

*Əlyazma hüququnda*

**XANƏHMƏDOVA SAMİRƏ ƏLHƏDİ QIZI**

**SƏRBƏST HƏRƏKƏT EDƏN OBYEKT LƏRİN BORT  
ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ YERLƏŞƏN ELEKTROMEXANİKİ  
ELEMENT LƏRİN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİ VƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 3340.01 – “Elektrotexniki sistemlər və komplekslər”

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcə almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyasının

**A V T O R E F E R A T I**

BAKI - 2014

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının “Elektrik avadanlıqları və sənaye qurğularının avtomatlaşdırılması” kafedrasında yerinə yetirilib.

**Elmi rəhbər:** texnika elmləri doktoru, professor  
**E.M. FƏRHADZADƏ**

**Rəsmi oponentlər:** texnika elmləri doktoru, professor  
**T.M. LAZIMOV**  
texnika elmləri namizədi  
**F.M. SÜLEYMANOV**

**Aparıcı müəssisə: Azərbaycan Dəniz Akademiyasının  
“Gəmi elektrik avadanlıqları” kafedrası**

Müdafiə “22” oktyabr 2014-cü il tarixində saat 11<sup>00</sup>-da Azərbaycan Texniki Universitetində fəaliyyət göstərən D02.031–Dissertasiya Şurasının nəzdində yaradılan Birdəfəlik Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: **AZ1012 Bakı şəhəri, H.Cavid pr.25**

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilib: ” \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2014-cü il tarixində

**Dissertasiya Şurasının Elmi katibi,**  
**t.e.n., dosent**

**E.B. GÖZƏLOV**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** Hal-hazırda müasir sənaye sahələrinin inkişafı ilə yanaşı, mütəmadi olaraq sərbəst hərəkət edən obyektlərin, o cümlədən avtomobil, traktor və hərbi texnikanın da əsas elementlərinin konstruksiyalarında ciddi dəyişikliklər baş verir.

Məlum olduğu kimi avtomobil nəqliyyat vasitələrinin hərəkətini icra edən daxili yanma mühərrikinin işə salınması, idarə olunması elektrik təchizatı sistemi ilə həyata keçirilir ki, burada da işəalma prosesini yerinə yetirən “starter” və elektrik enerji təminatı üçün nəzərdə tutulmuş “generator” yerləşdirilmişdir.

Elektrik maşınlarının ümumi nəzəriyyəsinə əsasən məlumdur ki, hər bir elektrik maşını növbə ilə iki rejimdə işləmək qabiliyyətinə malikdir, yəni elektrik maşını iki funksiyalıdır. Bu nəzəriyyəyə riayət etməklə iki elektrik maşınının, yəni starter və generatorun ikifunksiyalı bir maşın olan starter - generatorla əvəz edilməsi aktual bir məsələ kimi böyük maraq doğurur.

Bu istiqamətdə bir çox məsələlərin həllində Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının dosenti, t.e.n. Z. N. Musayevə məxsus olan bir sıra elmi məqalə və patentlər mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bundan əlavə asinxron və ventilli elektrik mühərriklərinin əsasında elektrik intiqallarının və starter-generatorların tədqiqinə dair P.Y. Qraçevin, A.M. Suqrobovun, V.M. Anisimovun, V.R. Taranovskinin, aviasiyada tətbiq edilən generatorların nəzəri-praktiki məsələlərinə həsr edilmiş A.F. Fedoseyevin, N.Y. Alperin, V.Q. Andreyevin, D.A. Buttun, A.İ. Kanterin və A.İ. Vlasovun elmi-tədqiqat işlərini də qeyd etmək lazımdır.

Yuxarıda qeyd olunmuş elmi işlərdən fərqli olaraq, təqdim olunan dissertasiya işində starter-generatorun tətbiqinə aid yeni, fərqli və sərfəli yanaşma təqdim edilir.

**Təqdim olunan dissertasiya işinin aktuallığını sübut edən əsaslar:** Almaniya Federasiyasının Münhen şəhərinin “Continental” Patent və Lisenziyalar qurumu, “General Motors” Company tərəfindən ünvanlanmış məktublar.

**İşin məqsədi** yeni starter-generatorun tətbiqi ilə mühərrik üçün ayrılmış konstruktiv sahədə avadanlıqlarla sıxlaşma prosesinin qarşısını almaq, kütlə-qabarit ölçülərinin azaldılması və istehsal xərclərinə qənaət edilməsindən ibarətdir.

**İşin elmi yeniliyi aşağıdakıların işlənməsi ilə bağlıdır:**  
- yüksək etibarlığa malik olmaqla ayrı-ayrılıqda öz funksiyalarını yerinə yetirən starter və generatorun əvəzinə yeni ikifunksiyalı bir

elektrik maşını kimi starter-generatorun tətbiqinin mümkünlüyünü isbat edən konstruksiyanın işlənməsi;

- sabit cərəyandan dəyişən cərəyana, yəni starter rejimindən generator rejiminə keçid prosesinin normal, səlis və qəzasız yerinə yetirilməsi məqsədilə kollektor-fırça qovşağında yeni çevirici elementin konstruksiya olunması və onun üstün cəhətlərinin araşdırılması;

-starter rejimini optimallaşdıran, onun normal işəsalma əməliyyatı üçün şərait yaradan işəsalma-çevirici intiqal qurğusunun konstruksiyasının yenidən işlənməsi, qabarit ölçülərinin aşağı salınması;

-generator rejimində bütün dəyişən parametrlərin təsirini nəzərə almaqla elmi əsaslandırılması.

#### **Müdafiyyə çıxarılır:**

1. Starter və generatoru əvəz edən ikifunksiyalı bir elektrik maşınının konstruksiyası.
2. Elmi-texniki göstəricilərə əsaslanmış yeni məkanda ikifunksiyalı elektrik maşınının konstruksiyasının uyğunlaşdırılması.
3. Sabit cərəyandan dəyişən cərəyana keçid prosesini normal, səlis və qəzasız yerinə yetirə bilən və bir çox təklif olunan metodlardan fərqli olaraq daha ucuz başa gələn yeni çevirici elementin konstruksiyası.
4. Starterin normal işəsalma əməliyyatını təmin edən işəsalma-çevirici intiqal qurğusunda iki qipoid ötürməli çarxların tətbiqi və əsaslandırılması.
5. Starter və generator rejimlərinin dəyişən parametrlərini və keçid proseslərinin mürəkkəbliyini nəzərə alan elmi-nəzəri məsələlərin mühəndis həlli yolları.

#### **Əsaslandırılma və dürüstlük aşağıdakı göstərilən məsələlərin nəzərə alınmasından irəli gəlir:**

1. Mexanikanın əsas qanunları, tətbiqi mexanikanın (maşın detalları) mühəndis hesablamaları, elektrik maşınlarının ümumiləşdirilmiş nəzəriyyəsi, elektrik aparatları və onların layihələndirilməsinin nəzəri əsasları və praktiki göstərişləri, kommutasiya proseslərinin tədqiqinin araşdırmaları.

2. Elektrik maşınının həm mühərrik, həm də generator rejimlərində iş prosesini yerinə yetirmək xüsusiyyətinin tətbiq edilməsi.

#### **İşin praktiki əhəmiyyəti.**

- Starter-generatorun tətbiqi ilə külli miqdarda qiymətli materiallara, o cümlədən, elektrotexniki polad, mis və izolyasiyaya qənaət edilir.

- Sərbəst hərəkət edən obyektin daxili yanma mühərriki üçün ayrılan sahədə avadanlıqların sıxlaşma prosesi aradan qaldırılır.
- Starter-generatorun tətbiqi ilə təmir olunacaq iki obyekt əvəzinə bir obyekt yaradılır. Təmirlərarası müddətin artırılması istiqamətində müasir progressiv texnologiyalardan istifadə ön plana çəkilir.
- Starter-generatorun iki funksiya arasında işinin yaxşılaşdırılması üçün yerləşdirilmiş intiqal qurğusunun konstruktiv materiallardan optimal variantda, kiçik həcmli hazırlanaraq, onun uzun müddətli istismarı və etibarlılığı nəzərə alınır.
- Nəticə etibarilə yerinə yetirilmiş işlər, praktiki olaraq, çox seriyalı istehsalda nəzərə çarpacaq dərəcədə sxem və konstruksiyaların sadələşdirilməsinə və qənaətdə səbəb olur.

