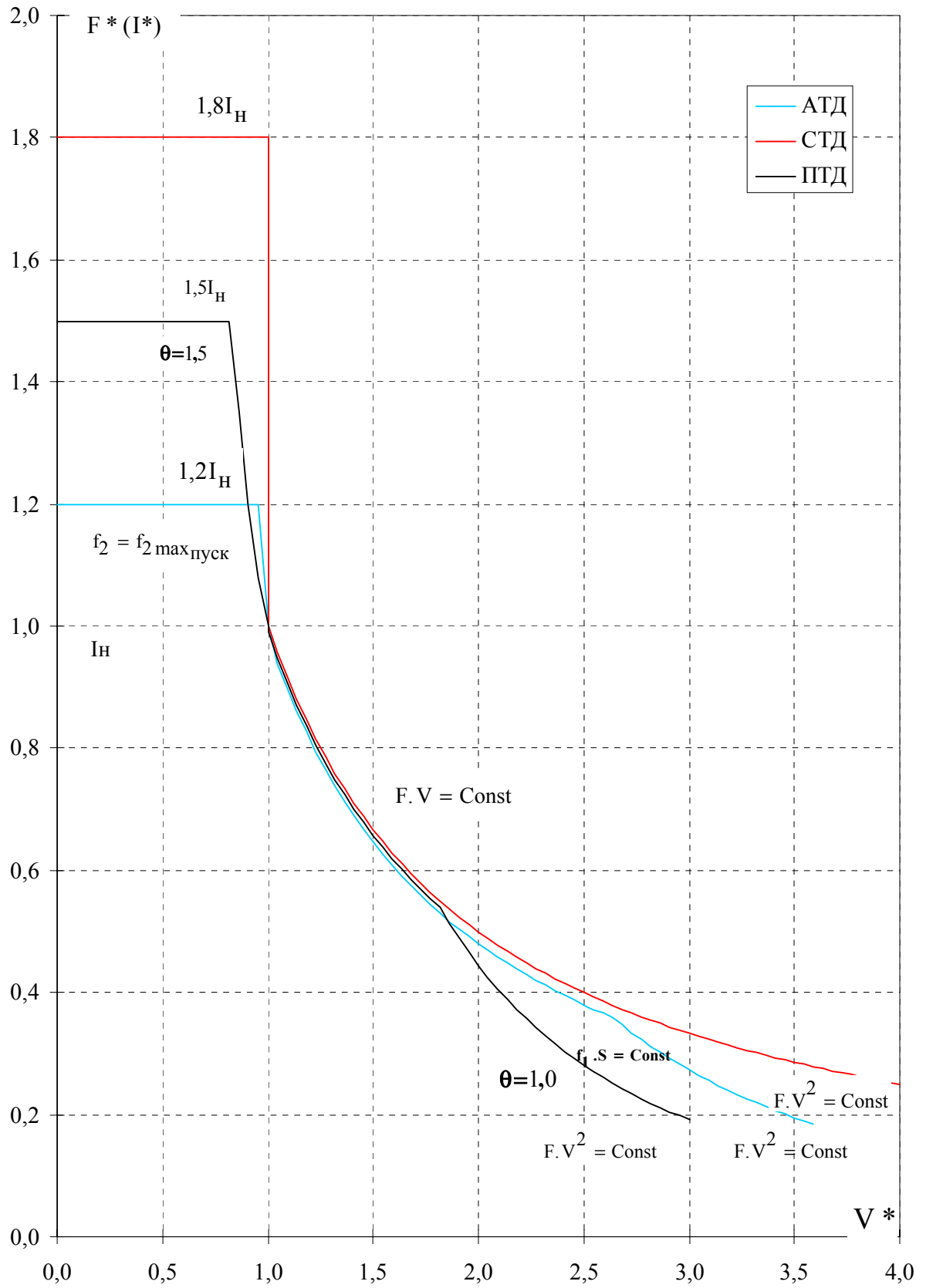
От резултатите посочени в табл.1 и табл.2 се вижда, че средните стойности на коефициентите са: постояннотоково задвижване  $Kf_{cp}=0.624$ ;  $Kv_{cp}=0.46$ ; за асинхронно задвижване  $Kf_{cp}=0.67$ ;  $Kv_{cp}=0.64$ ; синхронно задвижване  $Kf_{cp}=0.76$ ;  $Kv_{cp}=0.38$ . За по-пълно използване на теглителните качества на локомотивите, е подходящо да бъдат избрани следните стойности на коефициентите Kf и Kv:

- ◆ постояннотоково задвижване:  $Kf = 0.67$ ,  $Kv = 0.62$ ;
- ◆ асинхронно задвижване:  $Kf = 0.83$ ,  $Kv = 0.38$ ;
- ◆ синхронно задвижване:  $Kf = 0.56$ ,  $Kv = 0.25$ .

