

UOT 621.321

**DƏMİRYOL NƏQLİYYATI SİSTEMLƏRİNİN ENERJİ
TƏCHİZATINDA AĞILLI TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ****RZAYEV M.A.***Azərbaycan Texniki Universitet*
rzayevmurad1997@yahoo.com

Məqalədə elektrikləşdirilmiş nəqliyyat sistemlərində müasir energetik avadanlıqlarının çevik tənzimləyici xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq enerjiyə qənaət edən texnologiyaların inkişafının əsas istiqamətlərinə baxılır. Təklif edilmiş nəzəriyyə və fəaliyyət prinsipləri optimal çeviriciləri idarə etmənin qanunlarını anlamağa icazə verir, akkumulyatorlar və dartı elektrik qüvvəsi təchizatının sistemlərinə onların inteqrasiyası vaxtı yenilənən enerji mənbələriylə təmin edir. Tədqiqat minimallaşdırma və enerjiyə qənaət edən texnologiyalara əsaslı xərclərin azalması üçün lazımlı avadanlığın gücünün quraşdırılmasının imkanını açır. Həmçinin bütün hazırlanmış yanaşmaların uyğunluğu sistem effektini təmin edəcək.

Açar sözlər: ağıllı şəbəkələr, dartı şəbəkəsi, gərginlik monitorinqi, müqavimətli bölücü.

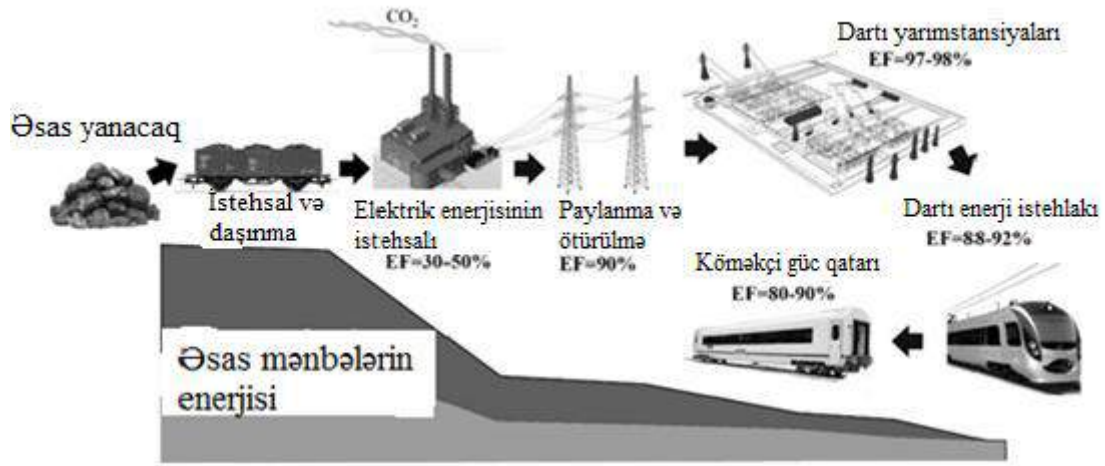
Dünya ölkələrinin nəqliyyat sistemi cəmiyyətdə, iqtisadiyyatda və təhlükəsizlikdə strateji əhəmiyyətə malikdir. Dəmir yolu nəqliyyatının üstün olduğu ölkələrdə nəqliyyat sistemi bütün daxili, beynəlxalq və tranzit yükdaşıma ehtiyaclarını təmin edir. Məsələn, Ukrayna dəmir yolları yükün təxminən 80% -i və sərnişin daşımalarının 50% -dən çoxunu idarə edir. Həmçinin, Ukrayna Dəmir Yolları Avrasiya qitəsi arasında dördüncü yeri tutur və Avropa ölkələrinə nisbətən 3-5 dəfə yüksək olan nəqliyyat sıxlığına malikdir. Elektrikləşdirilmiş dəmir yolu üçün dartı istehlakı bütün enerji ehtiyatlarının təxminən 80% -ni təşkil edir. Hazırda dəmir yolu nəqliyyatında enerjinin dəyəri 21-25% səviyyəsində qiymətləndirilir və artım tendensiyası var. [2]

