

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI**

*Əlyazması hüququnda*

**NƏQLİYYAT VASİTƏLƏRİNİN İSTİSMARINDA  
ALTERNATİV ENERJİ MƏNBƏYİ**

İxtisas: 3340.01-Elektrotexniki sistemlər və komplekslər

Elm sahəsi: **Texnika**

İddiaçı: **Əfilə Həsənbala qızı Balayeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**BAKI - 2024**

Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elektromexanika kafedrasında yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər: texnika üzrə elmlər doktoru, professor  
**Eldar Mehdi oğlu Fərhadzadə**

Rəsmi opponetlər: texnika üzrə elmlər doktoru, professor  
XXXXXX

texnika üzrə elmlər doktoru, professor  
XXXXXX

texnika üzrə elmlər doktoru, professor  
XXXXXX

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universiteti nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: texnika elmləri doktoru, professor  
\_\_\_\_\_ **Nurəli Adil oğlu Yusifbəyli**

Dissertasiya şurasının elmi katibi : \_\_\_\_\_ texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Vahid Qara oğlu Fərhadov**

Elmi seminarın sədri: \_\_\_\_\_ texnika elmləri doktoru, professor  
**Rasim Əzim oğlu Səidov**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Yer kürəsində əhali sayının və elmi-texniki tərəqqinin durmadan inkişafı elektrik enerjisinə tələbatı daha da artırmaqdadır. İstilik və elektroenerji istehsalı üçün yerdən çıxarılan karbohidratdan istifadə olunması müasir dövrdə ekoloji nöqtəyi-nəzərdən böyük problemlər yaradır. Üzvi yanacaqların (kömür, neft, qaz və s.) intensiv olaraq sərfiyyatı onların ehtiyatının kifayət qədər tükənməsinə gətirib çıxarır. Bu, o deməkdir ki, insanlar qarşısında istilik və elektrik enerjisinin yeni, effektiv mənbəyinin işlənməsi və praktiki öyrənilməsi problemi durur.

İRENA-nın məlumat bazasına əsaslanaraq, 2050-ci ilə qədər dünya əhalisinin 70%-nin şəhərlərdə yaşayacağı gözlənilir. Eyni zamanda sərnişin daşımalarına tələbatın ikiqat artacağı təxmin edilir. Bütün bunlara nəzərən, iqlimə uyğun təklif və layihələrə ehtiyac, enerjiyə və xərclərə necə qənaət etmək problemləri yaranmaqdadır və bunlarla yanaşı, ətraf mühit üçün zərərli hesab edilə biləcək mənbələrdən istifadə edilməməsi, yeni texnologiyalara əsaslanaraq nəqliyyatın idarə olunmasında enerji xərclərinin azaldılması layihələri aktual məsələlərdən biridir.

Müxtəlif növ nəqliyyat vasitələrinin səmərəliliyinin artırılması, yanacağa qənaət mövzusu çoxsaylı alimlərin elmi əsərlərində öz əksini tapmışdır. Bu haqda dissertasiya işinin ədəbiyyat siyahısında verilmişdir. Lakin bu istiqamətdə müxtəlif konstruksiyaların hazırlanmasına baxmayaraq, ictimai nəqliyyat vasitələrinin səmərəliliyinin artırılması və yanacağa qənaət məqsədilə tormozlanmada yaranan mexaniki enerjiden AEM kimi istifadə edilməsi texnologiyasının işlənməsi və təkmilləşdirilməsi aktual məsələdir. Bu məsələlərin həlli dissertasiya işinin aktual olduğunu göstərir.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti:** İctimai nəqliyyat vasitələrinin istismarı zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevirilməsi, saxlanması və AEM kimi istifadə edilməsi.

**Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri:**

1. İctimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevrilməsi və saxlanılmasının funksional sxemini təklif və təhlil etmək;

2. İctimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması və elektrik enerjisinə çevrilməsi prinsipinin əsaslandırılması;

3. İctimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması texnologiyasını əsaslandırmaq;

4. İctimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılaraq elektrik enerjisinə çevrilməsi, saxlanması və AEM kimi istifadə edilməsinin funksional modelini qurmaq;

5. İctimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevrilməsi, elektrik enerjisinin saxlanması, AEM kimi istifadəyə imkan verən qurğunu layihələndirmək;

6. Marşrut üzrə nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan elektromexaniki çevirmənin hesabına elektrik enerjisinin toplanılması prosesinin eksperimental tədqiqatlarla qiymətləndirmək;

7. İctimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevrilməsi, saxlanması və istifadəsini təmin edən texniki interfeysinin funksional alqoritminin işlənməsi və eksperimentlərlə yoxlamaq;

8. Marşrut üzrə nəqliyyat vasitəsinin hərəkəti, tormozlanması, dayanacaqlarda dayanması, mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi və akkumulyatorlara doldurulması prosesinə nəzarət, onun idarə edilməsinin modelləşdirilməsi və kompüter şəbəkəsi ilə əlaqələndirmək.

**Tədqiqat metodları:** Dissertasiya işinin məqsədindən irəli gələn tədqiqat məsələlərinin həlli üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunmuşdur:

1. Analitik və praktik tədqiqatlar;

2. Riyazi və kompüter modelləşdirməsi;
3. Tətbiqi riyaziyyatın analitik və məntiqi metodları;
4. Dissertasiya işi üzrə model tədqiqatları və alınmış nəticələrin nəzəri müddəalarla müqayisəsi.

**Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:** Qoyulmuş məqsədə müvafiq olaraq dissertasiya işində aşağıdakı əsas məsələlər həll olunmuşdur:

1. Mövcud ictimai nəqliyyat vasitələrinin istismarı zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjiden elektrik enerjisinin alınması prinsiplərinin, üsullarının və modellərinin müqayisəli təhlili;

2. Tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerji mənbəyinin müəyyən olunması və onun ictimai nəqliyyat sisteminin layihəsinə əsasən təklif olunan qurğunun struktur sxeminin konstruktiv hissələrinin iqtisadi cəhətdən əsaslandırılması və seçilməsi;

3. Tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin təkər sistemindən xaric olunaraq nəql olunması prosesi;

4. Tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerji itkilərini nəzərə almaqla onun nəqli prosesinin keyfiyyətlə yerinə yetirilməsi;

5. Tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin mexaniki enerji toplusuna yüklənməsi;

6. Tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin mexaniki enerji toplusundan enerjinin çevrilmə zonasına ötürülmə prosesi;

7. Tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin elektromexaniki üsulla elektrik enerjisinə çevrilməsi və gələcək istifadəsi üçün akkumulyator bankalarına doldurulması prosesi;

8. İctimai nəqliyyatın marşrut üzrə hərəkəti, tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi və enerjinin toplanılması alqoritminin qurulması, idarə olunma və nəzarət prosesinin modelləşdirilməsi.

### **Tədqiqatın elmi yeniliyi:**

1. Nəqliyyat vasitələrinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün tormozlanma zamanı yaranan mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi, toplanılması və AEM kimi istifadəsini təmin edən qurğunun konstruksiyası işlənmişdir;

2. İctimai nəqliyyat vasitələrinin istismarı zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin 70% - ə qədər elektrik enerjisinə çevrilməsinə nail olunmuşdur;

3. Marşrut üzrə ictimai nəqliyyat vasitələrinin hərəkəti, dayanacaqların sayı, dayanacaqlarda dayanma müddəti müəyyən edilmiş və tormozlanma zamanı rekuperasiya nəticəsində yaranan elektrik enerjisinin akkumulyatorlara toplanılması prosesinin alqoritmi qurulmuşdur;

4. Marşrut üzrə ictimai nəqliyyat vasitələrində rekuperasiya prosesinin alqoritminin qraf sxemi qurulmuş, idarə olunma və nəzarət proseslərinin tədqiqi üçün riyazi və kompüter modelləri qurulmuşdur.

**Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:** Konstruktiv olaraq qoyulan məsələlərin yerinə yetirilməsi nəticəsində ictimai nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin elektromexaniki çevrilmə prosesinə nail olunması kifayət qədər elektrik enerjisinin əldə edilməsinə imkan yaradır. İctimai nəqliyyat vasitələrinin tormoz sistemində yaranan mexaniki enerjinin 70 % - nin elektromexaniki çevrilməsi nəticəsində alınan elektrik enerji alternativ enerji mənbəyi kimi qəbul edilə bilər. İqtisadi cəhətdən səmərəli olan tormoz sistemindən alınan elektrik enerjisindən AEM kimi istifadə etməklə ictimai nəqliyyatın idarə olunmasına nail olmaq olur.

**Müəllifin şəxsi iştirakı:** Dissertasiya işində məsələnin qoyulması, qurğunun konstruksiyasının işlənməsi, təcrübənin aparılması, alınmış nəticələrin təhlili, ümumiləşdirmələr şəxsən müəllifin özü tərəfindən yerinə yetirilmişdir.

**İşin aprobasiyası və tətbiqi:** Dissertasiyanın mövzusu üzrə 19 elmi əsər dərc edilmişdir. Bunlardan 9- u məqalə, 10 - u konfrans materialıdır, (3 konfrans materialı xaricdə, 3 məqalə Rusiya Ali Attestasiya Komissiyasının tövsiyə etdiyi jurnallarda, 1 məqalə isə həmmüəllifsiz **jurnal kvartili (Q1)**, **Elsevier** nəşri olan **Scopus**, **Web of Science** və **E - libraru** indeksli dövri nəşrdə nəşr olunmuşdur. Əsərlərin 8-i həmmüəllifsizdir.

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi Sumqayıt Dövlət Universitetinin Elektromexanika kafedrasında yerinə yetirilmişdir. Dissertasiya işində işlənmiş konstruksiya əsasında hazırlanmış qurğu Sumqayıt Şəhər İcra hakimiyyətinin Başçısının

Yanında Sumqayıt Avtomobil Nəqliyyatı ilə Sərnişindaşıma idarəsinin tabeçiliyində olan Təmir mərkəzində sınaqdan keçirilmiş və bu haqda Tətbiq aktı alınmış, bununla yanaşı riyazi və imitasiya modelləşdirmələrinin nəticələri Bakı 6 sayılı marşrut göstəriciləri üzrə kompüter eksperimentləri ilə aparılmışdır.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, əsas nəticələr və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 153 səhifə, o cümlədən, 46 şəkil, 3 cədvəl və 145 sayda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi: giriş hissəsi 18963 işarə; I fəsil 31849 işarə; II fəsil 40770 işarə; III fəsil 61358 işarədən; IV fəsil 18489; əsas nəticələr 3907 işarədən və dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: 175336 işarədən ibarətdir.

