

## **ЖЕЛЕЗОПЪТЕН МЕНИДЖМЪНТ В ЕЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕТО**

**Илко Търпов, Георги Павлов**

[stsb\\_plovdiv@abv.bg](mailto:stsb_plovdiv@abv.bg), [g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg)

***ВТУ „Тодор Каблешков”, София, ул. Гео Милев № 158  
БЪЛГАРИЯ***

***Ключови думи:** Енергийна ефективност, разход на електроенергия, БДЖ, тягови графици, програма.*

***Резюме:** В доклада ще бъдат разгледани и анализирани основните енергетични показатели определящи енергийната ефективност на електрическите транспортни средства и влияещи върху цялостния разход на електроенергия в железопътния транспорт. Също така ще бъде предложена цялостна програма за реализиране на устойчива ефективност на електропотреблението в железопътните компании.*

### **УВОД**

Динамиката в преструктурирането на железопътния сектор у нас, нарастващия дял на частните железопътни оператори, трайните тенденции на намален товаропоток и увеличаващите се цени на електропотреблението налагат въвеждане на серия от мероприятия, които да доведат до оптимизирано потребление на електроенергия в железопътните превози. Електроенергийните разходи представляват една голяма част от общите енергийни разходи на една транспортна фирма. Превозната работа в БДЖ с електрическа тяга възлиза над 90% в сравнение с дизеловата тяга и представлява 343,46 ГВтч. за периода от м. 07.2007 год. до м. 06.2008 год. Поради тази причина е необходимо да се обърне комплексно внимание към този производствен разход.

### **СЪЩИНСКА ЧАСТ**

За постигане на поставената цел са необходими шест стъпки към създаване на система за устойчива енергийна ефективност [2].

1. Изработване на цялостна програма за повишаване на енергийната ефективност. Тя трябва да разглежда както трафичната електроенергия отчитана от тяговите подстанции на ДП „НКЖИ”, така и разходите от електромери на стационарните обекти (ремонтни работилници, административни сгради, почивни бази и други обекти).

2. Утвърждаване на балансирана система от показатели за ефективност на електропотреблението. Такива показатели са:

- коефициент на мощност, фактор на мощността за съответния консуматор и електропреносната мрежа, коефициент на синусоидалност, относителен разход, приведени брутотонкилометри и пътничкилометри, относителен разход на ел. енергия на видовете планови ремонти на подвижен състав, отчитане на рекуперативната енергия;

- разделяне на трафичната електроенергия на тягова за влаково движение и нетягова за служебни придвижвания и собствени нужди;

- обобщен показател за оптималност между разход на енергия и времепътуването.

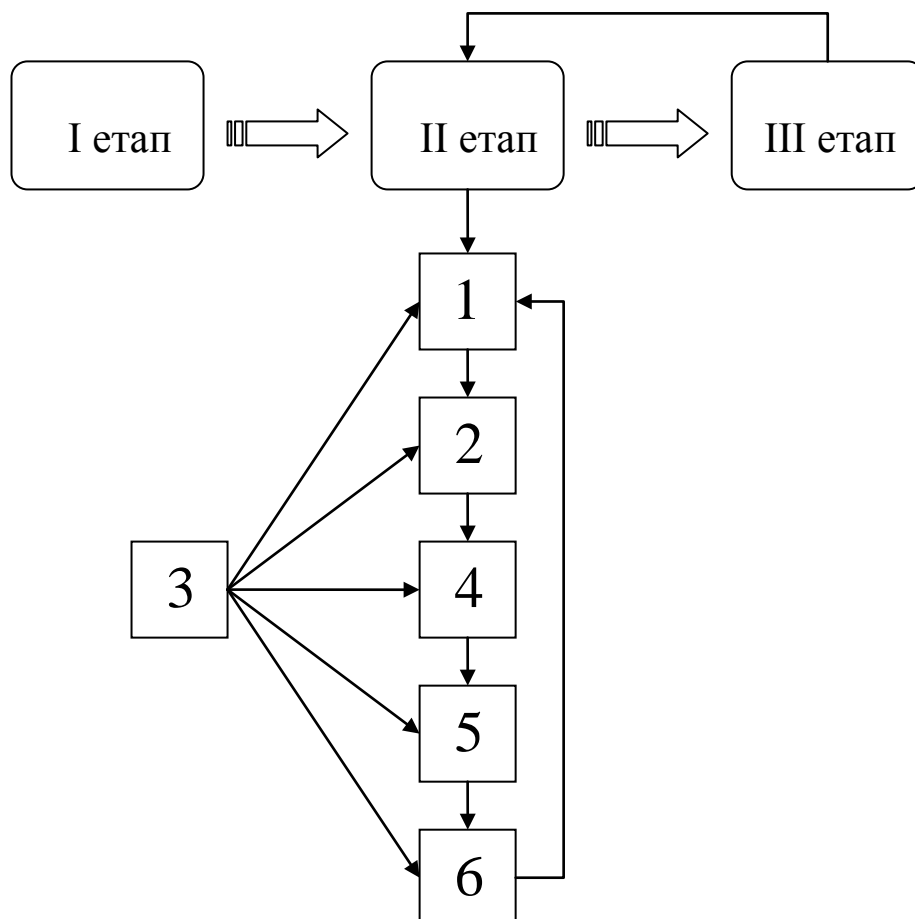
3. Въвеждане на система за контрол и отчитане на електропотреблението и установяване на отчетни периоди, както и нормиране на разхода по повески и дежурства. [3] Отчетността трябва да е прозрачна и да достига своевременно до всички звена и участници в системата, имащи отношение към проблема.