Enerji sisteminin hər bir səviyyəsində enerjiyə qənaət tədbirlərinin həyata keçirilməsi, onların bütövlükdə fəaliyyətini optimallaşdıraraq sistemə yüksək təsirləri təmin edə bilər. Eyni şəkildə, dəmir yolu nəqliyyatında enerji itkilərinin azaldılması, elektrik stansiyalarının, elektrik paylayıcı şəbəkələrin və ötürücü xətlərin səmərəli işləməsini nəzərə alaraq əsas enerji dəyərini təxminən 3 ... 3.5 dəfə azalda bilər (Şək. 1). Bu halda, dəmir yolu nəqliyyatında tətbiq olunan enerjiyə qənaət texnologiyalarının ümumi təsiri onun alt sistemlərinin tərkib hissələrində enerjiyə qənaət potensialını aşacaqdır. Bu isə enerjiyə qənaət edən texnologiyaların sistemə təsiri. Dəmir yolu nəqliyyatı sistemində ötürülmə, çevrilmə, istehlak və enerji bərpası proseslərinin sistemli şəkildə təhlil olunmasının məqsədi, sistemin müxtəlif səviyyələrdə dəmir yolu nəqliyyatının enerjiyə qənaət problemi ilə məşğul olan bir çox bölməyə ayrılması ilə əldə edilə biləcəyini göstərir (Şək. 2). Bu alt sistemlər dartı elektrik təchizatı sistemi və sərnişin dəmir yolu anbarının elektrik təchizatı sistemidir.

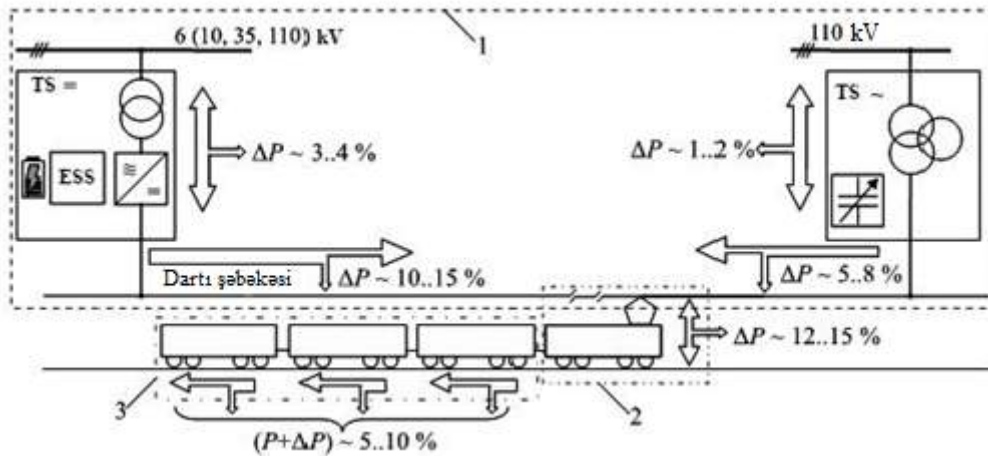
Şəkil 2-də enerjiyə qənaət texnologiyasından istifadə edilə bilən dəmir yolu nəqliyyat infrastrukturunda enerji itkilərinin potensial yerlərini göstərir. Dəmir yolu nəqliyyatında effektiv enerjiyə qənaət edən texnologiyaların infrastrukturunun və dəmir yolunun mövcud texniki vəziyyətinə uyğunlaşdırılmış şəkildə hərtərəfli həyata keçirilməsi aşağıdakı məsələlərin həlli üçün tələb olunur:

1. Dartı şəbəkəsində gərginlik rejiminin ağıllı idarə edilməsi.
2. Regenerativ tormoz rejimlərinin neyro-fuzzy nəzarəti.
3. Alternativ mənbələrlə enerji saxlama sistemləri.
4. Elektriklə işləyən nəqliyyat vasitələrinin birgə işləməsi.
5. Sərnişin dəmir yollarının təkmilləşdirilməsi üçün intellektual texnologiyalar.