## İŞİN QISA MƏZMUNU

**Girişdə** işin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın obyektı və predmeti məsələləri araşdırılmış, işin məqsədi və vəzifələri müəyyən edilmiş, tədqiqatın metodları göstərilmiş, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar şərh olunmuş, alınmış elmi yeniliklər, işin praktiki əhəmiyyəti və nəticələrin tətbiqinə baxılmış, işin apropasiyası və qısa məzmunu verilmişdir.

**Birinci fəsildə** müqayisəli təhlillər əsasında nəqliyyat vasitələrinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi, istismar zamanı yanacağa qənaət etmək məqsədilə müasir texnologiyalara əsaslanan, müxtəlif konstruksiyalı sistem və şəbəkələrdən istifadə olunaraq rekuperativ tormozlanmadan istifadəsi üçün mövcud modellər araşdırılmış və yeni işlənmiş elektromexaniki çevirmə qurğusunun konstruksiyası təqdim edilmişdir.

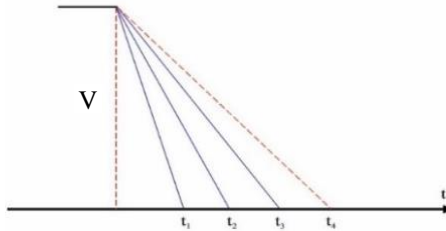
İlkin olaraq şəhər daxili nəqliyyat vasitəsi olan avtobus nəqliyyatında tormozlanma zamanı nəzərə alınacaq enerjinin miqdarı-həcmi

həqiqətə uyğun qiymətləndirilir və bu halda məsələnin başlanğıcı və sonu təxminən müəyyənləşdirilir. Bu müəyyənləşdirilməyə əsasən görülən işlərin zəruriliyi təyin edilir - konstruktiv işlənmənin bütün bölmələri haqda tam məlumatlar işlənir, əldə olunan mənfəət təhlil edilir. Məlumatların toplanması prosesində nəqliyyat vasitəsinin hansı məkanda nə qədər hərəkətdə olması, ümumiyyətlə bu nəqliyyat vasitələrinin olduqları sahədə onların sayı və eyni zamanda güc xarakteristikaları əldə edilir. Tədqiqatlarda layihənin faydalılığı təxmini olaraq müəyyənləşdirilir. İlkin formada əməliyyatların ardıcılığı təxminən aşağıdakı kimi nəzərdə tutulur:

-qısa müddətli tam tormozlanma şəraitində mexaniki enerjinin həcmi (bu həcm  $V$  sürətinə mütənəsibdir, əsasən tormozlanma sistemində tormozlayıcı mexanizmlərin təsiri ilə əlaqədardır). Mexaniki enerjinin həcmi aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

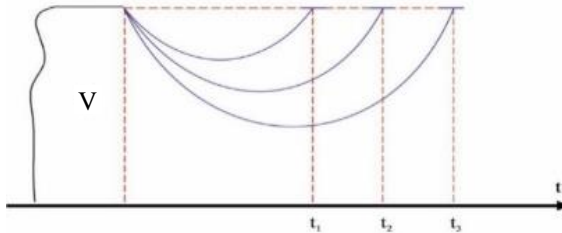
$$P_{mex.} = f(t) \quad (1)$$

Mexaniki enerjinin maksimum qiyməti  $P_{maks.}$   $t=0$  zamanına uyğundur (şəkil 1, 2). Həqiqətdə həm  $P_{mex.}$  həm də  $t$  parametrləri nəqliyyat vasitəsinin çəkisindən və tormozlanma rejimindən asılı olurlar.



**Şəkil 1. Tam tormozlanmada nəqliyyat vasitəsinin sürətinin zamandan asılılığı**

$V$  - nəqliyyat vasitəsinin sürəti,  $t$ -zaman



**Şəkil 2. Yüngül formalı tormozlanmada sürətin zamandan asılılığı**

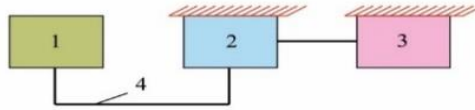


## V - nəqliyyat vasitəsinin sürəti, t-zaman

**İkinci fəsildə** ictimai nəqliyyat vasitələrinin tormoz sistemində yaranan mexaniki enerjinin toplanılması və elektrik enerjisinə çevirilməsi üçün texniki vasitələrin seçilməsi və bu qurğunun komponentlərinin struktur və konstruktiv sxeminin qurulması məsələlərinə baxılmışdır.

Analiz nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, ictimai nəqliyyat vasitələrinə (xüsusən avtobus təsərrüfatı) baxdıqda onların iş rejimində tez-tez tormozlanmalar (sürətin ya azalması və ya dayanması) diqqəti cəlb edir. Əlbəttə bütün hallarda tormozlanma müəyyən yanacaq itkisi tələb edir. Tormoz sistemi işə düşdükdə nəqliyyat vasitəsinin dayanma istiqamətinə yönələn enerjini hər hansı bir sistemə göndərmək faydalı iş əmsalının artımına yönəlir.

Elektromexaniki çevirmə sisteminin struktur sxemi şəkil 3-də göstərilmişdir.



### Şəkil 3. Elektromexaniki çevirmə sisteminin struktur sxemi

1-nəqliyyat vasitələrinin təkər qurğusu; 2-mexaniki enerji toplayıcısı; 3-elektrogenerator; 4-tros

Sistemdə iki sahə - məkan öz funksiyalarını yerinə yetirir. Birinci sahə arxa təkərlərin tormoz elementidir ki, buraya iki dayaq və mexaniki enerjini toplayıcı elementə aparan tros, ikinci sahəyə isə mexaniki enerjini elektromexaniki çevirmə vasitəsilə elektrik enerjisinə çevirən sistem daxildir.

Təklif olunan elektromexaniki çevirmə qurğusunun konstruksiyasında gedən proseslər aşağıdakı kimidir:

Nəqliyyat vasitələrinin dayanması və ya sürətin azalması komandası verildikdə fırlanan təkər konstruksiyası ilə tormozlayıcı disk arasında mexaniki möhkəm əlaqə yaranır.

Mexaniki enerji toplayıcısının dolma dərəcəsindən asılı olaraq tormozlayıcı diskin dönməsi baş verir (maksimal dönmə  $\pi/2$  - toplayıcıda enerji ehtiyatı olmadıqda); mexaniki enerji toplayıcısının

yayları sıxılaraq enerji ehtiyatını (həcmi) artırırırlar.

Tormozlanma prosesi sona yetən anda tormozlayıcı disk azad olur və tros onun geri qaytarılmasını mexaniki enerji toplusunda əlavə olaraq qoyulmuş qaytarıcı yay vasitəsilə qaytarır; növbəti toplanma baş verir; sonrakı tormozlanmada mexaniki enerji toplayıcısı yenidən işə başlayır. Növbəti paralel təsir edən proses toplanmış mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi prosesidir.

Mexaniki enerji toplayıcısının əsasını disk sistemi təşkil edir ki, yay sisteminin bərkidildiyi disk, trosla sərbəst hərəkət edən mufta, əsas dayaq və dişli tutucu vasitəsilə əlaqələndirilmişdir.

Tormozlayıcı disk vasitəsilə hərəkətə gələn trosun təsirindən mexaniki enerji toplayıcısının elementi müəyyən bucaq altında dönür, tormozlanma yox olan kimi tros və tormozlayıcı disk qaytarıcı yayla (yay ancaq tormozlayıcı disk və trosun qaytarılmasına hesablanır) öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdır.

Toplayıcının mexaniki enerji ilə yüklənmiş diski elektrik generatorunun işləməsinə şərait yaradır. Elektrik generatorunun fırlanma tezliyini müəyyən qiymətə çatdırmaq üçün dişli çarx sistemi tətbiq edilmişdir. Enerji, mexaniki enerji toplayıcısında yayların sıxılması hesabına yığılır.

Yayların açılması ilə yaranan hərəkətmə uzunluğu, generatoru işlədə biləcək hərəkət uzunluğu ilə uzlaşır. Oudur ki, dişli çarxlar sistemi vasitəsilə yayların açılması yüksək tezlikli fırlanma yaradır.

Mexaniki enerji toplayıcısının yaratdığı momentlə elektrik generatorunun normal işini təmin edən momentlər, toplayıcının maksimal həcmində bir-birinə bərabərdir və akkumulyator bankalarının tam qoşulması halında maksimal moment mübadiləsi gedir.

Akkumulyator bankaları tam dolduqdan sonra idarə edicinin komandası ilə elektrik enerjisi starter - mühərrikə (işə salma və aparıcı mühərrik funksiyalarını yerinə yetirir) verilir və nəqliyyat vasitəsi DYM-siz hərəkətini davam etdirir.

Mexaniki enerjinin nəqlində iki konstruktiv elementin vacibliyi göstərilmişdir:

1) mexaniki enerjinin tormozlanma sistemindən nəql olunması üçün əməliyyatın əldə edilməsi;

2) mexaniki enerjinin nəql olunması üçün konstruksiyanın işlənməsi.

Təklif olunan elektromexaniki çevirmə qurğusunun iş prinsipi nəqliyyat vasitəsinin dayanacaqlarda dayanması və ya sürətinin azaldılması üçün icra olunan funksiyalarla əlaqədardır. Bu prosesdə tormozlanma zamanı yaranan mexaniki enerji tormozlanma diskinə verilir. Müasir texnologiyalara əsasən tormozlayıcı disk nəqliyyat vasitəsinin gövdəsinə bərkidilmişdir<sup>1</sup>.

Təqdim edilən qurğunun konstruksiyasında tormozlayıcı disk arxa təkər körpüsünün oxu boyunca  $\pi/2$  bucaq qədər dönmə bilmə xüsusiyyəti olan konstruksiyaya malikdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, dönmə bucağının qiymətinin artırılıb və azaldıla bilmə imkanı nəqliyyat vasitələrinin konstruktiv xüsusiyyətlərindən asılıdır.

Dönmə bucağı aşağıdakı amillərdən asılıdır:

- ictimai nəqliyyat vasitəsinin tutumundan;
- ictimai nəqliyyat vasitəsinin sürətindən;
- ictimai nəqliyyat vasitəsinin tormozlanma intensivliyindən;
- mexaniki enerji toplayıcısında real toplanan enerjinin

həcmindən və s.

Nəqliyyat vasitəsində tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması üçün hər bir təkərin tormozlanma sistemində gövdə səthi ilə tormoz diski arasında əlavə element yerləşdirmək lazımdır ki, tormozlanmada yaranan mexaniki enerji hərəkət elementinə çevrilsin, belə ki, bu hərəkətin təsiri nisbi olaraq mexaniki enerjini ifadə edəcək və hərəkətli element kimi təkər sistemindən xaric olması mümkün olacaqdır. Bu elementə yığılan mexaniki enerjinin həcmi 90 - 95%-ə yaxın olur. Təqdim olunmuş konstruktiv elementin maksimal qüvvə şəraitində val üzərində hərəkəti təxminən  $\pi/2$  bucağından artıq olmamalıdır (kəskin tam tormozlanma zamanı elementin maksimal dönməsi  $\pi/2$  qədər olur).