**İşin nəticələrinin həyata keçirilməsi.** Dissertasiya işinin nəticələri “Səbail Maşınqayırma zavodu” TASC və “Bakı Maşınqayırma zavodu” QSC-nin nəqliyyat vasitələrinin təmiri sahələrində tətbiq edilmişdir.

**İşin aprobeiası.** Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirəyə qoyulmuşdur: **1.** „Starter-generator kompleksinin tətbiqində iqtisadi səmərəlilik“, “Dənizçi zabitlərin ixtisas hazırlığında müasir istiqamətlər” adlı konfrans, Bakı, 2007; **2.** “The decision of problems at transition in a generating mode of the starter-generator” Romania, Proceeding of the International Conference on Electronics, Computers and artificial intelligence ECAI’09 Edited by University of Pitesti, No 2, 2009; **3.** “Starter-generator kompleksi”. ADNA-nın 90 illik yubileyinə həsr edilmiş beynəlxalq elmi konfrans materialları №5-6 (69-70), 2010.; **4.** “Bort elektrik şəbəkəsində starter və generator elementlərinin birmaşınlı sistemə keçid məsələləri”. “Müasir dünyada inteqrasiya və müqavimət prosesləri” adlı Azərbaycan dövlətçiliyinin 94 illiyinə və Heydər Əliyevin anadan olmasının 89-cu ildönümünə həsr edilən beynəlxalq elmi konfrans. Bakı, Azərbaycan Universiteti, 9 iyun 2012; **5.** İkifunksiyalı elektrik maşınının yeni kollektor-fırça sistemi. Azərbaycan xalqının ümummilli lideri H.Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Azərbaycan 2020: neft-qaz sənayesinin inkişaf perspektivləri” adlı elmi-praktiki konfransı Bakı, 2013.

**Nəşrlər.** İşin nəticələri üzrə 19 jurnal məqaləsi, o cümlədən 5 tezis nəşr edilmişdir.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsil, nəticə, 138 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və 4 əlavədən ibarətdir. İşin ümumi həcmi 156 səhifədən, o cümlədən 3 cədvəl və 32 şəkiləndən ibarətdir.

**Birinci fəsil**də hal-hazırda sərbəst hərəkət edən obyektlərdə starter-generatorun tətbiqi ilə məşğul olan xarici ölkələrin alimlərinin elmi işləri və patentləri ilə dissertasiya işində təqdim olunan starter-generator kompleksi müqayisə olunur və onun konstruktiv sxemi, işini hər iki rejimdə tələb olunan səviyyədə yerinə yetirmə qabiliyyəti və üstünlükləri qeyd olunur.

Starter-generatorun dirsəkli valını fırlandıraraq daxili yanma mühərrikinin işə salınması üçün starter rejimində onun ötürdüyü momenti bir qədər azaltmaq üçün ötürmə ədədini 2-yə bərabər (dirsəkli valın sonundakı qasnağa starterin ötürücü qasnağının diametrlərinin nisbəti) qəbul edilərsə, generator rejimində dirsəkli valın fırlanma tezliyi qəbul olunmuş elektrik maşınının valından 2 dəfə artıq sürətlə fırlanmasına səbəb olacaqdır. Aparılan hesablamalara əsasən müəyyən olunmuşdur ki, starter rejimində fırlanma tezliyi 3000÷4000 dövr/dəq. qəbul edilərsə, generator rejimində elektrik maşını daha da dinamiki olaraq 10000÷12000 dövr/dəqiqəlik rejimdə normal işləmək qabiliyyətinə malik olacaqdır.

Starter-generatorun və hal-hazırda istifadə olunan starter, generator və intiqal qurğusunun istehsalına sərf edilən materialların sərfiyyatının müqayisəli hesablanması aparılmış və müəyyən olunmuşdur ki, starter-generatorun tətbiqi ilə mis, elektrotexniki polad, izolyasiya materiallarının sərfiyyatı nəzərə çarpacaq dərəcədə azalır (cədvəl 1)<sup>1</sup>.

Bu fəsilə sabit cərəyandan dəyişən cərəyana keçid məqsədilə kollektor-fırça sisteminə zəruri olaraq, hal-hazırda bir çox xarici ölkələrdə tətbiqləri təklif olunan müxtəlif tipli inverterlər və mürəkkəb maqnit sisteminə malik olan ventil induktorlu intiqal qurğularından fərqli olaraq sadə, aşağı maya dəyərinə malik olan və keçid prosesini səlis yerinə yetirən, qalınlığı 1,5-2 mm olan polad vərəqdən konstruksiya olunmuş çevirici element və stabil rejim yaradan qaytarıcı yaydan ibarət olan yeni qovşağın (şək. 1) əlavə olunması təklif edilir.

Bu qovşaq işəsalma relesi ilə sıx əlaqədə olub heç bir problem olmadan sistemin starter və generator rejimlərində normal işini təmin

---

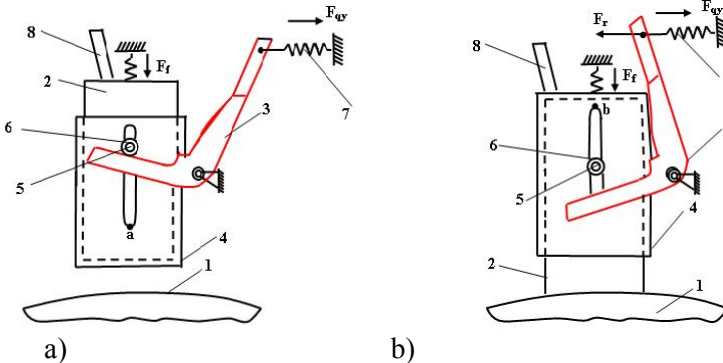
<sup>1</sup>Cədvəl 1.-də göstərilən texniki-iqtisadi göstəricilər "Elektrotexnika" jurnalında dərc olunan məqalələrin rəyçisi, hal-hazırda aviasiyada starter-generatorların tətbiqi ilə məşğul olan Moskva Energetika İnstitutunun "Avtonom obyektlərin elektromexaniki kompleksləri" kafedrasının professoru A.M. Suqrobova, "Некоторые вопросы анализа и исследования режимов стартер - генератора" (Электротехника №7, 2012-ci il)adlı məqalənin rəyinə cavab olaraq əlavə məlumat kimi göndərilmiş və müsbət rəy alınmışdır.

edir. Göstərilən funksiyaları yerinə yetirmək üçün kollektor-fırça sistemində etibarlı iş rejimi yaradan bu konstruksiya işəsalma relesinin  $F_r$  və yayın təsir  $F_{qy}$  qüvvələri altındadır. Generator rejimində yayın dartı qüvvəsi fırçanın kollektor üzərinə oturdulması üçün tələb olan və kollektora edilən təzyiq qüvvəsindən çox olmalıdır. Burada iki variant ola bilər: 1. hər bir fırçanın qaldırılması üçün yay qoyulur; 2. bütün fırçaların qaldırılması üçün bir yay qoyulur.

Cədvəl 1.

Material sərfiyyatının müqayisəli hesabının nəticələri

Elementin adı	Ölçü vahidi	Mis	Elektrotexniki polad	Konstruktiv materiallar	Ümumi material sərfimin cəmi
Starter	kq	0,906	3,455	3,24	7,60
Generator	kq	0,26	0,45	0,12	0,83
Rele	kq	0,528	1,80	1,35	3,678
Cəmi	kq	1,694	5,705	4,71	12,108
Starter-generator+rele	kq	1,099	3,18	3,03	7,582
Material növləri üzrə ümumi qənaət	kq	0,595	2,525	1,407	4,527
Faizlə qənaət	%	~35	~45	~30	~37
Xüsusi çəki: 1,3kVt, starter+generator+rele	q/Vt	1,303	4,388	3,623	9,314
Xüsusi çəki: 1,5 kVt, starter-generator+rele	q/Vt	0,733	2,12	2,22	5,055



Şək. 1. Kollektor – fırça sisteminin konstruktiv sxemi.