Məqalədə dartı şəbəkəsində gərginlik rejiminin ağıllı idarə edilməsinin bəzi məsələlərinin həlli təqdim olunur.



Şək.1. Dəmir yolu nəqliyyatında elektrik enerjisinin ötürülməsi və paylanması sistemləri.



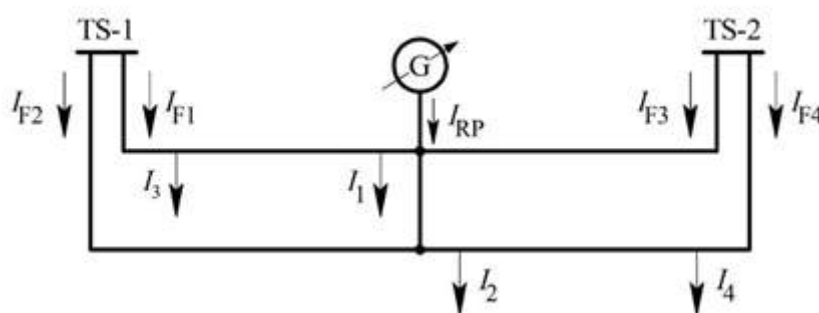
Şək. 2. Elektrikləşmiş dəmir yollarının alt sistemlərində enerji itkisi:

- 1 - elektrik təchizatı sistemi; 2 - elektrik dartı sistemi;
- 3 - vaqonların elektrik təchizatı.

Dartı enerji təchizatı sistemlərində enerji səmərəliliyi rejimi yaxşılaşdırılması iki fərqli elektriklişdirmə sistemləri (3 kV sabit və 25 kV-luq dəyişən cərəyan sistemi) kimi müxtəlif səbəblərə görə çətinləşdirilir; inzibati vahidlərin bölüşdürülməsinə uyğun olmayan dəmir yolu infrastrukturunda xidmət obyektlərinin paylanması; topdan bazarda enerji alışı və gərginlik rejimi üçün standart tələblər. Sabit cərəyan dartı təchizatı sistemlərində, effektiv təchizat

rejimi problemi enerji şəbəkəsində artıq gücü və lazımsız enerji itkilərinin məhdudlaşdırılmasıdır. Dəyişən cərəyan dartı sistemində, gərginlik rejimində itkilər enerji təchizatı cihazlarına əlavə yük yaradan lazımsız enerji axınlarına səbəb olar və həddindən artıq elektrik istehlakına gətirib çıxara bilər.

Məlum tədqiqat və inkişafdan ən vacib olan elektrik enerjisinin yenidən paylanması ilə idarə olunan dartı sistemidir. Bu, sistemin əhəmiyyətli tərkib hissəsi və təmassız avtomatik gərginlik tənzimləməsinə malik müasir cihazlardır. Bir çox müəlliflər ağıllı enerji təchizatı sistemində hər birinin real vaxt rejimində idarə edilməsini nəzərə almadan bu gücləndirici nöqtələri nəzərdən keçirir. Buna görə elektriklişdirilmiş dəmir yollarında enerji səmərəliliyinin artırılması, smart şəbəkə texnologiyalarının dərhal istifadəsi üçün mürəkkəb prosesdir. Yüksək texnologiyalardan istifadə etmək üçün nəzəri tədqiqatlar başa çatdırılmışdır ki, cari toqquşma məntəqəsindən (I_{RP}) asılılığını müəyyənləşdirmişdir və qatarların mövqeyi hər bir qatarın cari kollektorlarında nominal gərginlik səviyyəsini təmin edəcəkdir.