Təkərlərin tormoz sistemində yerləşmiş elementdən mexaniki enerjini istifadə nöqtəsinə nəql etmək üçün böyük güc təsirinə dözən

---

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения / Уч., Б.М. Базров. - М.: - Инфра-М, - 2019, - 492 с.

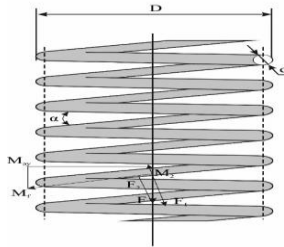
və enerjinin itmədən istifadə məkanına çatdırılması prosesində istifadə olunan sistem elə olmalıdır ki, enerji itkisi az həcmdə olsun. Əlbəttə, proses bərk və ya yumşaq ötürücülərdən istifadə etməklə yerinə yetirilə bilər: ayrı-ayrı sahələrdə diametral və ya üçbucaq-dördbucaq en kəsikli polad çubuqlardan, zəncirvari polad iplərdən, yumşaq konstruksiyaya malik trosarlardan istifadə etmək olar.

Təklif olunan konstruksiyada “Mexaniki enerji toplusu”nda vintvari sıxılmaya və dartılmaya işləyən vintvari yayların istifadəsi məqsəduyğun sayılmışdır<sup>2</sup>.

Standarta görə (ГОСТ 13766-68) №575 dərəcəli 1-ci sinif yay seçilir<sup>2</sup>. Bu yay üçün  $F_3=10510,5H$ ;  $d=15 \text{ mm}$ ;  $D_x=105 \text{ mm}$ ; Bir sarğının bərkliyi  $C_1=610 \text{ H/mm}$ ;

Proses zamanı yayın istənilən en kəsiyində F qüvvəsi, ox boyunca istiqamətlənmiş olur və eyni zamanda yayın oxuna perpendikulyar istiqamətdə  $M=FD/2$  momenti yaranır. F qüvvəsi  $F_1=F\cos\alpha$  - eninə (qüvvənin x oxu üzərindəki proyeksiyası) və  $F_2=F\sin\alpha$  uzununa (qüvvənin y oxu üzərindəki proyeksiyası) ayrılır.

M fırladıcı və əyici momentləri yayın sarğısının oxu boyunca və ona perpendikulyar istiqamətdə yaranırlar (şəkil 4).



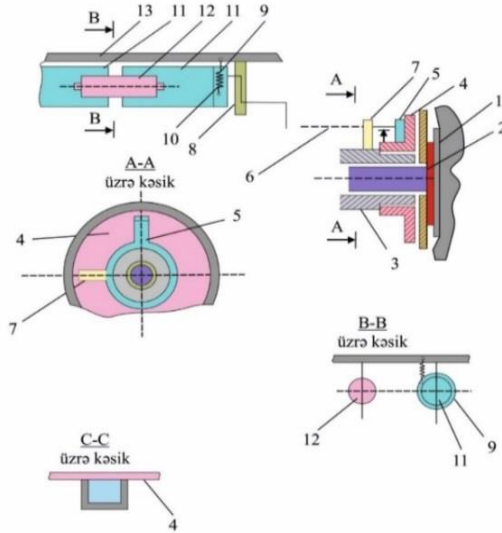
**Şəkil 4. Seçilmiş yay konstruksiyasının işində yaranan qüvvələrin istiqamətləri**

Fırladıcı moment  $M_f=FD \cos\alpha/2$ ; Əyici moment  $M_o=FD \sin\alpha/2$   
Hesablamalar göstərir ki, sürüşmə gərginliyinin toxunma qiyməti fırladıcı gərginliyin toxunma qiymətindən xeyli aşağıdır. Bu

<sup>2</sup> Джэф Дэниэлс. Современные автомобильные технологии. Машиностроение, - 2017, - 238 с.

səbəbdən yayın hesabının sadələşdirilməsi üçün fırladıcı moment  $\cos\alpha=1$  qəbul edilərsə,  $M_f=M_p=FD/2$  olar.

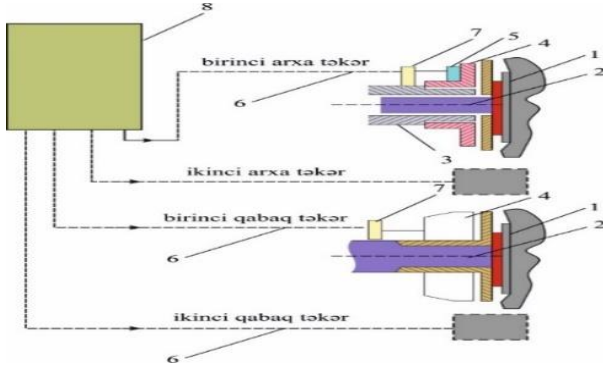
Layihə edilmiş elektromexaniki çevirmə qurğusunun konstruktiv sxemi göstərilmişdir. Sxemdə konstruksiyada istifadə olunan konstruktiv elementlərin kəsikdə görünüşləri verilmişdir (şəkil 5).



**Şəkil 5. Elektromexaniki çevirmə qurğusunun konstruktiv sxemi**

- 1-arka təkər; 2-ox; 3-köynək; 4-tormoz diski; 5-çıxıntı; 6-tros;  
 7,8-dayaq;9-sərbəst hərəkət muftası; 10-qaytarıcı yay;  
 11-mexaniki enerji toplusayıcısı; 12-elektrogenerator; 13-bort

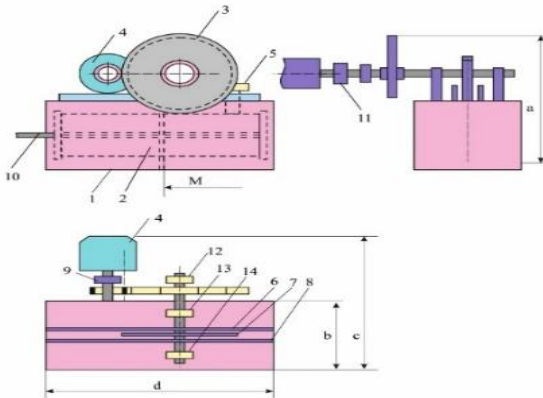
Bütün təkərlərdən tros vasitəsilə tormozlanmada yaranan enerjinin təxminən 85 - 90 %-i mexaniki enerji toplusuna daxil olur. Bu enerjinin 10 - 15 % tormoz diskinə və trosun fəaliyyəti zamanı dartılmaya sərf olunur. Tormozlanmada yaranan enerjinin kiçik bir hissəsi göstərilən diskdə, qalan hissəsi isə əsas təkərlərin tormoz zonasında yerləşdirilmiş trosun hərəkətinə sərf olunur. Tros tormoz diski və əsas enerji toplanan yerə-mexaniki enerji toplusuna tormoz enerjisini nəql edir (şəkil 6).



**Şəkil 6. Tormozlanmada yaranan enerjinin enerji toplusuna nəqli sxemi**

1-təkər; 2-ox; 3-köynək; 4-tormoz diskisi; 5-yan çıxış; 6-tros;  
7-gövdə; 8- mexaniki enerji toplusu

Tormozlanma zamanı yaranan mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilmə prosesində istifadə olunan işçi və konstruktiv elementlər əsasında yaradılmış qurğunun konstruksiyası və onların ifası göstərilmişdir (şəkil 7).



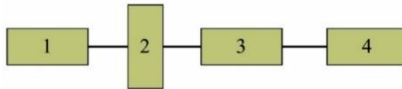
**Şəkil 7. Tormozlanmada yaranan mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirən qurğunun konstruktiv ifası**

1-gövdə; 2-işçi yay; 3-dişli çarx; 4-generator; 5-dişli sürüngəc;

6,8-sürüngəcin çərçivəsi; 7-sürüşgən dişli ötürücü; 9-sərbəst hərəkət muftası; 10-tros; 11-mufta; 12,13,14-yastıqlar. a,b,c,d-qabarit ölçüləri tam layihələndirmədən sonra məlum olur.

**Üçüncü fəsil**də nəqliyyat vasitəsinin istismarı zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevirmə prosesi, mexaniki enerji toplayıcısının iki müstəvidə yerləşdirilməsi, yayın xarakteristikalarının təyini və tədqiqi aparılmışdır. Tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin çevrilməsi prosesində stabilləşdirmə, generatorda yaranan itkilərin təhlili, f.i.ə alqoritmi qurularaq, qurğunun ümumi f.i.ə hesablanmış və istehsal olunan elektrik enerjisinin saxlanması və ondan AEM kimi istifadə edilməsi məsələləri həll edilmişdir.

Layihə olunan konstruksiya texniki qurğu kompleksi olub, özündə mexaniki enerji toplusu ilə elektrik generator sistemi arasında yerləşdirilmiş reduktor, ötürülmüş mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirən elektrik generatorunu birləşdirir. Mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevirmə effektivliyi generatorla yerinə yetirilmədə 80÷90% təşkil edir. Avtonom kiçik güclü çevirici aşağıdakı elementlərdən ibarətdir: mexaniki enerji ötürücüsü, reduktor, generator, akkumulyator batareyası (şəkil 8).

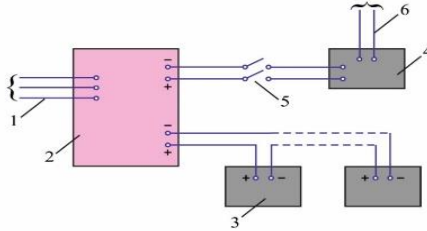


**Şəkil 8. Elektromexaniki çevirmə qurğusunun əsas struktur sxemi**

1-mexaniki enerji ötürücüsü, 2-reduktor, 3-generator, 4-akkumulyator batareyaları

Mexaniki enerji toplusunun yayı ilə əlaqədə olan ötürücü mexaniki enerjini reduktora ötürür. Reduktor müxtəlif diametrlili dişli çarxlar vasitəsilə daxil olan müəyyən fırlanma tezliyinə malik mexaniki enerji ötürücüsünü generatorla birləşdirir ki, burada elektrik enerjisi istehsal olunur. Hasil olunan elektrik enerjisi batareyalara

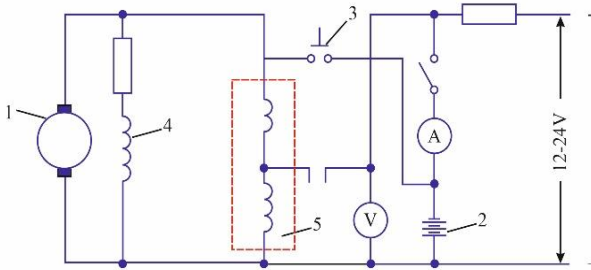
yığılır. Mürəkkəb konstruksiyalı böyük güclü xüsusi avtomobillərdə hər hansı bir vacib avadanlıq olarsa, akkumulyatorda yığılmış gərginliyin dəyişən cərəyana çevrilməsi tələb olunur ki, onun dəyişdirilməsi üçün konstruksiyaya inverter daxil edilir (şəkil 9).