4. Събиране на данни за потреблението и оценка на електроенергийната ефективност, чрез модерни технически средства с дистанционно отчитане.

5. Анализ, преглед и докладване на данните от енергийните отдели и статистически звена.

6. Усъвършенстване на процесите и оборудването в електротранспорта.

Обективният и точен анализ на електрическия разход изисква да се осигури информация за реалното потребление. Коректността на анализа до голяма степен зависи от пълнотата и дългосрочността на информацията. За тази цел е необходимо да се монтират електромери във всички електрически транспортни средства (ЕТС), в депа и цехове, на мощни агрегати и др., като за целта те трябва да са оборудвани с дистанционни средства за отчитане. Изграждането на цялостна система осигурява навременно събиране, обработка и анализ на информацията в реално време.



Фиг. 1 Структурна схема на етапите и стъпките в програмата.

Оптимизационната програма трябва да се изпълни в следните етапи:

I етап: Осъзната необходимост от ръководния екип за реално изпълнение на мероприятията от програмата;

II етап: Разработване на самата програма и предвиждания за бъдеща консумация. Създават се и се имитират различни варианти за икономия на енергия. Избира се най-подходящия модел от гледна точка на техникоикономическия анализ;

III етап: Изпълнение на програмата. Изисква се точно формулиране на крайните цели и яснота относно капиталовложенията. Определят се редът и последователността на монтажните работи на средствата за измерване и контрол. Периодичният анализ на изпълнението би спомогнал за своевременна актуализация на програмата. Посочените етапи и стъпки при създаването, утвърждаването и прилагането на програмата за устойчива енергийна ефективност в железопътните превози е показана на фигура 1.

Комплексът от мероприятия в тази програма трябва да бъде насочен в две направления:

- намаляване на разхода без ограничаване на потреблението;
- намаляване на разхода чрез ограничаване на потреблението.

### **Намаляване на разхода без ограничаване на потреблението**

Оптимизиране на енергийните разходи без намаляване на потреблението може да се осъществи чрез подробен анализ на товарите графици. Този анализ ще установи какъв дял от общия разход имат върховата, дневната и нощната тарифи. Разглеждането на графика за движение на влаковете трябва да става паралелно с тяговия график за потреблението на ел. енергия. За целта трябва да се въведат безразмерни коефициенти за енергийна ефективност на ЕТС през времето на отделните тарифи. Тези коефициенти ще позволят да се извърши равнопоставена оценка, като се оцени интензивността на движението в отделните ценови зони. Коефициентите представляват отношение на енергията за съответната зона отнесена към времето на нейното действие и общата изразходвана енергия. По този начин пренасочването на товарните влакове от върховете към другите тарифи може да доведе до 10-15 % намаляване на разходите. За ремонтните бази това означава включването на мощни консуматори, като бандажно огнище, нагреватели, сушилни, компресори, помпи и др., да се ограничава през времето на върховата тарифа. Идеята тук е да се управлява товарният график така, че дейностите с най-голяма енергоемкост да се пренасочват в зоните с по-ниска тарифа. Отнесена към влаковото движение тази идея налага координирани действия и обвързаност между влакови и енергодиспечери.