Чрез така избраните коефициенти се определя работния диапазон на теглителната характеристика. Претоварващите способности на тяговите задвижвания определят ограниченията на теглителната сила по сцепление. За да се направи енергетичен анализ на тягови задвижвания с постояннотокови и променливотокови двигатели е необходимо да имат едни и същи потеглящи и спирачни способности. Посредством използването универсални относителни характеристики позволява да се получат много вариантни числени данни и обобщени изводи за изследваните задвижвания.

Ускоряването на влак с претоварване по относителен ток –  $I^* > I$  (относителна теглителна сила –  $F^* > I$ ) в пусков режим довежда до допълнително нагряване на тяговия двигател (фиг.2), което не трябва да превишава допустимите стойности за съответния клас на изолация.

Това обстоятелство се отчита при последващо определяне на претоварванията за избран клас на изолация “Н”. Допустимата стойност на



Фиг. 2 Универсална теглителна характеристика на тягови задвижвания

температурата за посочения клас на изолация се достига (според европейски източници), съответно:

◆ при постоянно-токово задвижване - за 7 минути при стойности на пусковия ток  $1,5 I_n$  ;

◆ при асинхронно задвижване – за 10,5 минути при стойности на пусковия ток  $1,2 I_n$  ;

◆ при синхронно задвижване - за 8 минути при стойности на пусковия ток  $1,8 I_n$  .

Въз основа на закона за оптимално управление са избрани три режими на работа на асинхронни задвижвания (фиг.3):

◆ за режим “АТД1” с нормално натоварване по  $F.V=const$  при  $u=const$  и  $f_1s=const$  до  $2,6V^*$ (относителна скорост), след което се регулира по  $FV^2 = const$  до  $3,6V^*$  при  $f_2 = f_{2max} = const$  ;

◆ за режим “АТД2” характерен с повишено натоварване по напрежение е необходимо да са спазени условията  $F_{ном} = const$  при  $\frac{u}{f_1} = const$  и  $f_2 = const$  до  $1,4V^*$ , което се регулира по  $FV^2 = const$  до  $3,6V^*$  при  $FV^2 = const$  ;

◆ повишено натоварване по напрежение и честота за режим “АТД3” са изпълнени условията по  $F_{ном} = const$  при  $\frac{u}{f_1} = const$  и  $f_2 = const$  до  $1,4V^*$ , след

което се регулира по  $F.V=const$  до  $3,1V^*$ , след което по

◆  $FV^2 = const$  до  $3,6V^*$  при  $f_2 = const$ ,

където:

◆  $u$  –напрежение на двигателя;

◆  $f_1, f_2$  -честоти на тока съответно на статорната и роторната намотки;

◆  $s$  – хлъзгане.

Последният режим (“АТД3”) е теоретично възможен, но на практика изработването на такива специални двигатели с повишени възможности за претоварване по напрежение и честота в настоящия момент е невъзможно.

С избраните закони за регулиране на постоянно-токови, асинхронни и синхронни задвижвания и така определените коефициенти и режими на работа са проведени вариантни тягово-енергетични изчисления и са направени следните