**Şəkil 9. Elektrik enerji şəbəkəsinin sxemi**

1-generatorla əlaqə naqilləri (sinxron və asinxron generatorlar),  
2-nəzarətçi paylayıcı, 3-akkumulyator bankaları, 4-inverter, 5-açar,  
6-dəyişən cərəyan mənbəyi

Layihə olunan konstruksiyada mövcud generatorların qurğuda iş prosesindən asılı olaraq onların xüsusiyyətləri və xarakteristikaları araşdırılmışdır. Qurğuda sabit cərəyan generatorundan istifadə daha əlverişlidir, çünki bu cür sistemdə heç bir çevirmələrə yol verilmir<sup>3</sup>. Normal iş şəraiti (1÷3) kVt güclərdə olur ki, bu layihə olunan konstruksiyaya üçün əlverişlidir (şəkil 10).



**Şəkil 10. Sabit cərəyanlı yükləmə komutasiya sxemi**

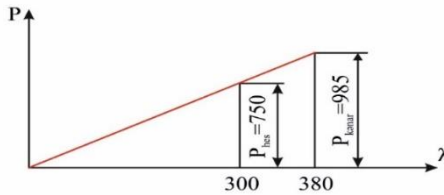
1-generator, 2-batareya, 3-işəsalma düyməsi; 4-təsirlənmə dolağı,  
5-əks cərəyan reləsi

<sup>3</sup> Усольцев А.А. Электрические машины. Санкт- Петербург: НИУ ИТМО,- 2013, - 416 с



Generatorun fasiləsiz işinin təmin edilməsi enerjinin ötürülmə müddəti ilə əlaqədardır. Yaya sərf olunan gücü saxlamaqla onun uzunluğunu artırmağ üçün  $N$  saylı yayların ardıcıl və dairəvi yerləşdirilməsi lazım gəlir.

Nəzərə alsaq ki, buraxıla bilən hədlər daxilində ( $P_{hes}$ ) yükü yayın hər bir addımının qeyri-bərabərdir və bu zaman yayın xətti xarakteristika üzrə işini təmin etmək üçün kənar yük ( $0,8 \div 0,9$ )  $P_{kənar}$  - olması zəruridir. Hesablanmış yükə görə yayın xarakteristikası Şəkil 11- də göstərilmişdir.



**Şəkil 11. Hesablamalara əsasən işlənmiş yayın xarakteristikası**

Prosesdə yayların sıxılması hesabına mexaniki enerjinin toplanması baş verir. Yayın açılmasındakı mexaniki enerjinin işlənmə müddəti layihə olunan qurğuda əsas parametrlərdən biridir. Bu parametri artırmaq üçün yayın uzunluğunu artırmaq lazımdır. Yayın tam sıxılaraq açıldıqdan sonrakı uzunluq artımı:

$l = l_a - l_y$  burada  $l_a$ - yayın tam açılmış uzunluğu;  $l_y$  - yayın yük altında tam yığılması, nəticə olaraq sıxılmada toplanmış mexaniki yük:

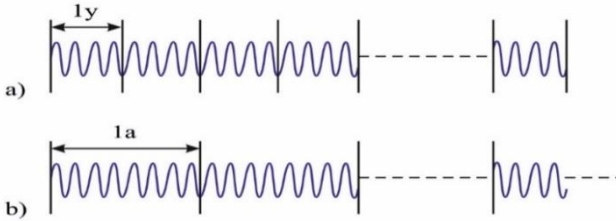
$$\sum P_{mex.s} = NP_{mex.y} \quad (2)$$

burada  $P_{mex.y}$ - ardıcıl qoşulmuş bir yayın mexaniki yükü;  $N$  - ardıcıl qoşulmuş yayların sayıdır.

$\sum P_{mex.s}$  yükünün təsirindən sıxılmış yayların təsir dairəsindən yük götürüldükdən sonra, yayların açılmağa doğru təsiri artıq enerjinin çevrilməsi sisteminə ötürülür. Yəni

$$\sum P_{mex.s} \approx \sum P_{mex.a} \quad (3)$$

burada  $P_{mex.a}$  - sıxıcı yük götürüldükdə yayların açılmasında əldə edilən yüküdür. . Yayların qoşulma sxemi şəkil 12-də verilmişdir.



### Şəkil 12. Yayların qoşulma sxemi

- a) Yayın yükün təsirindən yığılması;  
b) Yayın yük götürüldükdən sonra açılması

Mexaniki enerji toplayıcısında enerjinin toplanma həcmi artırmaq və elektrik generator sisteminə ötürülmə zamanını uzatmaq və yayların yerləşdiyi məkanın uzunluğunu artırmaq məqsədilə yaylar ikinci müstəvidə də yerləşdirilir.

Trosların ötürdüyü yük istənilən halda birinci və ikinci təkərlərin mexaniki yüklərinin cəminə ( $P_{mex.t1}$ ,  $P_{mex.t2}$ ) bərabər olacaqdır. Əvvəlcə bu hal tormozlayıcı diskin dönmə bucağı daxilində baş verəcəkdir. Qabaq təkərlərin tormoz enerjisinin toplanma bilməsi istiqamətində layihələndirmə işləri aparılır.

$$P_{mex.s} = P_{mex.t1} + P_{mex.t2} \quad (4)$$

Burada əsas elementlərdən biri mexaniki enerji toplayıcısının həcmi alınmasıdır. Əgər mexaniki enerji toplayıcısının ardıcıl qoşulmuş yaylar sistemi bir neçə paraleldə yerləşdirilirsə trosun dartılması üçün konstruktiv yaxınlaşma aparılmalıdır, yəni tormozlayıcı diskin dönmə bucağı ilə dişli yarım diskin dönmə bucağı arasında 1:1 nisbəti olmalı və 1:K nisbətində ( $K > 1$ ) keçilməlidir. Deməli, aşağıdakı nisbət əldə edilməlidir:

$$K = \frac{\alpha}{\pi/2} \quad (5)$$

burada  $\alpha$ - dişli yarım diskin dönmə bucağı,  $\pi/2$  - tormozlayıcı diskin maksimum dönmə (qəbul edilmiş) bucağıdır.

Konstruktiv olaraq hesablamalar və mülahizələr nəticəsində qərara

alınmışdır ki,  $K=1\div 2$  nisbəti qənaətbəxşdir.  $K > 2$  nisbətinin qəbulu konstruksiyada müəyyən qədər mürəkkəbliyə yol açır ki, buda konstruksiyanın maya dəyərini artırmış olur.

Layihə zamanı ardıcıl qoşulmuş və tormozlanma enerjisi ilə sıxılmış yayların açılmağa doğru yaradılan enerjisindən istifadə etmək üçün, konstruksiyada sərbəst hərəkət muftasından istifadə olunmuşdur. Belə ki, mexaniki enerji toplayıcısının yaylarında sıxılma prosesi muftanın bir təsir zonasında, fırlandırıcı momentin təsiri isə digər elementdə cəmləşir<sup>4</sup>.

Elektrik generatoruna hərəkətin ötürülməsi prosesi böyük ötürmə ədədi vasitəsilə yerinə yetirilir:

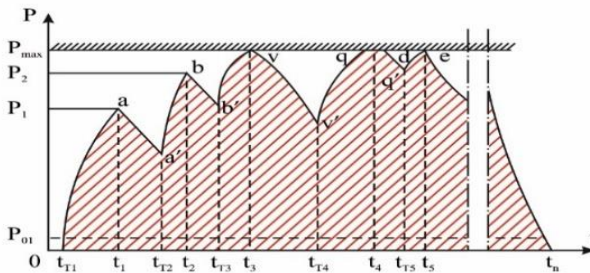
$$k = k_1 \cdot k_2 \quad (6)$$

burada  $k_1$ -mexaniki enerji paylayıcısının dişli yarımdiskinin diametrinin ( $d_t$ ) sərbəst hərəkət muftasının valındakı dişli çarxın diametrinə ( $d_v$ ) olan nisbəti;  $k_2$  - ötürücü dişli çarxın diametrinin ( $d_ö$ ) elektrik generatorunun valında qoyulmuş dişli çarxın diametrinə ( $d_g$ ) olan nisbətidir:

beləliklə  $k_1 = \frac{d_t}{d_v} = \frac{400}{50} = 8$ ;  $k_2 = \frac{d_ö}{d_g} = \frac{400}{50} = 8$  olur. Deməli ümumi ötürmə

ədədi:  $K = K_1 K_2 = 8 \cdot 8 = 64$  olacaqdır.

Tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması prosesi və zamandan asılı olaraq yükün yığılma qrafiki şəkil 13-də verilmişdir.



**Şəkil 13. Mexaniki enerjinin toplanmasının zamandan asılılıq qrafiki**

$t_1, t_2, t_3, t_4$ - tormozlanmanın dayandığı zamanlar;

$t_{r1}, \dots, t_{r5}$ -tormozlanmanın başlanğıc zamanları.

<sup>4</sup> Молотников В.Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивления материалов / Учебное пособие. В.Я. Молотников. – СПб.: Лань, - 2012, - 608 с

Proses aşağıdakı qaydada yerinə yetirilir:

Birinci tormozlanmada ( $t_{T1}$ ) yayları sıxan qüvvə tros vasitəsilə ötürülür. Trosun birbaşa yaylara təsiri ilə 1-ci sıxıcı qol hərəkətə gələrək bir qədər yayların sıxlaşma istiqamətində hərəkət edir ( $t_{T1}$ - $t_1$ -zaman məsafəsində),  $t_1$  anında tormozlanma prosesi dayanır ( $a$ -nöqtəsi). Artıq bu andan, yəni  $t_1$  zamanından generator istiqamətində qüvvə ötürülür ki, yayların sıxılma qüvvəsi yavaş - yavaş azalır.

Növbəti tormozlanma anı  $t_{T2}$  - dir ki, burada da yaylar yenidən sıxılırlar; yeni mexaniki enerji sistemə daxil olur. Daxil olma müddəti  $t_{T2}$ -dən  $t_2$ -yə qədərdir.

Beləliklə, tormozlanma zamanı yayların sıxılması, yəni mexaniki enerjinin toplanması prosesi gedir ( $t_{T1}$  -  $a$ ), ( $t_{T2}$  -  $b$ ) və s. Tormozlanma dayandıqdan sonra isə mexaniki enerjinin sərfiyyatı ( $a$  -  $a'$ ,  $b$  -  $b'$  və s.) dövrü təsir göstərir.