Hər iki hal üçün qaytarıcı yayın qüvvəsi müxtəlifdir:

$$F_{qy} > F_f ; F_{qy} > n \cdot F_f$$

burada  $F_{qy}$  – qaytarıcı yayın yaratdığı qüvvə;  $n$  – fırçaların sayı;  $F_f$  – bir fırçanın kollektor üzərinə etdiyi təzyiqli qüvvəsidir.

Dəqiq qiymət almaq üçün  $k=1,2 \div 1,5$  - ehtiyat əmsalından istifadə etməklə yayın qüvvəsini təyin edə bilərik:  $F_{qy} > k \cdot n \cdot F_f$ .

Starter rejimində fırça kollektor  $l$  üzərinə oturdulmalıdır (şəkl.1, b). Fırçanın daxilindən polad materialdan çubuq  $5$  keçirilir ki, bu da fırçatutucusunun  $4$  daxilində onun normal hərəkətini təmin edir. Çevirici elementin  $3$  birinci hissəsində xüsusi yuva kəsiyi yerləşir və orada fırçanın  $2$  öz hərəkətini normal yerinə yetirməsinin mümkün olması məqsədilə fırçanın çubuğu  $5$  geydirilir. Bu kəsiyin ölçüsü fırçanın hərəkətinin hər iki istiqamətdə təmin etmək nöqtəyindən seçilir. Çevirici elementin birinci hissəsinə perpendikulyar olan digər ikinci hissəsi onun hərəkətdirici hissəsi adlanır. Rejimin dəyişdirilməsi üçün bu hissə həm işəsalma relesi (şəkilə göstərilmir) və həm də qaytarıcı yayla  $7$  əlaqələndirilmişdir. Çevirici elementlə fırça arasında elektrik əlaqəsinin qarşısını almaq üçün çubuğun uc hissələrində izolyasiya dilçəyi  $6$  qoyulmuşdur.

Çevirici elementə təsir edən qaytarıcı yayın dartı qüvvəsi aradan qaldırıldıqda fırçanın çubuğu çevirici elementdən azad olur və fırça kollektor üzərinə oturur. Releyə komanda verildikdə onun işə düşməsilə yaranan qüvvə qaytarıcı yayın qüvvəsindən  $F_{qy}$  çox olur, çevirici element istiqamətini dəyişərək fırçanı yuxarı dartılmış vəziyyətdən azad edir və fırça kollektora doğru hərəkət edərək onun üzərinə oturur. Fırçanın kollektor üzərinə oturma anında kiçik periodlu titrəmə baş verə bilər, lakin relenin kontaktları qapanmadığı müddətdə gərginlik verilmədiyindən fırça gərginlik altında olmayacaq. Gərginlik yalnız kontakt sıxılması sona çatdıqda verilir.

Generator rejimini (şəkl. 1, a) yaratmaq üçün fırça ilə kollektor arasında həm elektriki və həm də mexaniki əlaqə kəsilməlidir və bu səbəbdən də fırça kollektor üzərindən götürülməlidir. Bu funksiyanı da çevirici element yerinə yetirir, belə ki, o fırçanı müəyyən məsafədə kollektor üzərindən qaldırır. Çevirici elementin hərəkətdirici qolu qaytarıcı yayla əlaqələndirilir və bu rejimdə yayın dartı qüvvəsi kollektor üzərinə oturacaq fırçaya lazım olan və kollektora edilən təzyiqli qüvvəsindən çox olmalıdır.

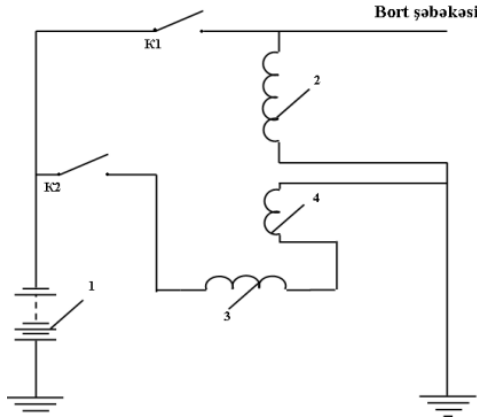
Beləliklə, aparılan tədqiqatlara və hesablamalara əsasən müəyyən olunmuşdur ki, kollektor-fırça sisteminə yeni daxil edilmiş bu qovşaq starter rejimində fırçaların kollektor üzərinə qəzasız



oturdulmasını və generator rejimində işə gərginlik verilməzdən əvvəl fırçaların kollektor üzərindən qaldırılmasını təmin etməklə sabit cərəyandan dəyişən cərəyana səlis olaraq keçid prosesini yerinə yetirir. Generator rejiminin bütün diapazonu üzrə elektrik maşınının lövbər dolağı tamamilə kollektor-fırça sistemindən azad olur və üçfazlı dəyişən cərəyanla işləyir.

**İkinci fəsil** bir maşınla yerinə yetirilən starter və generator rejimlərinin tədqiqinə, starter rejimindən generator rejiminə keçid məsələlərinin araşdırılmasına həsr edilmişdir.

Akkumulyator bankasının elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə və sonra mexaniki enerjinin elektrik enerjisinə çevrilməsində lövbər və iki ədəd təsirlənmə dolaqları iştirak edir (şək. 2). Maqnit sahəsini yaradan təsirlənmə dolağı 4 akkumulyator bankasından 1 qidalanır: paralel təsirlənmə dolağının 2 qoşulması və maqnit selinin yaranması lövbər dolağının 3 qoşulmasından tez baş verir (K1 açarının qoşulması ilə).



Şək. 2. Starter – generatorun starter rejimində elektrik sxemi.

Ümumi halda elektrik maşınlarının ümumiləşdirilmiş nəzəriyyəsinə əsasən və eninə ox üzrə yerləşmiş hərəkət etməyən komutasiyaedici fırçaları olan və lövbərin dişli qurulmasını nəzərə almamaqla uzununa ox üzrə yönəlmiş təsirlənmə dolağına malik biroxlu maşının hərəkət prinsipinə uyğun olaraq, tənliyi yazı bilərik:

$$U_{ab} = R_t i_t + L_t \frac{di_t}{dt}, \quad (1)$$

burada  $U_{ab}$  – akkumulyator bankasının gərginliyi;  $R_t$  - təsirlənmə dolağının müqaviməti;  $L_t$  - təsirlənmə dolağının induktivliyidir.

Lövbər dolağı dövrəsinin gərginliyi isə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$U = C_E \Phi n + R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt}, \quad (2)$$

Elektrik hərəkət qüvvəsinin əmsalı:

$$C_E = pN/a,$$

burada  $p$ –qütblər sayı;  $N$  – lövbər dolağının naqillərinin sayı;  $a$ –paralel dövrlərin sayı;  $n$ –saniyə ərzindəki fırlanma tezliklərinə uyğun fırlanma tezliyidir.

Lövbərin hərəkət tənliyi:

$$C_M \Phi i_1 + M = 2\pi J \frac{dn}{dt}, \quad (3)$$

burada  $C_M = C_E/2\pi$  – moment əmsalı;  $M$  –  $i_1$  cərəyanının təsirindən valda yaranan moment;  $J$  – fırlanan kütlələrin lövbər oxuna gətirilmiş etalət momentidir.