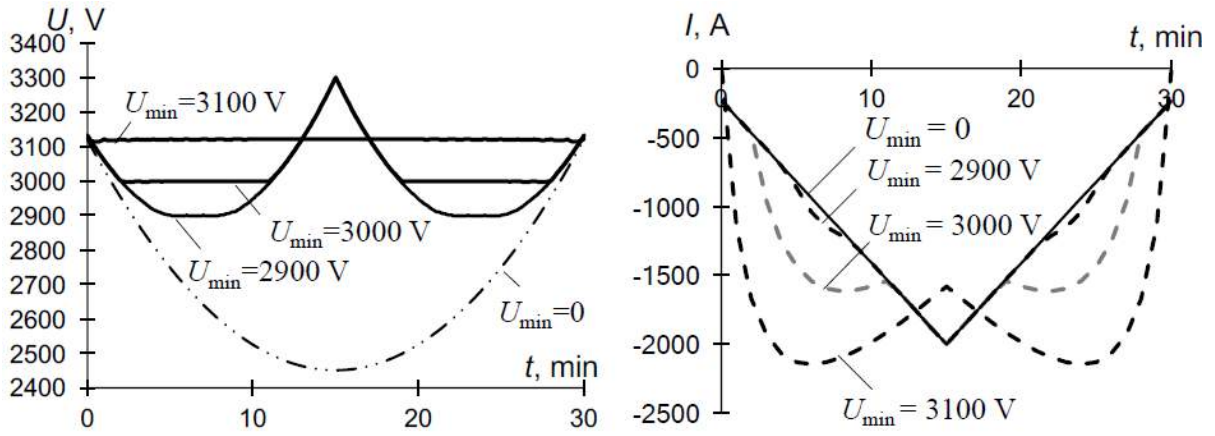
Şək. 3. Tənzimlənmiş gücləndirici nöqtəyə əlavə güc injeksiya dövrəsi.

Bu problemi həll etmək üçün optimal idarəetmənin formalaşdırılmasında dartı elektrik təchizatı hesablamasında enerji üçün məkan-zaman nümayəndəliyinin yanaşmaları hazırlanmışdır. Optimal idarəetmə ilə bağlı problemlər qəbul edilən riyazi model üçün zəruridir.

$$\Delta W(\vec{I}) = \frac{1}{L \cdot T} \int_0^T \int_0^L \left[\sum_{i=1}^k \Delta U_{Ki}(\vec{I}, t, x) \times \sum_{i=1}^k I_{Ki}(\vec{I}, t, x) \right] dx dt, \quad (1)$$

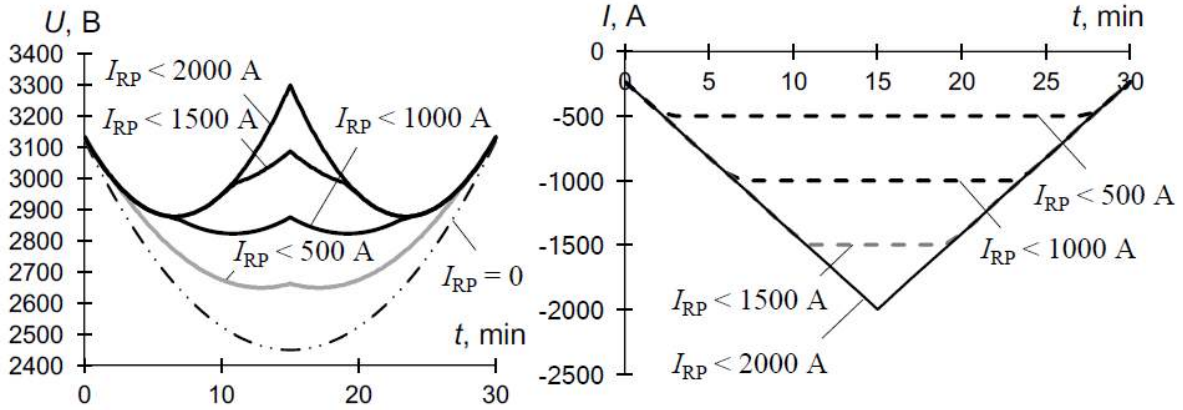
(1) -obyektiv funksiyanı minimuma endirmək gücləndirici nöqtənin mövcudluğunu müəyyən etmək üçün elektrik naqillərində hər bir gərginlik üçün məhdudyyətlər ilə $\Delta W(I) \rightarrow \min, U_{\min} \leq U_e \leq U_{\max}$ və hər bir cərəyan üçün gücləndirici nöqtə $I_{RP} \leq I_{\max}$ kimi götürülməlidir. [4,5]

İki tərəfli qidalanma sxemi üçün nümunədə aşağıda optimallaşdırma hesablamaları elektrik lokomotivlərində gərginliyin sabitləşdirilməsi və gücləndirici nöqtənin güc məhdudlaşdırılması ilə göstərilmişdir (Şəkil 4-5).