Müəyyən bir müddətdə tormozlanma olmazsa mexaniki enerji tamamilə elektrik enerjisinə çevriləcək (yayın açılmasının sonunda, qüvvənin sıfıra yaxınlaşdığı diapazonda), elektrogenatorun fırlanma tezliyi də sıfıra yaxınlaşacaq, elektrik hərəkət qüvvəsi induksiyaalanmayacaqdır ( $P_{01}$  sahəsi).

Mexaniki enerji toplayıcısının güc qrafikini əldə etmək üçün ardıcıl birləşmiş eyni xarakteristikaya malik  $N$  sayda yayları ardıcıl analiz etmək lazımdır. Yayların birlikdə tam uzunluğu yayın tam açılmış uzunluğu ilə mexaniki birləşmə elementinin də aparıldığını nəzərə almaqla təyin etmək olar:

$$L_{im} = L_y \cdot N + \Delta a \quad (7)$$

burada  $l_y$  - yay elementinin tam uzunluğu;  $N$  - yayların sayı;  $\Delta a$  - mexaniki birləşmə elementinin qalınlığı.

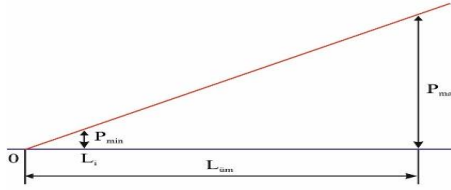
Yayın işləyən hissəsinin uzunluğu:

$$L_i = \Delta l \cdot N \quad (8)$$

burada  $\Delta l = l_y - l_s$  bir yayın işlək uzunluğu;  $L_0 = 595 \text{ mm}$  - bir yayın yüksüz halda uzunluğu;  $L_3 = 303 \text{ mm}$  - bir yayın tam sıxılmış halda uzunluğu.  $\Delta a = 30 \text{ mm}$  qəbul edilir.

Ümumiyyətlə yayın uzunluğu üzrə xarakteristika qurularaq bütün zəruri olan elementlər müəyyən edilir. Yay sisteminin  $P=f(l)$  qrafiki şəkil

14-də verilir.



**Şəkil 14. Mexaniki enerji toplayıcısının yay sisteminin güc qrafiki  $P=f(L)$**

$L_{iim}$  - yayın işləmə uzunluğunun son həddi;  $L_i$  - generatorun minimal işləmə momentinə uyğun olan uzunluq.

Nəqliyyat vasitəsinin bir növü üçün hesablanmış və qəbul olunmuş yay üçün qrafikin təyin edilmiş parametrləri :

$$l_y=595mm; \Delta l=30mm; \quad L_{iim}=1815mm;$$

$$P_{min.}=128kq; N=2 \times 6 \text{ ədəd}; \quad P_{max}=1150kq$$

Mexaniki enerji toplayıcısının istismarı zamanı  $l_i$  uzunluğu qurğuda işləyən elementlərin sürtünmə qüvvələri və itkiləri nəzərə almaqla dəqiq müəyyənləşdirilir.

Mexaniki enerji toplayıcısının momenti  $M_{met}$  sıfırdan başlayaraq artır. Bu artım  $P_{min}$  qiymətinə çatdıqda dişli çarxlar bloku və elektrik generatoru işləməyə başlayır. Sonrakı zaman müddətində tormoz momentləri ( $M_t$ ) toplayıcıya daxil olur ki, ehtiyatda olan momentlə toplanır. Ümumi halda moment

$$M_{metq} \pm M_t$$

toplayıcıda toplanır. Bir qədər vaxt keçdiyindən  $M_{met} > M_{met1}$  olur. Növbəti tormozlanma prosesində  $M_t$  momenti toplayıcıya daxil olur. Digər tərəfdən elektrik generatorunun işləməsi zamanı artıq momentlərin bərabərliyi tələb olunur:

$$M_{met} \pm M_t \approx M_{eg} \pm \Delta M_S \quad (9)$$

Burada  $M_{eg}$  — elektrik generatorunun valındakı moment;  $\Delta M_S$  - stabilləşdirici momentdir.

Mexaniki enerji toplayıcısında zamandan asılı olaraq moment dəyişir.

Elektrik generatorunun fırlanma tezliyinin stabilləşdirilməsi üçün bir neçə metoddan kompleks şəkildə istifadə edilir. Metodların

seçimində əsas amil olaraq qəbul edilir ki, mexaniki enerji toplayıcısının yaratdığı moment elektrik generatorunun valında ümumi ötürmə ədədi ( $K_{üm}$ ) qədər azalır:

$$M_{eg} = \frac{M_{met}}{K_{üm}} \quad (10)$$

burada  $K_{üm}$  - tros, sərbəst hərəkət muftası və elektrik generatorunun valı ilə sistem arasındakı ötürmə ədədlərinin hasilinə bərabərdir:

$$K_{üm} = K_{tr} \cdot K_{shm} \cdot K_{vg} \quad (11)$$

burada  $K_{tr}$  - trosun ötürdüüyü momentin ötürmə ədədi;

$K_{shm}$  - sərbəst hərəkət muftasında ötürmə ədədi;  $K_{vg}$ - elektrik generatorunun valı ilə sistem arasındakı ötürmə ədədi. Stabilləşdirmə üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunur:

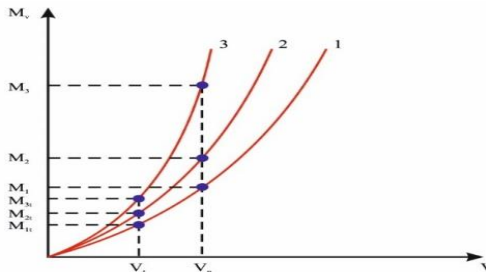
1. Elektrik generatorunun elektrik hərəkət qüvvəsinin fırlanma tezliyindən asılılığının təsiri.

$$e_{eg} \equiv B \cdot v \quad (12)$$

burada  $B$  - elektrogeneratorunda induksiyanın qiyməti;  $v$  - rotorun fırlanma tezliyidir.

$B$  və  $v$  arasında qarşılıqlı təsir mövcuddur:  $B$ -nin artması ilə  $e_{eg}$  artır və uyğun olaraq elektrik generatorunun yükü artır, nəticədə fırlanma tezliyinin azalması baş verir, bununla da yük  $I_{eg}$  azalır.

2. Elektrik generatorunun fırlanma tezliyinin mexaniki metoda stabilləşdirilməsi (generatorun konstruksiyasına xüsusi olaraq fırlanma tezliyini nəzərə almaqla hesablanmış ventilyatorun daxil edilməsi). Onda  $M_t = M_{eg} + M_v$  olar. Ventilyatorun mexaniki  $M_v = f(v)$  xarakteristikası şəkil 15-də verilmişdir. Xarakteristikalarda  $M_3 > M_2 > M_1$  nisbətləri bir-birindən fərqlənirlər.



Şəkil 15. Müxtəlif konstruktiv ölçülü ventilyatorların

## mexaniki xarakteristikaları

Aparılmış hesablamalar və intensiv şəhər nəqliyyatından alınan məlumatların analizi göstərir ki, yuxarıda göstərilən metodlarla momentlərin tarazlığını  $\pm 10\%$  diapazon sərhədlərində xəta ilə saxlamaq mümkündür.

3.Akkumulyator bankalarının sayını dəyişməklə elektrik generatorunun fırlanma tezliyinin stabiləşdirilməsi.

Proses zamanı qurğuda tətbiq edilən mexanizmlərdə və birləşmələrdə yaranan itkilər faydalı iş əmsalının azalmasına səbəb olur. Nəzərə alsaq ki, konstruksiyada istifadə olunan ayrı - ayrılıqda hər bir mexanizmin f.i.ə.  $\eta = 1 - \varphi$  olur.

burada  $\varphi$  – mexanizmdə itki əmsalıdır və f.i.ə. (faydalı iş əmsalı) sıfır ilə vahid arasında olmaqla uyğun hədd daxilində  $0 \leq \eta < 1$  olmaqla dəyişir.

Qurğuda mexaniki enerji toplayıcısının dörd təkər sistemindən paralel qoşulmuş yaylardan ibarət olduğunu nəzərə alıb, xüsusi hallarda, yayların paralel birləşmə halları üçün  $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = const$  olduqda

$$\eta = \frac{\eta(A_{y1}+A_{y2}+A_{y3} \dots A_{yn})}{A_{y1}+A_{y2}+A_{y3} \dots A_{yn}} \quad (13)$$

Uyğun mexanizmlər üçün ardıcıl olmaqla faydalı iş əmsalları belə təyin edilir :

$$\eta_1 = \frac{A_1}{A_h} ; \eta_2 = \frac{A_2}{A_1} ; \eta_3 = \frac{A_3}{A_2} ; \dots \eta_n = \frac{A_n}{A_{n-1}} \quad (14)$$

Qurğunun ümümi faydalı iş əmsalını istifadə olunan ötürücü elementlərin ardıcıl birləşdirilmədə, istiqamətləri eyni yönəldilmiş mexaniki enerjilərə əsasən ayrı- ayrı mexanizmlərin f.i.ə - nın hasilinə bərabər olduğunu nəzərə alsaq onda

$$\eta_{üm} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_n = \frac{A_1}{A_h} \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \frac{A_3}{A_2} \dots \frac{A_n}{A_{n-1}} = \frac{A_n}{A_h} \text{ olar.} \quad (15)$$

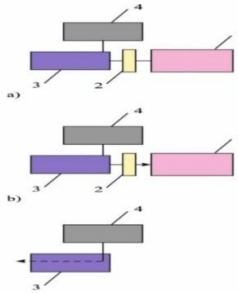
Alınan nəticəyə  $\eta_{üm} = \frac{A_n}{A_h}$  əsasən qeyd etmək olar ki, ardıcıl birləşmələrdə axırını yerləşdirilmiş mexanizmdə alınan işin f.i.ə -

nı verir<sup>5</sup>. Aparılan tədqiqatlar və hesablamalar nəticəsində qurğunun f.i.ə (15) - ifadəsinə görə aşağıdakı kimi təyin edilmişdir:

$$\eta_{\text{üm}} = \eta_t \cdot \eta_y \cdot \eta_{d.s} \cdot \eta_{s.h.m} \cdot \eta_{d.ç.ö} \cdot \eta_{d.v.}^3 \cdot \eta_{gen} = 0,6941\%$$

Layihə zamanı nəqliyyat vasitələrinin bortunda gücündən asılı olaraq bir və ya iki akkumulyator bankası yerləşdirilir. Akkumulyatoru xarakterizə edən əsas qiymət onun həcmidir ki, bu elektrik enerjisinin amper-saatların sayını müəyyən edir; normal boşalma cərəyanında batareya tələbatçıya enerji verə bilər.