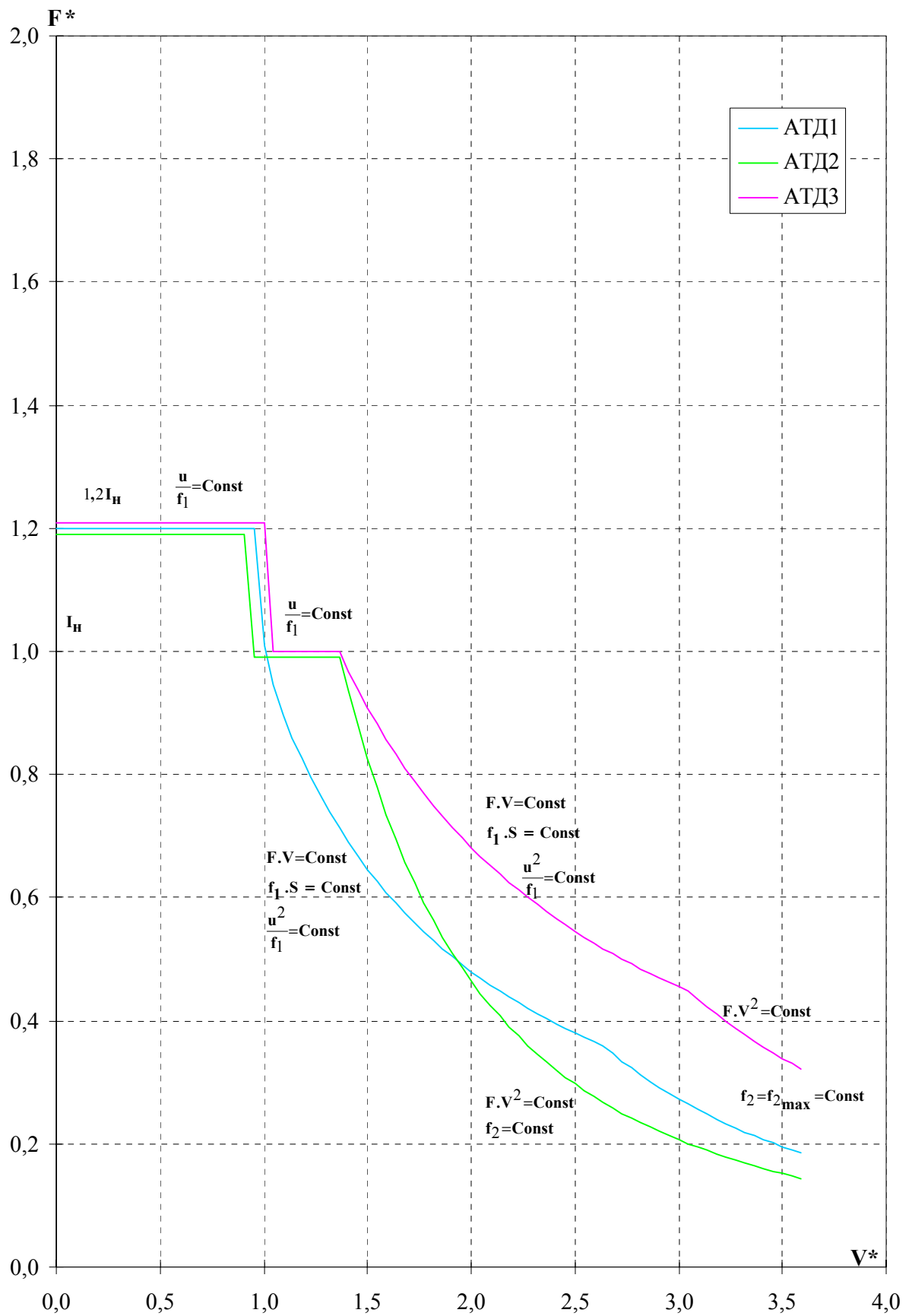
### ИЗВОДИ:

◆ с получените коефициенти на характеристиката могат да се изберат теглителни характеристики с различно насищане на двигателя;

◆ от получените стойности на коефициента на използване на теглителната сила и скорост на движение може да се определи работния диапазон на универсалната характеристика;

◆ с избраните закони за регулиране могат да бъдат направени сравнителни тягови енергетични изчисления.

◆ от проведените сравнителни тягови енергетични изчисления могат да се търсят енергетично ефективни закони за регулиране на асинхронни двигатели;



Фиг. 3 Универсална теглителна характеристика на асинхронни задвижвания

◆ в резултат на изследването са получени стойности на коефициентите на характеристиката и коефициенти на използване на теглителна сила и скорост на

движение за различни електрически тягови задвижвания експлоатирани от наши и европейски жп администрации;

◆ избраната ограничителна характеристика и направени сравнителни енергетични изчисления позволява от получените резултати да се определят оптимизирани тягови задвижвания.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] ПОПОВ Р., Електроенергийната ефективност на електрическата тяга-стратегически проблем на БДЖ. Железопътен транспорт, №11,1992.
- [2] ПЕТРОВ И., Енергетичен сравнителен анализ на тягови задвижвания при електрически подвижен състав, Автореферат, София, 1999.

## **METHODS OF DETERMINATION OF ELECTRIC DRIVE LIMITING TRACTION CHARACTERISTIC FOR ELECTRIC ROLLING STOCK**

**Ivan Petrov, Nencho Nenov**

*Todor Kableshkov Higher School of Transport  
158 Geo Milev Street, Sofia 1574, Bulgaria*

**Keywords:** *transport, locomotives, trams, drive.*

**Summary:** *The paper determines the coefficient of the characteristic of locomotives operated in BDZ Ltd. The coefficients of using the traction force and speed of running of the electric rolling stock in a number of leading European railway administrations have been obtained from the real characteristics of the BDZ locomotives. The laws of regulation have been chosen and universal traction characteristics for DC, asynchronous and synchronous traction drive have been built.*