Şək. 4. Minimum gərginlik dəyərinin məhdudlaşdırılması üçün gərginlik stabilizasiya rejimində elektrik lokomotivinin (solda) və dayaq nöqtəsində (sağda) cərəyan axınları.

Nəticələrin müqayisəsi göstərir ki, ən kiçik enerji itkisi əlavə gücün məhdudiyyətsiz rejimində əldə edilə bilər. Hazırkı məhdudlaşdırıcı rejimdə kapital qoyuluşlarının ümumi dəyərinin azalması üçün, güc itkisinin 2-3 MVt-dan artıq olmaması nəzərə alınır. Beləliklə, dartı elektrik sistemində enerji itkilərinin azaldılmasında minimum təsir 40% təşkil edir və 1,5 MVt əlavə güc itkisi müşahidə edilmişdir.[1]

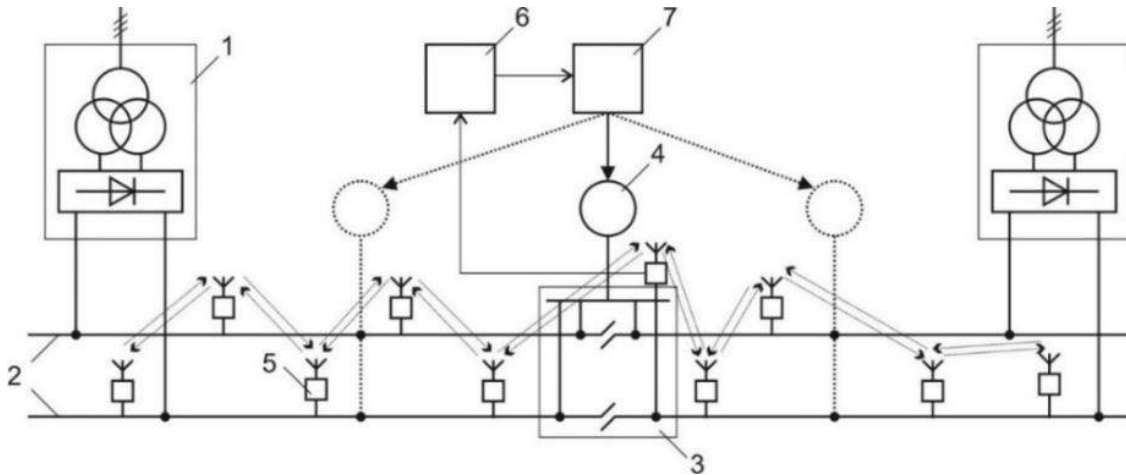


Şək. 5. Maksimum gücləndirici cərəyanının məhdudlaşdırılması üçün cərəyan qəbul edən elektrik ötürücüsünün və cərəyanların (sağda) cari limiti rejimində dayanan axıcı kollektorda (solda) gərginliklər.

Bundan əlavə, rayon üçün üç zona və gücləndirici nöqtə ilə tədqiqat aparılmışdır. Bu sxem bir intersubstasiya zonasının digərinə qarşılıqlı təsiri nəzərə alır. Qeyd edək ki, bir neçə zonanı əhatə edən kompleks sxemlər üçün ümumi hesablama vaxtı artır. Variantları hesablayarkən obyektiv funksiyanın məhdudlaşdırılmasından asılı olaraq nəticələr əldə edilmişdir. Bu vəziyyətdə enerji itkiləri qənaəti 40-60% arasında dəyişdi. Beləliklə,

gücləndirici nöqtələrlə nəzarət etmək bacarığı elektrik dartı sistemindəki idarəetmə rejimlərinin funksionallığını əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirir.