Bunlar nəqliyyat vasitəsinin daxili yanma mühərrikini işə salmaqla bərabər, onun işləmədiyi müddətdə tələbatçıları elektrik enerjisi ilə təmin etməkdir. Bu sərfiyyatın necə həyata keçiriləcəyi ilkin layihəsi aşağıda verilmişdir. Bu məqsədlə verilmiş prosesin struktur sxemi Şəkil 16- da verilmişdir.



**Şəkil 16. Elektrik enerjisinin dartı mexaniki enerjisinə çevrilmənin struktur sxemi**

1-DYM; 2-ilişdirmə elementi; 3-sürətlər qutusu; 4-elektrik mühərriki.

İlk növbədə nəqliyyat vasitəsinin sürücüsü tərəfindən əməliyyat aparılır: sürətlər qutusunda aparılan əməliyyatda 1-ci sürət qoşularaq elektrik mühərriki işə buraxılır (Elektrik mühərrikinin seçimi idarə olunma sisteminin layihələndirməsi ərəfəsində yerinə yetirilir). Elektrik mühərrikinin fırlanma tezliyi DYM-nin fırlanma tezliyinə, onun dəyişmə diapazonuna uzlaşmalıdır ki, müxtəlif sürətlər pilləsində təxmini uyğunlaşma olsun. Bunun üçün sabit cərəyan

<sup>5</sup> Тимофеев Г.А. Теория механизмов и механика машин. Изд- во: МГТУ, -2017, - 568 с.



mühərrikinin idarə olunma sisteminə daxil olan elementlərin seçimi rejimə uyğunlaşdırılmalıdır.

Akkumulyator bankalarında elektrik enerji tutumu buraxıla bilən həddən aşağı düşdükdən sonra DYM işə salınır.

**Dördüncü fəsildə** şəhərdaxili sənişindəşıyan avtobusun marşrut üzrə hərəkəti zamanı tormozlanma prosesində yaranan mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsi texnologiyasının və istehsal olunan enerjinin akkumulyatora doldurulması prinsipinin riyazi təhlili aparılaraq, kompüter eksperimentləri ilə alınan nəticələrin MS Exsel proqramında elektron verilənlər bazası yaradılmış, elektron cədvəl əsasında qrafiklər qurulmuşdur. MATLAB proqramında eksperimentlər aparılmış, məntiqi produksiyalar üsulundan istifadə edilərək nəticələr əldə edilmiş, marşrut üzrə ictimai nəqliyyat vasitələrində rekuperasiya prosesinin alqoritminin qraf sxemi, idarəolunma və nəzarət proseslərinin tədqiqi üçün riyazi və kompüter modelləri qurulmuşdur.

İctimai nəqliyyat vasitəsinin üzərində rekuperasiya prosesinin eksperimental sınaqlarını, yəni akkumulyatorun tələb olunan həcmdə elektrik enerjisi ilə doldurulmasını təmin etmək üçün aşağıdakı ilkin verilənlər müəyyən edilir:

Eksperimentin tam müddəti - 15 saat nəzərdə tutulur (6:00 – 21:00);

Nəzərə alsaq ki, ictimai nəqliyyatda istifadə olunan akkumulyatorun tutumu  $75 A*s$  və gərginliyi  $12 V$  təyin edilərsə, akkumulyatorun doldurulmasına 1 saatda sərf olunan güc -  $0,90 kVt$  olur.

Dayanacaqlar arası məsafə normativə əsasən aşağıdakı kimi qəbul olunur:

$$500 \leq l_{dam} \leq 600 \quad (m)$$

Dayanacaqlar arası ictimai nəqliyyat vasitəsinin orta sürəti aşağıdakı şərtə uyğun təmin olunmalıdır:

$$50 \leq V_{orta} \leq 60(km/saat).$$

Bakı şəhəri üzrə hərəkət edən 6 saylı nəqliyyatın marşrutunun uzunluğu

$$l_m = 45 km$$

İctimai nəqliyyatın dayanacaqlarının sayını

$$n_d = l_m / l_{dam} \text{ kimi qəbul etsək,} \quad \text{onda, } n_d = 75.$$

Əgər nəzərə alsaq ki, rekuperasiya prosesini təmin etmək üçün hər bir dayanacaqda ictimai nəqliyyatın dayanma müddəti 1.2 dəqiqəyə qədər olmalıdır, onda hər bir dayanacaqda 72 saniyə dayanırsa, 15 saat ərzində dayanma müddətlərində ümumilikdə akkumulyatora toplanmış elektrik enerji miqdarı müəyyənləşdirilir.

Eksperimentlərin aparılması üçün marşrutda (45000 m) dayanacaqların sayı və dayanacaqlar arası məsafələr müəyyən edilir.

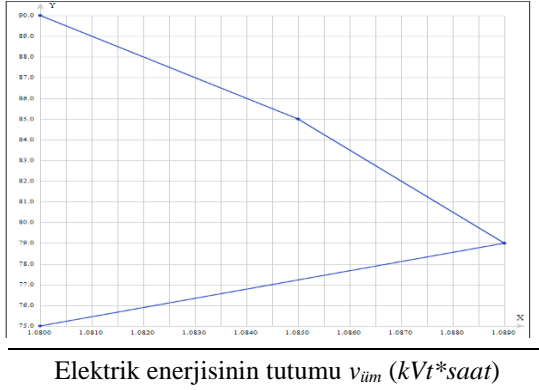
**Cədvəl 1**

**Elektrik enerjisinin akkumulyatora toplanılması**

<b>6 saylı marşrutda dayanacaqların sayı (<math>n_d</math>)</b>	<b>Dayanacaqlar arasında olan məsafə (<math>l_{dam\_i} (m)</math>)</b>	<b>Dayanacaqda nəqliyyat vasitəsinin saxlanması müddəti (<math>t_i - (dəq)</math>)</b>	<b>Akkumulyatora toplanılan ümumi elektrik enerjisinin tutumu <math>v_{üm} (kVt*saat)</math></b>
75	600	0.96	1,08
79	570	0.92	1,089
85	530	0.85	1.085
90	500	0.8	1.08

6 saylı marşrutda dayanacaqların sayının dayanacaqlar arası məsafədən asılılıq qrafikini qurmaqla, ictimai nəqliyyat vasitəsinin akkumulyatorunun elektrik enerjisi ilə doldurulması, marşrut üzrə dövrlər sayını təyin etmək və akkumulyatorun enerji tutumunu analiz etmək üçün MatLab - proqram paketindən istifadə edilərək eksperimentlər aparılmışdır (şəkil 17. ).

Marşrutda olan dayanacaqların sayı



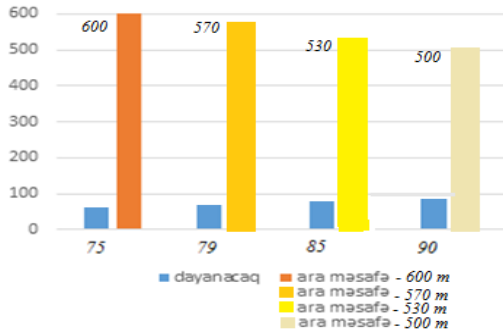
**Şəkil 17. 6 saylı marşrut üzrə nəqliyyat vasitəsinin dövrlər sayından akkumulyatora toplanılan ümumi elektrik enerji tutumunun asılılıq qrafiki**

Əgər nəzərə alsaq ki, ictimai nəqliyyatın marşrut üzrə ümumi məsafəsi  $l_{üm}=45000$  m, onda aşağıdakı ifadəyə əsasən akkumulyatorda toplanılan elektrik enerjisinin həcmi aşağıdakı kimi təyin olunur:

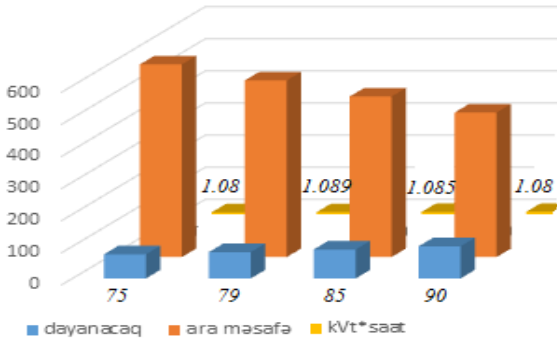
$$v_{üm} = \frac{l_{üm} t_i v_{1saat}}{l_{d.a.m.} t_{1dəq}} \quad (16)$$

burada  $t_{1dəq}$  -1 dəqiqədəki saniyələrin sayı;  $t_1$  - nəqliyyatın dayanma müddəti,  $l_{d.a.m}$  – dayanacaqlar arası məsafə,  $v_{1saat} = 0.9$  kVt\*saat – 1 saatda akkumulyatorda toplanılan elektrik enerjisinin miqdarıdır.

Cədvəl 4.1.1-ə əsasən marşrut üzrə 6 saylı ictimai avtobusun nəqli və dayanmasına görə kompüter eksperimentləri aparılaraq, qrafiklər qurulmuşdur (şəkil 18 a, 18 b).



**Şəkil 18 a. Dayanacaqların sayının dayanacaqlararası məsafədən asılılıq qrafiki**



**Şəkil 18 b. Marşrut xarakteristikalarına görə avtobusun akkumulyatoruna doldurulan elektrik enerjisinin həcmninin təyini qrafiki**

MATLAB - proqram paketindən istifadə edilərək eksperimentlər nəticəsində əsaslandırılmışdır ki, ictimai nəqliyyatın dayanacaqlar arası məsafəsi 500 ÷ 600 m olduğda və avtobusun dayanma 0.8 ÷ 0.96 dəq arasında dəyişildikdə, elektrik enerjisinin akkumulyatora doldurulması üçün bir dövr (45 km) sərf olunur və bu zaman kəsiyində akkumulyatora 1.08 kVt\* saat həcmində enerji doldurulur. Kompüter eksperimentləri aparmaqla, müəyyən edildi ki, elektrik enerjisinin nəqliyyat vasitəsinin akkumulyatoruna doldurulması aşağıdakı parametrlərdən asılıdır:

- marşrutda olan dayanacaqların sayı ( $n_{di}$ );
- dayanacaqlar arası məsafə ( $l_{dai}$ );
- dayanacaqda nəqliyyat vasitəsinin saxlanılma müddəti ( $t_{di}$ ).

Yuxarıda göstərilən parametrləri çoxluq şəklində vermək olar:

$$\begin{aligned} n_{di} &\in \{n_{d1}, n_{d2}, \dots, n_{dk}\}; \\ l_{dai} &\in \{l_{da1}, l_{da2}, \dots, l_{dam}\}; \\ t_{di} &\in \{t_{d1}, t_{d2}, \dots, t_{dk}\}; \end{aligned} \quad (17)$$

burada  $k = \overline{1, l_{üm}/l_{dai}}$ ;  $t_{dk}$  -  $k$  sayılı dayanacaqda ictimai nəqliyyat vasitəsinin saxlanılma müddəti.