(1) və (2) ifadələrindəki  $R_t$ ,  $R_1$  müqavimətləri və  $L_t$ ,  $L_1$  induktivlikləri sabit qəbul olunur. Əgər  $i_{t^*} = i_t/i_{t0}$  qəbul etsək (burada –  $i_{t0}$  yüksüz işləmə rejimində təsirlənmə cərəyanının qərarlaşmış qiymətidir), (1) tənliyini  $U_t = R_t i_t$  –yə bölərək onu ölçüsüz formada təqdim edə bilərik:

$$i_t + T_t \frac{di_{t^*}}{dt} = 1. \quad (4)$$

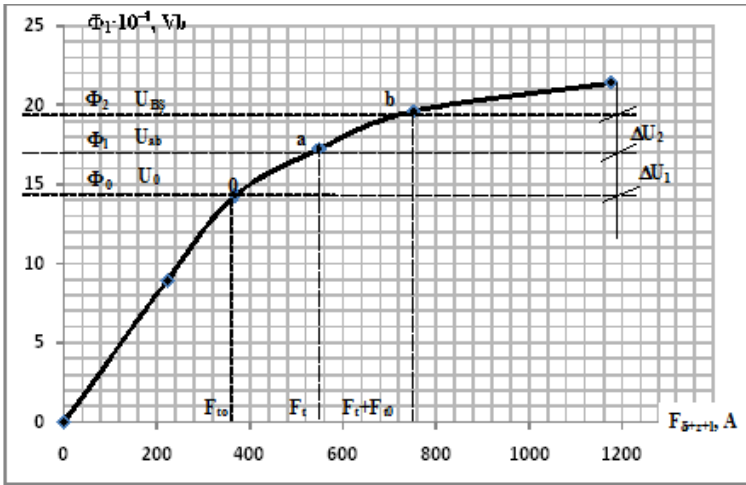
Başlanğıc şərti  $i_{t^*}(0)=0$  qəbul etsək (4) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$i_{t^*}(t) = 1 - e^{-t/T_t}, \quad (5)$$

$t \geq (3-4)$  olduqda isə  $i_{t^*} \approx 0$  olacaq.

Bu fəsildə işəsalmadan əvvəl və generator rejimlərində starter-generatorun maqnit sisteminin vəziyyəti tədqiq edilir. K1 kontaktı qoşulduqda (şəx. 2) akkumulyator bankasının  $I$  gərginliyi  $U_{ab}$  bort şəbəkəsinə verilir və təsirlənmə dolağında sürətli keçid prosesi axır,  $i_t = i_{t0}$  cərəyanı qərarlaşır.  $i_{t0}$  təsirlənmə cərəyanının təsiri ilə maqnit hərəkət qüvvəsi  $F_t$  maqnit seli  $\Phi_1$  yaradır. Bu maqnit sisteminin doymamış vəziyyətinə uyğun gəlir (şəx. 3-də “a” nöqtəsi). Generator rejimində bort şəbəkəsinin gərginliyi  $\Phi_2$  maqnit selinə uyğun olacaqdır.  $U_{BŞ}$  gərginliyində maşının maqnit sisteminin çox

doymamış hissəsinə (şək. 3-də “b” nöqtəsi) uyğun gəlməlidir ki, gərginlik tənzimləyicisi normal olaraq öz funksiyasını yerinə yetirsin. “a” nöqtəsinin ətraf zonasında təsirlənmə cərəyanı  $\Delta U_1$  gərginlik düşgüsünə mütənasib olaraq azalır, yəni  $i_t \equiv \Delta U_1$ . Ardıcıl təsirlənmə dolağının sarğılar sayının seçilməsində nəzərə almaq lazımdır ki, “b” nöqtəsinə uyğun maqnit hərəkət qüvvəsinin azacıq artımı işəsalma prosesinə əks təsir göstərməyəcəkdir, çünki gərginlik tənzimləyicisi işə qoşularaq starter–generatorun təsirlənmə cərəyanına təsir edəcəkdir.



Şək. 3. Starter – generatorun maqnitlənmə əyrisi.

Qoşulmadan sonra ( $i_t=0$ –qoşulma momenti)  $i_t$  cərəyanı kiçik zaman ərzində  $i_t=I_1$  qiymətinə qədər artır və cərəyan tərpənmə momentini, yəni  $M_c=C_m\Phi I_t=M$  yaradır.  $n=0$  və  $u=U$  şəraitində və  $i_t=0$  başlangıç şərtinə əsasən:

$$i_t(t) = i_1 [1 - \exp(-t/T_1)], \quad (6)$$

burada  $i_1 = U/R_1$  - lövbərin hərəkətsiz şəraitində lövbər cərəyanı;  $T_1 = L_1/R_1$  - paralel dolağın zaman sabitidir.

Əgər  $t=t_0$  qəbul edilərsə (1) tənliyinə əsasən  $i_t(t_0)=I_1$  olacaq. Starter–generatorun işə salınması elektromexaniki proses olduğundan  $t_0=0$  qəbul etmək olar. Əgər bucaq sürətinə keçsək ( $\Omega=2\pi n$ ) başlangıç şərtlər  $i_t(0)=i_1$  və  $n(0)=\Omega(0)=0$  daxilində aşağıdakı tənlikləri yazmaq olar:

$$i_1(t) = i_1 + (i_{in} - i_1) \frac{\exp P_1 t - \exp P_2 t}{\sqrt{\Delta}}; \quad (7)$$

$$\Omega(t) = \Omega_0 \left( 1 + T_1 \frac{P_2 \exp P_1 t - P_1 \exp P_2 t}{\sqrt{\Delta}} \right). \quad (8)$$

Xarakterik tənliklərin kökləri:

$$P_{1,2} = -\frac{1}{2T_1} (1 \mp \sqrt{\Delta}); \quad \Delta = 1 - \frac{4T_1}{T_{em}},$$

burada  $T_{em} = \frac{J\Omega_0}{M_e}$  - elektromexaniki zaman sabitidir.

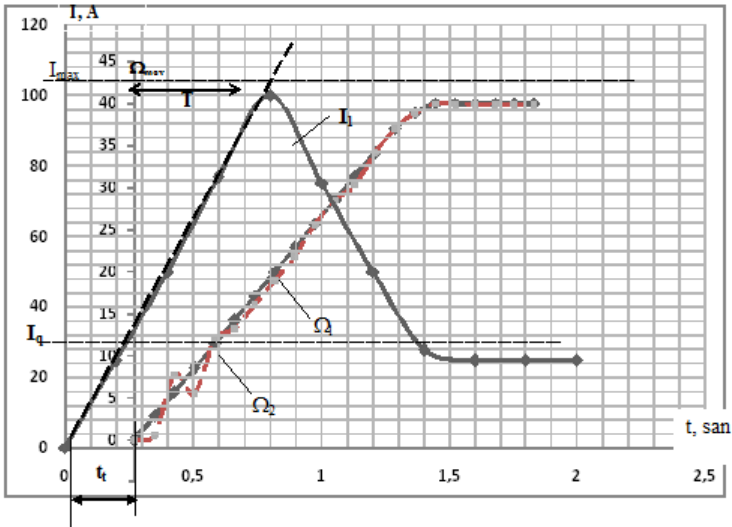
Starter – generatorun lövbərini yüksüz halda, yəni  $M=0$  halında sabit dinamik momentlə fırlandırdıqda,

$$M_{din} = J \frac{d\Omega_0}{dt} = M_e = \text{const},$$

$\Omega=0$ -dan  $\Omega_0=2\pi n_0$ -a qədər dəyişməklə bu sürət artımında süni prosesin zamanını əldə edirik:

$$t_{art} = J \int_0^{\Omega_0} \frac{d\Omega}{M_e} = \frac{J\Omega_0}{M_e} = T_{em}. \quad (9)$$

Deməli, elektromexaniki zaman sabiti ən böyük kinetik momentin ( $M_{kin}=J\Omega$ ) maksimal elektromaqnit momentə ( $M_e=C_m\Phi i_1$ ) olan nisbət ilə müəyyən olunur. Starterlərin gücü adətən 0,7÷7,7 kVt, elektromexaniki zaman sabiti  $T_{em}\approx 0,05\div 0,15$  san. təşkil edir. Nəzərə alınsa ki, starter–generatorlar da bu diapazona daxil olmalıdırlar, onda müvafiq olaraq  $T_{em}$  də daha kiçik qiymətə malik olacaqdır. Starter–generatorlarda elektromaqnit proseslərilə elektromexaniki proseslərinin axma müddətlərinin yaxınlıq təşkil etdiyi halda, lövbər dövrəsinin elektromaqnit ətalətinin təsirini elektromaqnit zaman sabiti, lövbərin induktivliyi  $L_1$  və lövbər dövrəsinin müqaviməti  $R_1$  ilə müəyyən olunur. Lövbər dolağında cərəyanın qiymətinin dəyişməsi elektromaqnit proseslərinin axma sürətindən asılıdır (şəx. 4). Lövbərin tərpənmə momentinin yaranma qiymətinə çatma müddəti ərzində lövbər dolağının cərəyanı, güclü mənbələrdən qidalanan elektrik maşınlarından fərqli olaraq, kiçik qiymətə malik olacaq. Məlum olduğu kimi, starter-generatorun yeganə bəslənmə mənbəyi böyük daxili müqavimətə malik olan akkumulyator bankasıdır ki, o da öz növbəsində bort sistemindən enerji alır. Bu səbəbdən də daxili yanma mühərrikinin işə salınması zamanı lövbər cərəyanı işəsalma cərəyanına həmin müqavimətlə təsir edəcək və  $t=0$  olduqda işəsalma fiziki olaraq qısa qapanma cərəyanına bərabər olmayacaqdır.