В локомотивните и вагонни депа основната задача е да се определят норми за разход на ел. енергия по видове планови и допълнителни ремонти с цел да се набележат мерки за оптимизирането му. Това може да стане чрез определяне на критерий за енергоемкост на плановите ремонти -  $R_E$ . Той представлява отношение на разхода на енергия към ремонтни часове. Чрез този критерий ще може да се прави по-точно сравнение между отделни периоди, в зависимост от обемите работа, и ще се отчита по-точно енергийната ефективност на депата. Ще могат да се правят прогнози за бъдещо потребление в зависимост от предстоящите планови ремонти. Енергията за тези ремонти се определя като произведение от коефициента за използваемост на депата за планови ремонти и общата изразходвана ел. енергия за определен период от време -  $E_{об}$ . От получения резултат можем да намерим разхода на енергия за един час ремонтна дейност. Този разход умножен по съответната норма време, утвърдена в БДЖ за локомотив в планов ремонт, ни дава точна представа за ефективността на електропотреблението в депата.

$$(1) \quad \lambda_{n.p.} = \frac{\sum A_{n.p.}}{\sum B_{o.p.}}$$

където:

$\lambda_{n.p.}$  - коефициент планов ремонт

$A_{n.p.}$  - планови ремонти в ч. ч.;

$B_{o.p.}$  - общо ремонти в ч. ч.

Определянето на  $E_{пл.р.}$  за един месец става по формула (2):

$$(2) \quad E_{пл.р.} = \lambda_{пл.р.} \cdot E_{об.}$$

$$(3) \quad P_E = \frac{E_{пл.р.}}{\sum A_{пл.р.}}; \quad \left[ \frac{kWh}{ч.ч.} \right]$$

Друга възможност за намаляване на разхода без ограничаване на потреблението е точното планиране на изразходваната енергия и надбавките за използвана и отдадена реактивна енергия. Планирането на разхода може да се осъществи само от добре подготвени специалисти, запознати с технологията на транспортния процес и с добре събрана статистическа информация, както и предстоящи превозни дейности (назначени и отменени влакове).

Стабилността на напрежението в мрежата е друг важен експлоатационен показател. Протичащите в контактния проводник токове водят до спадане на напрежението между локомотива и подстанцията. Това се наблюдава при движение на няколко влака в една фидерна зона. Дългите разстояния между локомотива и подстанцията водят също до спад на напрежението. С четириквadrантният преобразувател, при най-новото поколение локомотиви, може да се поема или отдава реактивна енергия в зависимост от нуждите на захранващата система. Такива локомотиви се наричат още подвижни компенсатори на реактивна мощност. Резултатът от това е, че при по-дълги участъци ще има по-малки спадове на напрежение в контактната мрежа и от там по-малки токове и загуби.

При определено напрежение в контактната мрежа протича определен активен ток. Протичането на реактивен ток предизвиква увеличаване на общия ток, а от там загуби в контактната мрежа. Поради това големината на реактивния ток също се явява допълнителен експлоатационен показател, влияещ върху ефективността на ЕТС. При локомотивите с импулсен токоизправител напрежението на токоизправителя се настройва, така че по възможност токът да бъде синусоидален и синфазен с напрежението на контактната мрежа. При спиране в режим на рекуперация, токът се настройва с противоположна фаза на напрежението. И в двата случая няма реактивна мощност с основна честота, тъй като амплитудите на високо честотните компоненти на тока са ограничени, коефициента на мощност е близо до 1. Голямото значение на реактивната мощност е най-вече в създаването на топлина. Температурата на ел. съоръжения трябва да се поддържа в допустими граници. В противен случай се стига до нарушаване на изолацията и оттам до появата на аварии.

Загубите в преносната мрежа се увеличават обратно пропорционално на квадрата на коефициента на мощност. При сравнение на факторите на мощността от около 0,8 при фазово управляемите локомотиви и тези от около 1 при локомотивите с импулсен преобразувател, се вижда, че при първите има два пъти по-големи загуби, което значи, че при непроменено разпределение на енергията с импулсни преобразуватели би могло да се получи удвоена тягова мощност. По отношение на

използваната и отдадена реактивна енергия превозвача може да влияе единствено с вида на използваните ЕТС.

Всички познати мерки за подобряване фактора на мощността са свързани със собственика на контактната мрежа – ДП „НКЖИ”. Стойността на използваната и върната реактивна енергия възлиза на 10-13% от стойността на консумираната активна енергия. Това показва, че трябва да се върви към съвместни действия между превозвачи и железопътната инфраструктура за ограничаване на този разход. Проблемата ще стане актуален при увеличаване размера на превозната дейност с неефективни ЕТС.

Единствено остава възможността за подобряване соф в депата. Евентуалните инвестиции може да се окаже, че са неоправдано големи. Преди да се пристъпи към действие е необходимо да се извърши техникоикономически анализ за всеки конкретен обект.