Məsələn real vaxt rejimində həll etmək üçün produksiya modelinin “Əgər...” implikasiyasının elementləri ilə təyin olunan və vəziyyətləri ictimai nəqliyyat vasitəsinin (6 sayılı avtobusu)  $n_{di}$

dayanacaqlarında quraşdırılmış lokal şəbəkənin UniFi–ın sensorları ilə məhdudlaşdırılan vəziyyətləri (dayanacığın ilkin və son vəziyyətləri) identifikasiya etməklə adekvat idarə siqnallarının formalaşdırılmasını təmin edən alqoritm qurulur.

Produksiya sistemi “vəziyyət → fəaliyyət”, “səbəb → nəticə” və s. cütlüklər şəklində birinci tərtibli predikatlar cəbrindən

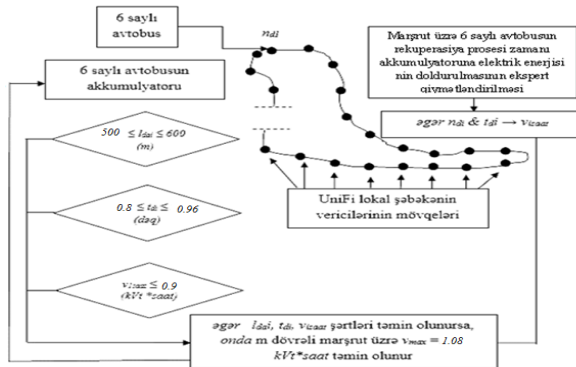
$$f = \langle x_i, v_j, \&, v, \rightarrow \rangle \quad (18)$$

istifadə etməklə yaradılan biliklər, vəziyyətlər bazalarından və idarə blokundan ibarətdir. Formal olaraq, produksiya sisteminin istənilən texniki sistem üçün fəaliyyətini

$$x(t+1) = f(x(t), U(x)) \quad (19)$$

şəklində yazmaq olar. Burada  $x(t)$  – faktlar bazasının cari vəziyyəti;  $x(t+1)$  – faktlar bazasının  $U(x)$  produksiya qaydası tətbiq olunduqdan sonrakı vəziyyətidir.

6 saylı avtobusun marşrut üzrə hərəkət edərkən baş verən rekuperasiya proseslərinin idarəetmə prosedurlarının analizi, məntiqi alqoritmin qurulması, nəzarəti, qərarın qəbul edilməsi və sintezini təmin edən ekspert altsistemi idarəetmə obyektinə ilə qarşılıqlı əlaqəli texniki və program interfeysindən ibarətdir (şəkil 19).



**Şəkil 19. Marşrut üzrə 6 saylı avtobusun akkumulyatoruna rekuperasiya prosesi zamanı maksimal elektrik enerjisinin doldurulmasının modeləşdirilməsi**

6 saylı marşrut üzrə hərəkət edən avtobusun nəqli, dayanması və rekuperasiyasının idarə edilməsi üçün biliklər bazasının strukturu aşağıdakı kimidir:

$$P_i: \bigwedge_{j=1}^n X_j \rightarrow U_k \& P(S); \quad i = \overline{1, m}, \quad s = \overline{1, l}, \quad (20)$$

burada  $m$  – əsas biliklər bazasının qaydalarının sayı,  $n$  – produksiyanın “Əgər...” implikasiyasının elementlərinin ümumi sayı;  $k = 4$  – icra qurğularının nömrəsi;  $l$  – formalaşdırılan stek biliklər bazalarına keçid funksiyasıdır. Əsas biliklər bazasının produksiyalarının “Əgər...” implikasiyasının elementləri bazada markalanmış vektor kimi təsvir olunur:

$$X_j = [x_j^1, x_j^2, \dots, x_j^n] \quad (21)$$

$X_j$  - vektorunun elementləri aşağıdakı şərtlə təyin olunur:

$$x_j^r = \begin{cases} \text{əgər produksiyanın elementləri aktivdirsə} \\ \text{əgər produksiyanın elementləri aktiv deyilsə} \end{cases}$$

Qərar qəbul etmə blokunda stek biliklər bazasından daxil olmuş  $X_j$  vektorunun elementləri ilə idarə obyektindən daxil olan  $u_j$  vektorları üzərində

$$F = \bar{x}_j \vee \bar{v}_j \quad (22)$$

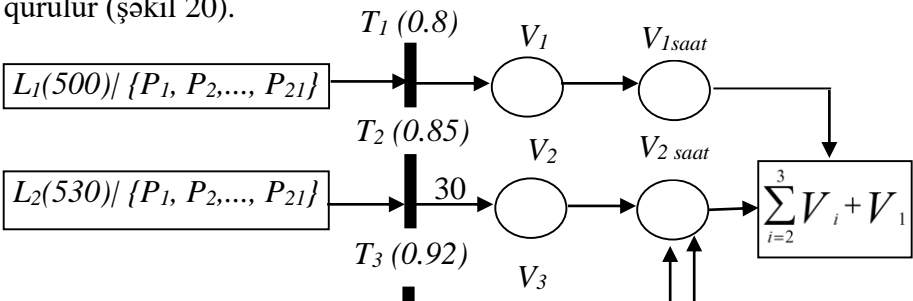
əməliyyatı aparılır,  $F=I$  şərti ödənirsə, biliklər bazasının produksiyasının “Onda...” implikasiyasının icrasına icazə verilir və qərar yerinə yetirildikdən sonra produksiyanın  $P(s)$  keçid funksiyasının qiymətinə uyğun stek biliklər bazasının seçilmiş produksiyasının emalı yerinə yetirilir. Eksperiment nəticəsində 6 saylı avtobusun marşrut üzrə bir dövr müddətində hərəkəti zamanı akkumulyatorun elektrik enerjisi ilə doldurulmasının dörd produksiya əsasında həcmi təyin edilmiş və aşağıdakı ifadə ilə yazmaq olar:

$$V_{\text{üm}} = \sum_{i=1}^4 V_1 = 1,084 \text{ (kVt*saat)}$$

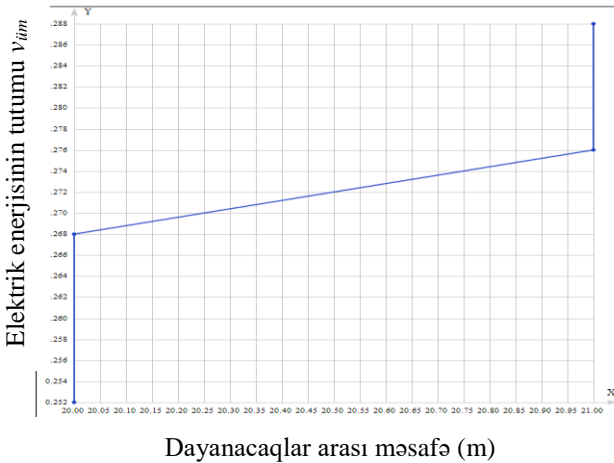
Avtobusun marşrut üzrə qət etdiyi ümumi məsafə aşağıdakı kimi təyin olunmuşdur:

$$L_{\text{üm}} = \sum_{i=1}^4 L_i = 45 \text{ km}$$

Produksiyalar əsasında 6 saylı avtobusun marşrut üzrə hərəkəti zamanı rekuperasiya prosesinin idarəetmə alqoritminin qraf-sxemi qurulur (şəkil 20).



**Şəkil 20. 6 saylı avtobusun marşrut üzrə hərəkəti və dayanması zamanı rekuperasiya prosesinin idarəetməsinin graf-sxemi**  
 rekuperasiya prosesinin qrafik dəyişilməsi MatLab - proqram paketində voxlanıaraq, aşağıdakı kimi qrafik qurulmuşdur (şəkil 21).



**Şəkil 21. 6 saylı avtobusun marşrut üzrə hərəkəti və dayanması zamanı rekuperasiya prosesinin qrafik dəyişilməsi**

Rekuperasiya prosesinin nəzarəti, idarə edilməsi və lokal korporativ şəbəkəyə qoşulması üçün qurulan məntiqi və qraf-sxemli modelləşdirmə alqoritmi əsasında real obyekt – avtobusun marşrut üzrə daha səmərəli hərəkəti, dayanacaqlarda saxlanılması müddətlərinin təyini, qısa zaman kəsiyində tələb olunan elektrik enerjisinin

akkumulyatora doldurulması və AEM kimi istifadə edilməsi mümkün olur.

6 sayılı avtobusun 45 km-li marşrut üzrə 82 dayanacağa uyğun 82 düyün nöqtəsi müəyyən edilir. Korporativ lokal şəbəkə daxilində birləşdirərək, qarşılıqlı informasiya mübadiləsini təmin etmək üçün 192.168.1.1÷192.168.1.82 IP ünvanları müəyyən edilir. Lokal şəbəkəyə 82 vericinin qeydiyyat məlumatları ötürülür.



**Dayanacaqların ünvan sahələrinə və işçi yaddaş sahələrinə  
əsasən İP və düyün nöqtələrinin müəyyən olunması cədvəli:**  
**Cədvəl 2.**

№	6 sayılı avtobusun marşrutunun dayanacaqları üzrə UniFi – in vericiləri	Korporativ şəbəkədə avtobusun dayanacağına ayrılan ünvan	Düyün nöqtələrinin ünvanı	Korporativ şəbəkədə avtobusun hər bir dayanacağına ayrılan faiz sahəsi (%)
1	A6 <sub>v1</sub>	192.168.1.1	0.0.0.1	1.22
2	A6 <sub>v2</sub>	192.168.1.2	0.0.0.2	1.22
		.	.	.
		.	.	.
		.	.	.
82	A6 <sub>v82</sub>	192.168.1.82	0.0.0.82	1.22

Marşrutun hər bir dayanacağına ayrılan faiz sahəsi aşağıdakı şərtə görə təyin olunur:

$$N_{di} S_{\%i} \approx 100 \%$$

burada  $N_{di} = 82$  - marşrutda olan dayanacaqların sayıdır,  $S_{\%i}$  - produksiyalarda göstərildiyi kimi hər bir dayanacağına ayrılan şəbəkənin faiz sahəsidir.

$$P1(21)+P2(21)+P3(20)+P4(20)=82 ; S_{\%i} \approx 1,22 \%$$

Şəbəkənin 82 düyününün tanınması üçün altşəbəkənin maskalarının istifadəsi ikili işarə ilə müəyyən edilir. TCP/IP lokal şəbəkəsinin səmərəliliyini təmin etmək üçün verilənlər paketinin mübadiləsinə həyata keçirən, marşrutizatorlardan istifadə edilir.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Nəqliyyat vasitələrinin istismarı zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjini elektromexaniki çevirmə sistemi ilə elektrik enerjisinə çevirən, istehsal edən və AEM kimi istifadəyə imkan verən qurğunun şəhərdaxili nəqliyyat vasitələrində geniş tədqiq olunmaması, bu sistemdə cərəyan edən kinematik, dinamik və energetik proseslərin kompleks şəkildə çox az araşdırılması, konstruktiv layihələndirmə zamanı mexaniki, elektron hissələrinin seçilməsi, konstruktor və innovativ layihələndirilməsinə, texniki interfeysin yaradılmasına kifayət qədər az yer ayrılması səbəbindən irəli gəlir.