Şək. 4. Zamandan asılı olaraq lövbər cərəyanının ( $i_1$ ) və firlanma tezliyinin ( $\Omega$ ) dəyişməsi.

$\Omega_y$  – lövbərin yırğalanmasını nəzərə almaqla firlanma tezliyi;

$\Omega_{11}$  – yırğalanmanı nəzərdən atmaqla firlanma tezliyi.

Generator rejimində lövbər dolağı akkumulyator bankasından verilən gərginlikdən (starter rejimindən) azad olaraq maqnit qütblərinin yaratdıqları maqnit selinin təsiri nəticəsində bort şəbəkəsi üçün elektrik hərəkət qüvvəsi induksiyləndirir. Lövbər dolağı müstəqil olaraq elektrik hərəkət qüvvəsi mənbəyinə çevrilir və ondan ayrılan üç fazlı elektrik hərəkət qüvvəsi lövbərin valında yerləşdirilmiş kontakt halqalarına verilir.

Hər iki rejim üçün uyğun variantlar seçilmiş, mexaniki möhkəmliyə görə heblamalar aparılmış, alınan nəticələr buraxıla bilən qiymətlərlə fərqləndirilmişdir. Aparılan bütün hesablatlar Visual Basic proqramında yerinə yetirilmiş, starter-generatorun xarakteristikaları Microsoft Excell proqramında qurulmuşdur.

Beləliklə, hesablamalardan alınan nəticələrə əsasən müəyyən olunmuşdur ki, bir-birindən xeyli məsafədə təsir göstərən iki rejimin yaxınlaşdırılması məsələlərinin həlli bu fəsilə öz əksini tapır.

**Üçüncü fəsil** starter-generatorda baş verən dinamik proseslərin tədqiqinə həsr edilmişdir. Hərəkət tənliklərinin çıxarılması üçün Dalamber prinsipindən istifadə olunmuşdur. Bu prinsipə görə

sistemin dinamikası statiki məsələ kimi təqdim edilir, yəni hesablama sisteminə təsir edən moment və qüvvələrə hərəkət edən toplanmış kütlələrin ətaləti ilə müəyyən olunan moment və qüvvələr əlavə olunurlar. Bu prinsipə əsasən dinamik şərait bərabərliyini hesablama sisteminin elementlərini nəzərə almaqla yerinə yetirmək olar:

$$M_{y_{n-1}} - J_n \frac{d^2 \alpha_n}{dt^2} + M_n - M_{y_n} = 0, \quad (10)$$

burada  $d\alpha/dt = 0$  – bucaq fırlanma tezliyi;  $M_{y_{n-1}}$  – elementdən solda yerləşən  $n-1$  saylı əlaqədən  $n$  saylı ətalət sisteminə təsir edən moment;  $M_{y_n}$  – elementdən sağda yerləşən “ $n+1$ ” saylı əlaqədən  $n$  saylı ətalət sisteminə təsir edən müqavimət qüvvə momenti;  $M_n$  –  $n$  elementinin momenti;  $J_n$  –  $n$  elementinin ətalət momenti;  $\alpha_n$  – ümumiləşdirilmiş bucaq koordinatıdır.

Digər tərəfdən qüvvə momentini sərtlik  $C$  və bucaq koordinatları  $\alpha$  ilə ifadə etməklə aşağıdakı ifadələri yazmaq olar:

$$M_{y_{n-1}} = C_{n-1} (\alpha_{n-1} - \alpha_n); \quad (11)$$

$$M_{y_n} = C_n (\alpha_n - \alpha_{n+1}). \quad (12)$$

(11) və (12) ifadələrini nəzərə alınsa, (10) ifadəsi aşağıdakı şəkildə olacaq:

$$J_n \frac{d^2 \alpha_n}{dt^2} = M_n + C_{n-1} (\alpha_{n-1} - \alpha_n) - C_n (\alpha_n - \alpha_{n+1}). \quad (13)$$

Ümumi halda mexaniki əlaqələri nəzərə almaqla elektrik intiqalının sıralı hesablama sistemləri üçün hərəkət tənlikləri aşağıdakı formada yazıla bilər:

$$\sum_{i=1}^n (A_i p^{2i} \alpha_i) + \alpha_1 = \sum_{i=1}^n (B_i M_i) + f(M_1, \dots, M_{n-1}), \quad (14)$$

burada  $n$  – sərbəstlik pillələrinin sayıdır.

Ümumiləşdirilmiş (14) tənliyini nəzərə almaqla “starter – generator – dirsəkli val” sisteminin tənliyini aşağıdakı formada yazmaq olar:

$$A_4 p^8 \alpha_1 + A_3 p^6 \alpha_1 + A_2 p^4 \alpha_1 + A_1 p^2 \alpha_1 = B_3 p^6 M_1 + B_2 p^4 M_1 + B_1 p^2 M_1 + C_2 p^4 M_2 + C_1 p^2 M_2 + D p^2 M_3 + M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \quad (15)$$

Tipik hesablama sxemlərinin bu cür paylanması nəzərə almaqla “starter-generator-dirsəkli val” mexanizminin hesablama sxemi dörd kütləli sxemə ( $A_1$ –starter-generator;  $A_2$ –işəsalma-çevirici qurğusu;  $A_3$ –qayış ötürməsi;  $A_4$ –dirsəkli val) aid edilə bilər ki, bu da

avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalının elektromexaniki sistemlərinin tədqiqində az hallarda, yəni onların mexaniki hissələrinin hərəkət şəraitinin nisbətən dəqiq analizinə zəruriyyət yarandıqda istifadə olunur. Göstərilən hesablama sxeminə daxil olan momentləri, sərtlikləri, ətalət momentlərini, ötürmə ədədləri və bucaq sürüşmələrini nəzərə almaqla iki sərbəstlik dərəcəsinə olan sistem üçün aşağıdakı bərabərliklər alınmışdır:

$$\left. \begin{aligned} J_1 p^2 \alpha_1 &= M_1 + C_{p1} (\alpha_1 - \alpha_4'') \\ J_4 p^2 \alpha_4'' &= M_4'' + C_p (\alpha_1 - \alpha_4'') \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

burada  $J_2'', M_2'', C_g$  - uyğun olaraq, starter-generatorun valına gətirilən ətalət və müqavimət momentləri və hissələrin sərtlikləridir.