Отчитането и заплащането на рекуперативната енергия би могло значително да облекчи тяговия разход. От натрупаната до момента информация е видно, че до 30% от изразходваната енергия представлява върната такава от рекуперация на ЕМВ „Дезиро”. За отбелязване е фактът, че единствено БДЖ разполага с такива състави. Това обстоятелство изисква задължително въвеждане на система за отчитане на тази регенерирана енергия.

Целесъобразната използваемост на мощността на локомотивите също влияе върху електроенергийната ефективност. Това означава правилен подбор на локомотиви за съответните категории влакове. Използването на мощни локомотиви за пътническо движение води до реализиране на голям относителен разход за брутотон-километри.

Уплътняване нормата на товарните влакове не по-малко от 80% също ще доведе до подобряване на ефективността. Тук е мястото да се обърне внимание и на работата на помощните локомотиви. Голяма част от техния пробег се осъществява под формата на изолирано движение. При този вид движение локомотивите изразходват по 5 kWh електрическа енергия [1]. Цялостната стойността на помощното локомотивно движение е 1,92 пъти по-голяма в сравнение с влаковото движение. Всичко това показва важността на диспечерската служба и нейното влияние върху енергийната ефективност в железопътния транспорт.

### **Ограничаване на потреблението.**

Намаляване разхода на ел. енергия се постига и чрез мерки за ограничаване на потреблението. Такива възможности са:

- усъвършенстване режимите за водене на влак.

Постигат се чрез обучение на персонала, създаване на мотивираща среда, въвеждане на помощни технически средства за реализиране на оптимален режим за водене на влак. Тези мероприятия могат да доведат до икономия на ел. енергия над 10-15%.

- престой с вдигнат пантограф.

Продължителните престои трябва да се ограничават, като мярка за намаляване на разхода за ел. енергия без това потребление да е належащо. За целта е необходимо извеждането на трифазно захранване на местата за домуване. Направените изследвания в тази посока показват, че може да се намали потреблението до 8,33% при ЕМВ 30 и 31 серия. При този вид състави трябва да се определи и времето за работа на климатичните инсталации.

- временни намаления и нерегламентирани спирания.

Особено при товарните превози тези отклонения от графика за движение на влаковете, драстично намаляват ефективността им. За това се изисква строг контрол в експлоатационната дейност и въвеждане на ангажираност от страна на

инфраструктурата за своевременно премахване на временните ограничения на скоростта. При ниска скорост на движение мощността на загубите намалява малко, поради което коефициентът на полезно действие на локомотива намалява чувствително. Ето защо временните намаления по пътя и понижените скорости в междугарията се отразяват отрицателно на ефективността на ЕТС.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

От казаното до тук е видно, че при осъзнаване от всички служители на необходимостта от въвеждане на цялостна програма за устойчива ефективност на електропотреблението в железопътните превози би довело до намаляване на разхода за електропотребление дори над 30%. От друга страна не всички мерки са свързани с инвестиции, което показва, че в някои случаи организацията и контрола са също важен фактор за реализиране на устойчива ефективност. Разбира се не на последно място обучението и мотивацията на персонала биха гарантирали в голяма степен успешната реализация на цялата програма.

## **ЛИТЕРАТУРА:**

[1] Аврамов П. и др. Мениджмънт на енергийното стопанство. ВТУ „Т. Кablechkov”, София, 2007 (Avramov P. I dr. “Menidjmant na energiyното stopanstvo”, VTU “T. Kablechkov”, Sofia, 2007)

[2] Сариев И. и др. Шест стъпки към устойчива ефективност. ИК „Класика и стил” ООД, София, 2010 (Sariev I. I dr.,”Chest stapki kam ustoychiva efektivnost”, ИК “Klasika I stil” OOD, Sofia, 2010)

[3] Ангелова Р., Т. Гичев, Г. Чернева. Прогнозиране на месечното електропотребление, сп. "Математически форум", бр. 2, 2009, стр. 26-31

# RAIL MANAGEMENT IN ELECTRICITY CONSUMPTION

**Ilko Tapov, Georgi Pavlov**

[stsb\\_plovdiv@abv.bg](mailto:stsb_plovdiv@abv.bg), [g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport  
158 Geo Milev str., 1574 Sofia,  
BULGARIA*

***Key words:** energy efficiency, electric energy consumption, BDZ, traction schedules, program*

***Abstract:** The report will be examined and analyzed the main energetic parameters which determine the energy efficiency of electric vehicles and how they influence the whole Electric energy consumption in railway transport. Will also be offered comprehensive agenda for the realization of resistant efficiency of the electricity consumption in railway companies.*