1. Nəqliyyat vasitələrinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün yanacağa qənaət məqsədi ilə mövcud konstruksiyaların tədqiqi, idarə olunması və nəzarət prosesinin modelləşdirilməsinin analizi məqsədi ilə ədəbiyyat mənbələri araşdırılmışdır. Nəqliyyat vasitələrində tormozlanmada yaranan mexaniki enerjini elektromexaniki çevirilmə sistemi ilə elektrik enerjisinə çevirən, istehsal edən və AEM kimi istifadəyə verən qurğu haqqında ümumi anlayış verilmişdir.

2. Şəhər daxili sərnişin daşıyan ictimai nəqliyyat vasitələrinin istismarı zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevrilməsi, saxlanması və AEM kimi istifadəyə verilməsini təmin edən qurğunun struktur və konstruktiv sxemi təklif edilərək onun iş prinsipi müəyyən edilmiş, qurğunun konstruktiv elementlərinin seçilməsi və material sərfiyyatı məsələləri həll edilmişdir.

3. Təklif olunan konstruksiyanın əsasını təşkil edən mexaniki enerji toplusunun layihəsində onun əsas elementinin qəbul edilməsi üçün yay sistemi araşdırılmış, enerji toplusu üçün material sərfiyyatı, yayın seçilməsi, onun xarakteristikaları qurularaq, hesablamalar aparılmış və mexaniki enerjinin nəqli prosesinin təhlili aparılmışdır.

4. Təklif olunan qurğuda şəhərdaxili sərnişin daşıyan ictimai nəqliyyat vasitələrində tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevirilməsi texnologiyası təhlil edilmiş, qurğuda hərəkətin ötürülməsi üçün istifadə olunan ötürmə mexanizmləri, mexaniki enerji toplayıcısının iki müstəvidə

yerləşdirilməsi və mövcud generatorların iş prinsipləri araşdırılaraq uyğun elektrik generatoru seçilmişdir. İctimai nəqliyyat vasitələrində tormozlanmada yaranan mexaniki enerjinin toplanılması, elektrik enerjisinə çevirilməsi prosesində stabilləşdirmə metodları təyin edilmişdir. Qurğunun itkilərinin təhlil və f.i.ə təyin edilmişdir.  $\eta = 0,6941$  olmuşdur.

5. Şəhər sərnişin daşıyan nəqliyyat vasitələrində istismar zamanı tormozlanmada yaranan mexaniki enerjini elektromexaniki çevirmə sistemi ilə elektrik enerjisinə çevirən, istehsal edən və AEM kimi istifadəsini təmin edən qurğuda istehsal olunan elektrik enerjisinin saxlanması üçün akkumulyatorların seçilməsi, tədqiqi məsələləri həll edilmişdir. Təklif olunan qurğu nəqliyyat vasitəsinin çəkisinin 2-3 % - ni təşkil edir, qoyulan istismar tələbləri, etibarlılığı, iş rejimləri nəzərə alınaraq hazırlanmaqla onun konstruksiyasına heç bir xələf gətirmir.

6. İşlənən konstruksiya özünün və idarə edilməsinin sadəliyinə, iqtisadi cəhətdən səmərəli olan tormoz sistemindən alınan mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirərək, onun nəqliyyat vasitələrinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi, yanacağa qənaət edilməsi və AEM kimi ictimai nəqliyyatın idarə olunmasına imkan verir]. Aparılmış tədqiqatlar və sınaqlar nəticəsində nəqliyyat vasitələrinin istismarında tormozlanma zamanı yaranan mexaniki enerjinin 70% -ə qədəri elektrik enerjisinə çevrilərək alınan enerjiden AEM kimi istifadə olunması təsdiq edilmişdir.

7. Eksperimentlər üçün təyin edilmiş, Bakı 6 sayılı marşrut üzrə ictimai nəqliyyat vasitəsinin istismarı zamanı rekuperasiya prosesinin, idarə olunma və nəzarət proseslərinin tədqiqi üçün riyazi və kompüter modelləri qurulmuşdur. Alınan nəticələri analiz etmək üçün MatLab proqram paketindən istifadə edilərək, eksperimentlər aparılmışdır. Aparılan kompüter eksperimentləri nəticəsində, ictimai nəqliyyatın - avtobusun qət etdiyi marşrutun dövriyyəsi 45 km, rekuperasiya prosesində akkumulyatora doldurulan elektrik enerjisinin həcmi  $1,084 \text{ kVt}^* \text{saat}$  olmuşdur və bununla akkumulyatora doldurulan elektrik enerjisinin həcmi sınaqdan alınan nəticələrlə uyğunluğu təsdiq edilmişdir.

**Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı dərc olunmuş məqalələrdə öz əksini tapmışdır:**

1. Balayeva, Ə.H., Nəqliyyatın tormozlanma prosesində alternativ enerji mənbəyi // - XXI Respublika Elmi Konfransı, BDU, - Bakı: -2017, -s. 117-119.

2. Мусаев, З.Н., Балаева, А.Г., Альтернативная энергия при торможении городских транспортных средств // - X международная научно-практическая конференция молодых ученых, том 1, - Уфа: - 2017, с. 293-294.

3. Balayeva, Ə.H., Nəqliyyat vasitələrinin tormozlanmasından alınan alternativ enerji sərfiyyatı haqqında // - XXII Respublika Elmi Konfransı, ADPU, -Bakı: - I cild, - 2018, -s. 208-210.

4. Фархадзаде, Э.М., Мусаев, З.Н., Балаева, А.Г., Конструктивные особенности накопителя механической энергии торможения // - Международная научная конференция, СГУ, - Сумгаит: - 2018, -с. 298-300.

5. Musayev, Z.N., Balayeva, Ə.H., Nəqliyyat vasitələrinin tormoz rejimindən enerji mənbəyi kimi istifadə // - SDU, Elmi Xəbərlər, №1, cild 18, - Sumqayıt: - 2018, -s. 77- 79.

6. Fərhadzadə, E.M., Musayev, Z.N., Balayeva Ə.H. Nəqliyyat vasitələrində alternativ enerjinin toplanması mexanizmi // - AMEAFİ Energetikanın problemləri, №2,- Bakı: - 2019, -s. 57-61.

7. Musayev, Z.N., Balayeva, Ə.H., Alternativ mənbə-güc toplusu // - Beynəlxalq konfrans. ADNSU, - Bakı: - 2019, -s. 195-196.

8. Musayev, Z.N., Balayeva, Ə.H., Nəqliyyat vasitələrində enerji çevrilməsi prosesində stabilləşdirmə // - ATU, Elmi əsərlər, №1, -Bakı: - 2019, -s 44-48.

9. Musayev, Z.N., Balayeva, Ə.H., Nəqliyyat vasitələrinin istismarı zamanı enerji itkisinə qənaət // - Respublika Elmi Konfransı, SDU, - Sumqayıt: - 2019, -s. 211- 214.

10. Фархадзаде, Э.М., Мусаев, З.Н., Балаева, А.Г., Новый источник альтернативной энергии // - Технология машиностроения, №6, - Москва: - 2019, -с. 26-30.

11. Мусаев, З.Н., Балаева, А.Г., Возврат потерянной механической энергии в тормозной системе транспорта // - IV

Национальной научно-практической конференции, Том 2, КГЕУ, - Казань: - 2019, -с. 251- 255.

12. Balayeva, Ə.H., Tormoz mexaniki enerjisinin çevrilmə məkanına nəqli prosesi // - SDU, Elmi Xəbərlər, cild 20, №1, - Sumqayıt: - 2020, -s.97-99.

13. Balayeva, Ə.H., Tormozlanma – elektrik enerjisi istehsalı // –ADNSU, Azərbaycan Ali Texniki məktəblərinin Xəbərləri, -Bakı: Cild 22, Buraxılış 1(123), - 2020, -s. 87-92.

14. Фархадзаде, Э.М., Мусаев, З.Н., Балаева, А.Г., Процесс возврата потерянной механической энергии // - Международной научно-практической конференции, ПГУ, - Псков: -23-24 апреля - 2020 г., -с. 86-90.

15. Балаева, А.Г. Разработка пружинного накопителя бортового рекуператора энергии торможения транспортных средств // - Международный научный журнал, Альтернативная энергия и экология, Россия, - Саров: - №1, - 2022, с.103-114.

16. Балаева, А.Г., Попова, О. И., Попова М.И., Система для рекуперации механической энергии машин // ЛГТУ, Вести, - РФ, - Липецк: -Том 18, №1, - 2022, -с.15-24.

17. Balayeva, Ə.H., Nəqliyyat vasitələrinin istismarında tormoz enerjisindən alternativ enerji mənbəyi kimi istifadə və qurğuda inverterun tətbiqi // III Beynəlxalq Elmi Konfrans, Tətbiqi Fizika və Energetikanın aktual məsələləri, SDU, -Sumqayıt: - 2022, -s.171-178.

18. Balayeva, Ə.H., Tormozlanmada yaranan mexaniki enerjiddən elektrik enerjisi kimi istifadə olunma xüsusiyyətləri // Respublika Elmi -Texniki Konfransının materialları, Enerji səmərəliliyi və Yaşıl Enerji Texnologiyaları, ATU, - Bakı: - 2022, -s.145-148.

19. Balayeva, A. H., Use of mechanical braking energy in vehicles as electricity and hydrogen energy // International Journal of Hydrogen Energy, -Amerika, Florida, - Miami: -vol. 48, Issue 80, - 2023, - p. 31023-31039.

### **Çap edilmiş işlərdə iddiaçının şəxsi töhfəsi:**

[1,3,12,13,15,17,18,19] sayılı işləri müəllif sərbəst yerinə yetirmişdir.

[2,4,5,6,7,8,9,10,11,14,16] – sayılı elmi əsərlərdə müəllif məsələnin formalaşdırılması, sınaq və eksperimental tədqiqatların yerinə yetirilməsi, nəticələrin təhlil edilməsində iştirak etmişdir.

Dissertasiyanın müdafiəsi “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024\_\_\_\_-cü il tarixində saat \_\_\_\_\_-da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.04 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəh. Az.1073, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti 25.  
Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.  
[www.aztu.edu.az](http://www.aztu.edu.az).

Avtoreferat “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024\_\_\_\_-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb:  
Kağızın formatı: A5 Həcm: 39222 ,Tiraj: 100