(16) tənliklər sisteminin  $\alpha_1$  - ə nəzərə alınaraq birgə həlli, verilmiş iki kütləli sistem üçün hərəkət tənliyini yazmağa imkan verir:

$$\frac{J_1 J_4''}{C_p} p^4 \alpha_1 + (J_1 + J_4'') p^2 \alpha_1 = M_1 + M_4'' + \frac{J_4''}{C_p} p^2 M_1. \quad (17)$$

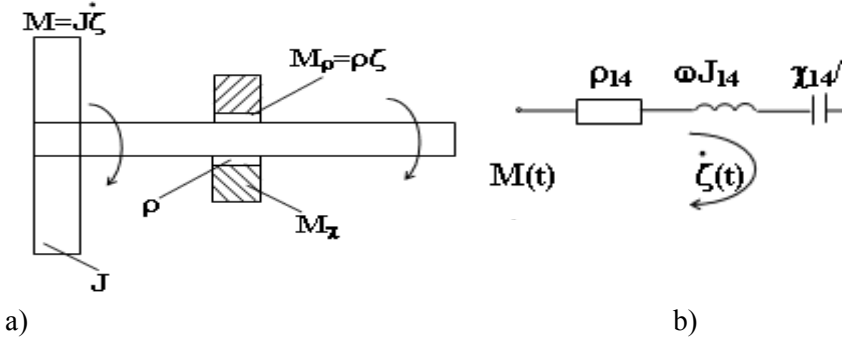
Lakin qeyd olunmalıdır ki, bu tənliklərdə dördkütləli qurğuların parametrləri qeyri-əşkar şəkildə iştirak etdiyindən onların müqayisəli təhlilini aparmaq çətinidir. Dissertasiya işində bu ehtimalın əsaslandırılması məqsədilə starter-generator kompleksinin eyni valına təsir edən momentlərin tənliklərinin təyin edilməsi vacibliyi nəzərə alınaraq, elektrik aparatları və mexaniki titrəyişlər nəzəriyyələrində geniş istifadə olunan elektromexaniki analogiya metodu ilə əsaslanma aparılmışdır.

Çoxkütləli mexaniki qurğularda mexaniki rəqslərin tədqiqində elektromexaniki analogiyanın tətbiqi A.N. Obmorşevin, A.A.Yaboinskiyin, S.S. Noreykonun və başqa alimlərin elmi əsərlərində öz əksinin tapmışdır. Bu metodun əsasında bucaq fırlanma sürəti fırlanma momenti  $M(t)$  və mexaniki müqavimət  $z_m$  arasında aşağıdakı funksional asılılıq alınmışdır:

$$\dot{\zeta} = M(t)/z_m = M(t)/\rho_{14} + j\omega(J_{14} - (\chi_{14}/\omega^2)), \quad (18)$$

burada  $\rho_{14} = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4$  -  $M_1, M_2, M_3$  və  $M_4$  qovşaqlarının titrəmə müqavimətlərini,  $\chi_{14} = \chi_1 + \chi_2 + \chi_3 + \chi_4$  - qovşaqların elastikliyi nəzərə alın parametrlər;  $J_{14} = J_1 + J_2 + J_3 + J_4$  -  $M_{14} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$  kütlələrinin cəminə düz mütənasib olan qovşaqların kütlələrinin ətalət momentinin yekun qiymətidir.

Şək.5-də parametrlərin ifadələri və mexaniki dövrənin əvəz sxemi verilmişdir.



Şək. 5. Birkütlü mexaniki qurğunun ekvivalent sxemi (a) və mexaniki dövrənin əvəz sxemi (b).

$\rho_2 + \rho_3 \ll \rho_1 + \rho_4$ ,  $J_2 + J_3 \ll J_1 + J_4$  və  $\chi_2 + \chi_3 \ll \chi_1 + \chi_4$  olduğuna görə bucaq fırlanma sürətinin ifadəsini alırıq:

$$\dot{\zeta}(t) = \frac{M(t)}{\rho_1 + \rho_4 + j\omega \left( J_1 + J_4 - \frac{\chi_1 + \chi_4}{\omega^2} \right)}, \quad (19)$$

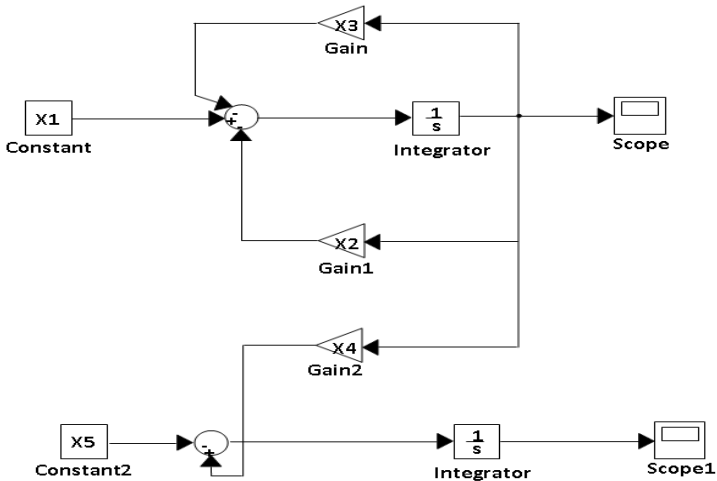
buradan  $J_1 + J_4 = \frac{\chi_1 + \chi_4}{\omega^2}$  eyniliyini qəbul edib rezonans tezliyi üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\omega_0 = 1 / \sqrt{(J_1 + J_2) \left( \frac{1}{\chi_1 + \chi_2} \right)}. \quad (20)$$

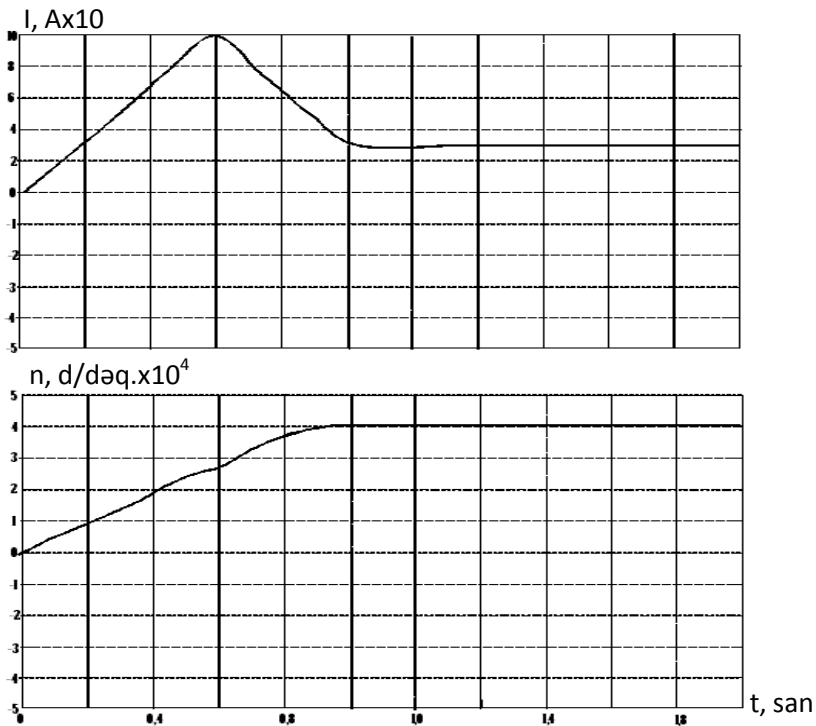
Beləliklə, (20) ifadəsinin məxrəci kifayət qədər böyük qiymətə malik olması səbəbindən rezonans hadisəsinin baş vermə ehtimalı 0-a bərabərdir.

(1) və (2) ifadələrinə əsasən MATLAB proqramının “Simulink” bölməsində starter-generatorun dinamik modeli tərtib edilmiş və müvafiq olaraq starter-generator cərəyanının və fırlanma sürətinin zamandan asılılıq xarakteristikaları qurulmuşdur (şək. 6 və 7).



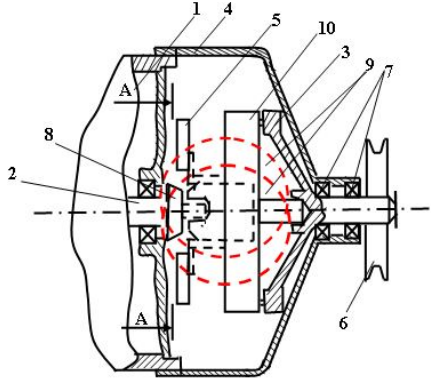


Şək. 6. Starter-generatorun starter rejiminə uyğun dinamik modeli.