İnkişaf edən sistemin praktiki həyata keçirilməsi üçün məsafədə gərginliyin paylanması ölçülməlidir. Bu, sabit gərginlik ölçmə cihazları və simsiz interfeys vasitəsilə məlumatların ötürülməsi kimi həyata keçirilə bilər. Şəkil 6-da sinxron ölçmə prinsipləri ilə gərginlik monitoring sistemi göstərilir.



Şək. 6. Kontakt şəbəkəsində gərginlik üçün monitoring sistemi.

Gərginliyin ölçülməsi üçün müqavimətli bölücü tətbiq edilmişdir. Bölücünün çıxışına Atmega128RFA1 mikrokontrolleri birləşdirilib. Mikrokontrollərdə çox kanallı analoq-rəqəmsal çevirici və yüksək tezlikli radio ötürücü quraşdırılmışdır. Ölçmə cihazının düzgünlüyünü artırmaq üçün dördüncü kanal voltaj referansı və əməliyyat gücləndiricilərinin bir kaskadı istifadə edilmişdir. Əməliyyat gücləndiricilərinin hər biri birinci ölçü signalının diferensial gücləndirilməsi sxeminə daxil edilmişdir.

NƏTİCƏ:

Elektriklə işləyən nəqliyyatın dartı şəbəkələrində enerji itkilərinin səviyyəsinin 40-60% -ə qədər azalmasına imkan yaradan ağıllı sistemlər nəqliyyat vasitələrinin cari kollektorlarına müəyyən bir gərginlik səviyyəsini təmin etmək üçün hazırlanmışdır. Dəstəkləmə nöqtələrinin işlədilməsi nəzəriyyəsi və prinsipləri təklif olunur ki, onlar elektrik enerjisi istehsal sistemlərinə inteqrasiya edildikdə bərpa olunan enerji mənbələri üçün optimal nəzarət qanunlarına imkan verir.

1. *Guide for Wayside Energy Storage Systems for DC Traction Applications*. IEEE Std 1887-2017. Publ. 24.03.17. 50 p.
2. Босий, Д.О. Інтелектуальні системи в керуванні режимами систем тягового електропостачання електрифікованих залізниць. *Технічна електродинаміка*. 2015. No. 4. P. 76-80.

3. *Battistelli, L. & Ciccarelli, F. & Lauria, D. & Proto, D.* Optimal design of DC electrified railway stationary storage system. In: *International Conference "Clean Electrical Power 2009"* Capri. Italy, 2009.
4. *Идельчик В.И.* Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. *Федоров А.А., Каменева В.В.* Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

РЗАЕВ М.А.

В статье рассматриваются основные направления развития энергосберегающих технологий в электрифицированных транспортных системах с учетом гибких регулирующих особенностей современного энергетического оборудования. Предложенная теория и принципы функционирования позволяют понять законы оптимального управления преобразователями, аккумуляторами и возобновляемыми источниками энергии при их интеграции в системы тягового электроснабжения. Исследование открывает возможность установки мощности необходимого оборудования для минимизации и снижения капитальных затрат на энергосберегающие технологии. Также сочетание всех разработанных подходов обеспечит системный эффект.

Ключевые слова: умные сети, тяговая сеть, контроль напряжения, резистивный делитель.

APPLICATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SUPPLY OF RAILWAY TRANSPORT SYSTEMS

RZAYEV M.A.

The main directions of development of the energy-saving technologies in electrified transport systems are considered in the article with taking into account the flexible regulating features of modern power equipment. The proposed theory and principles of functioning allow understanding the optimal control laws for converters, accumulators, and renewable energy sources in their integration into traction power supply systems. Research opens the possibility of the installed power of the required equipment in minimizing and reducing the capital costs for energy-saving technologies. Also, combination of all developed approaches will provide the system effect.

Key words: smart networks, traction network, voltage monitoring, resistive divider.