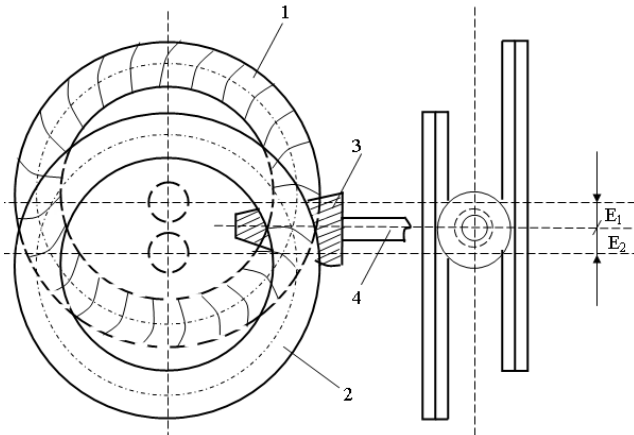
Şək. 7. Cərəyanın və fırlanma sürətinin zamandan asılılıq xarakteristikaları.

**Dördüncü fəsil**də starter – generator kompleksinin bir rejimdən digər rejimə normal keçid prosesini həyata keçirən, starter-generator ilə daxili yanma mühərrikinin dirsəkli valı arasında yerləşdirilmiş işəsalma-çevirici qurğusu (şək. 8) tədqiq olunmuş, konstruksiyasında dəyişikliklər edilmişdir. Starter-generatorun intiqal qurğusu sabit cərəyan mühərrikinin 1 aparıcı valından 2, aparılan valdan 3, qapaqdan 4, tormoz diskindən 5, qasnaqdan 6, yastıqlarından 7 ibarət olub, gipoid ötürməsi yaradan iki dişli çarxlar 8, 9, vintli ötürmə yaradan dişli çarx 10 ilə təchiz olunmuşdur.



Şək. 8. Starter-generator üçün intiqal qurğusunun konstruktiv sxemi.

Bu fəsilə hal-hazırda istifadə olunan bir gipoid ötürməli dişli çarx əvəzinə, ölçülərin kiçildilmiş və çarxlar arasında simmetriklilik  $E_1$  və  $E_2$  nəzərə alınmaqla iki gipoid 1, 2 və dişli 3 çarxların tətbiqi təklif olunur (şək. 9).



Şək. 9. Gipoid çarxlarının yerləşmə sxemi.

Belə metodun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, hər iki ötürmədə moment ötürən dişlər arasında xətti ilişmə olduğundan intiqal qurğusunda səs xeyli aşağı səviyyədə olacaq, momentə görə buraxıla bilən yüklənmə çox olduğundan kütlə - qabarit parametrləri azalacaq. Qabarit ölçülərin kiçik olması isə ümumi konstruksiyanın həcmnin azalmasına səbəb olacaq. İki gipoid çarxının dişli çarxa mexaniki qüvvə ilə təsiri sıfıra bərabər olacaqdır və hesablamalar dişli çarxın valının 4 (şək. 9) deformasiyasına görə deyil, yalnız ötürülən momentin qiymətinə əsasən aparılacaq.

Gipoid sürüşmə əmsalı:

$$k_e = E/r_{\zeta} = 0,2 \div 0,3 \text{ mm,}$$

olmaqla iki gipoid çarxları tətbiqi üzrə hesablamalar 2 variantda Visual Basic proqramında aparılmışdır. Burada  $E = E_1 + E_2$ ;  $r_{\zeta}$  – çarxın radiusudur.

Beləliklə, alınan nəticələrə əsasən 2-ci variant ən optimal variant qəbul olunmuşdur. Belə ki, hal-hazırda istifadə olunan qipoid çarxlarının diametrinin minimal qiyməti 200 mm olduğu halda, təqdim olunan dissertasiya işində isə simmetrik olaraq yerləşdirilmiş və hər birinin diametri 46,0014 mm olan iki gipoid çarxının tətbiqi müvafiq olaraq dişli çarxın da diametrinin azalmasına səbəb olmuşdur (daxili diametr-50 mm, xarici diametr-57 mm) ki, bu da konstruksiyanın çəkisinin azalmasına müsbət təsir göstərir.

## YEKUN NƏTİCƏ

Dissertasiyada hal-hazırda sərbəst hərəkət edən obyektlərdə istifadə olunan starter və generatorun əvəzinə iki funksiyalı yerinə yetirən starter-generatorun yeni konstruksiyasının tətbiq edilməsinin səmərəliliyi, onun konstruktiv ifası, starter və generator rejimlərinin xüsusiyyətlərinin araşdırılması, bir rejimdən digərinə keçidzamanı baş verən proseslərin tədqiqi öz həllini tapmışdır. Əsas nəticələr aşağıdakılardır:

**1.** Sabit cərəyandan dəyişən cərəyana keçid məqsədilə kollektor – fırça sisteminə zəruri olaraq daxil edilmiş çevirici element və qaytarıcı yaydan ibarət olan yeni qovşağın yerinə yetirdiyi funksiyalar hər iki rejimdə tədqiq edilmiş, bu sistemdə ehtimal oluna biləcək qəza hallarına baxılmış, fırçaların kollektor lövhələrinə göstərdiyi təzyiq qüvvəsi hesablanmış və yeni qovşağın tam etibarlı işi əsaslandırılmışdır.

2. Starter-generatorun konstruksiyası imkan verir ki, qayış ötürmə ədədinin qiymətinin artırılması ilə nisbətən kiçik qabarit ölçülərinə malik olan yüksək tezlikli sabit cərəyan mühərriki generator rejiminin bütün diapazonunda iş prosesini yüksək səviyyədə yerinə yetirsin. Starter rejimində starter-generatorun fırlanma tezliyi 2500÷4000 dövr/dəq., generator rejimində isə ötürmə ədədinin artırılması ilə əlaqədar olaraq 1000-12000 dövr/dəq. diapazonunda mexaniki möhkəmlik nəzərə alınmaqla aparılan hesabatlardan müsbət nəticələr alınmışdır.

3. Starter rejimində starter-generatorun elektrik sxemi, lövbər dolağının seksiyalarında axan cərəyanların paylanmasının sadələşdirilmiş əvəz sxemi tərtib edilmiş, işəsalma zamanından asılı olaraq lövbər cərəyanının, fırlanma sürətinin dəyişməsi tədqiq edilmiş, generator rejimində iş prosesləri tam araşdırılmışdır.

4. “Starter-generator – dirsəkli val” qovşağının kinematik sxemi tədqiq edilmiş, kompleksə daxil edilən bütün elementlərin ümumi hərəkəti ilə bucaq koordinatları nəzərə alınmaqla gətirilmiş kinematik sxemin əsasında sıralı hesablama sistemi tərtib olunmuşdur. Alınmış riyazi ifadələrdə dördkütləli qurğuların parametrləri qeyri-aşkar şəkildə iştirak etdiyindən onların müqayisəli təhlilini aparmaq məqsədilə elektromexaniki analogiya metodundan istifadə edilmiş və diferensial tənliklər sistemi alınmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, işəsalınma zamanı rezonans hadisəsinin baş vermə ehtimalı 0-a bərabərdir. Starter-generatorun konstruksiyası imkan verir ki, dörd kütləli sistem olan “starter-generator – dirsəkli val” qovşağı iki kütləli sistemə gətirilsin. MATLAB proqramının “Simulink” bölməsinə əsasən starter-generatorun dinamik modeli tərtib edilmiş və müvafiq olaraq cərəyanın və fırlanma sürətinin zamandan asılılıq xarakteristikaları qurulmuşdur.

5. Yeni starter-generator ilə daxili yanma mühərrikinin valı arasındakı intiqal qurğusu yenidən konstruksiya olunmuşdur. Keçid əməliyyatlarını yüksək səviyyədə və məhdud səsle yerinə yetirən iki gipoid və dişli çarxlarla təchiz edilmiş intiqal qurğusunun işi tam araşdırılmışdır. Simmetrik olaraq yerləşdirilmiş iki gipoid ötürməli çarxların dişli çarxla birləşdirilməsi üzrə hesablamalar Visual Basic proqramında iki variantda aparılmış və II variantın nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, hər birinin diametri 46,0014 mm. olan simmetrik yerləşdirilmiş iki gipoid çarxının konstruksiya olunması, müvafiq olaraq dişli çarxın da diametrinin və ümumilikdə starter-generatorun da çəkisinin azalmasına müsbət təsir göstərir.

6. Starter-generator kompleksinin çəki və qabarit ölçülərinin azaldılması məqsədi ilə aparılan hesablamalarda vacib olan əsas parametrlər və hər iki rejimə aid şərtlər qəbul edilmişdir. Yeni kompleks ilə hal-hazırda istifadə olunan sərbəst hərəkət edən obyektlərin konstruksiyasına daxil olan starterin və generatorun istehsalına sərf olunan material sərfiyyatı hesablanmışdır və müəyyən edilmişdir ki, ümumilikdə istehsala sərf olunan qiymətli materiallara ~37% qənaət edilməklə, maşının çəkisi 1,9 dəfə azalır, müvafiq olaraq məhsulun maya dəyəri və qiyməti 2 dəfə aşağı düşür, faydalı iş əmsalı isə 1,04 dəfə artır.

**Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıda qeyd olunan işlərdə öz əksini tapmışdır:**

1. Musayev Z.N., Xanəhmədova S.Ə. Starter-generator kompleksinin tətbiqində iqtisadi səmərəlilik // «Dənizçi zabitlərin ixtisas hazırlığında müasir istiqamətlər» konfransı. Azərbaycan Ali Hərbi dənizçilik məktəbi, Bakı, 2007.
2. Musaev Z.N., Khanakhmedova S.A. Ecological and efficiency of application the starter – generating complex // Экоэнергетика №2, Баку, 2008.
3. Мусаев З.Н., Ханахмедова С.А. Применение одномашинной системы в бортовой сети электрооборудования // ВИСНИК Кременчущького Державного Политехнического Университета им. М. Остроградского №3, 2008 (50) ч.2.
4. Khanakhmedova S.A. The decision of problems at transition in a generating mode of the starter – generator // Romania, Proceeding of the International Conference on Electronics, Computers and artificial intelligence ECAI'09 Edited by University of Pitesti No 2, 2009.
5. Fərhadzadə E.M., Musayev Z.N., Xanəhmədova S.Ə. İkifunksiyalı elektrik maşınının generator rejimi // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri №4(62), Bakı, 2009.
6. Musayev Z.N., Xanəhmədova S.Ə. Starter - generatorun generator rejimində bort şəbəkəsi ilə əlaqə // Azərbaycan Texniki Universitetinin Elmi Əsərləri №2, Bakı, 2009.
7. Musaev Z.N., Khanakhmedova S.A. Transition the starter – generator in the generating regime after start of the engine internal combustion // TPE Journal, Autumn No1, Vol1, 2009.
8. Мусаев З.Н., Ханахмедова С.А. Стартер-генератор и механические связи с коленчатым валом двигателя внутреннего сгорания // Проблемы машиностроения и автоматизации №3, Москва, 2010.

9. Ханахмедова С.А. Пути развития бортовой сети энергетической системы // Проблемы энергетики №3, Баку, 2010.
10. Musaev Z.N., Khanaknmedova S.A. Starting system operation in the starter-generator // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering, No1, Vol.1., March 2010.
11. Fərhadzadə E.M., Musayev Z.N. Xanəhmədova S.Ə. Bort şəbəkəsində tətbiq olunan intiqal qurğusu // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri №4(68), Bakı, 2010.
12. Xanəhmədova S.Ə. Starter – generator kompleksi // ADNA-nın 90 illik yubileyinə həsr edilmiş beynəlxalq elmi konfrans materialları №5-6 (69-70), 2010.
13. Мусаев З.Н., Ханахмедова С.А. Стартер-генератор, конструкции и его элементы // Вестник Машиностроения №5, Москва, 2011.
14. Ханахмедова С.А. Некоторые вопросы анализа и исследования режимов стартер–генератора // Электротехника №7, Москва, 2012.
15. Ханахмедова С.А. Некоторые исследования динамических процессов в комплексе «стартер-генератор» // Технология машиностроения, Москва №6, 2012.
16. Musayev Z.N., Xanəhmədova S.Ə. “Bort elektrik şəbəkəsində starter və generator elementlərinin birmaşınlı sistemə keçid məsələləri” Müasir dünyada inteqrasiya və müqavimət prosesləri adlı Azərbaycan dövlətçiliyinin 94 illiyinə və Heydər Əliyevin anadan olmasının 89-cu ildönümünə həsr edilən beynəlxalq elmi konfrans. Bakı, Azərbaycan Universiteti, 09.07.2012.
17. Ханахмедова С.А. Стартер-генератор на борту подвижных установок // Электротехника и электроэнергетика, №2, Украина, Запорожье 2012.
18. Xanəhmədova S.Ə. İkifunksiyalı elektrik maşınının layihələndirilməsində bəzi məsələlərin təhlili // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri №3(85), Bakı-2013.
19. Xanəhmədova S.Ə. İkifunksiyalı elektrik maşınının yeni kollektor-fırça sistemi // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri H.Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Azərbaycan 2020: neft-qaz sənayesinin inkişaf perspektivləri” adlı elmi-praktiki konfransı Bakı – 2013.

**ХАНАХМЕДОВА САМИРА АЛХАДИ кызы**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ**  
**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БОРТУ**  
**СВОБОДНОДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

**РЕЗЮМЕ**

В диссертации рассмотрено применение новой одномашинной стартер-генераторной конструкции, выполняющей две функции вместо стартер и генератора, применяемой в свободходвижущихся объектах, т.е. автомобильно-транспортных средствах.

Выявлено, что если в стартерном режиме частота вращения будет принята в пределах 3000÷4000 об./мин., тогда в генераторном режиме машина будет работать более динамично в пределах 10000÷12000 об./мин.

Разработаны функции в двух режимах нового узла размещенного в коллекторно-щеточную систему, состоящего из преобразующего элемента и пружины, обеспечивающий плавный переход с постоянного тока на переменный, рассмотрены возможные аварийные случаи и обоснована полная надежная работа применяемого узла.

По проведенным исследованиям установлено, что конструкция «стартер-генератор»а дает возможность приведения в двухмассовую систему четырехмассового узла «стартер-генератор-коленчатый вал». Вероятность резонанса равна нулю. В связи с этим использован метод электромеханической аналогии и получены дифференциальные системы уравнений. На основе составленной динамической моделив программе MATLAB (Simulink) построены зависимости тока и скорости вращения от времени пуска.

Полностью исследована работа приводного устройства, снабженного двумя симметричными гипоидными и зубчатыми колесами и выполняющего переходной процесс, размещенного между валами стартер-генератора и двигателя внутреннего сгорания с целью выполнения двух разных режимов и обоснована надежность их работы.

Использование предложенных методов и расчетов дает возможность применения малогабаритного и двухфункционального стартер-генераторного комплекса, и экономить на дорогостоящие материалы в значительном количестве в производстве транспортных средств.

**KHANAKHMEDOVA SAMIRA ALKHADI**  
**DESIGNING AND RESEARCH OF ELECTROMECHANICAL**  
**ELEMENTS ONBOARD INDEPENDENTLY MOVING**  
**OBJECTS**

**RESUME**

In the dissertation application new one-machine a design starter-generating is considered, carrying out-jushchej two functions instead of a starter and the generator, applied in independently moving objects, i.e. auto - vehicles.

It is revealed, that if in starter mode frequency of rotation will be accepted in limits 3000÷4000 turn/minute then in the generating mode the car will work more dynamically in limits 10000÷12000 turn/minute

Functions in two modes of new knot placed in the collector-brush system, consisting of a reformative element and a spring, providing smooth transition from a direct current on variable are developed, possible emergency cases are considered and full reliable work of the applied knot is proved.

On the spent researches it is established, that the design "starter-generator" and gives the chance reductions in two-mass system four-mass knot "starter-generator-cranked shaft". The probability of a resonance is equal to zero. In this connection the method of electromechanical analogy is used and differential systems of the equations are received. On the basis of made dynamic models in program MATLAB (Simulink) are constructed dependences of a current and speed of rotation on start-up time.

Work of the actuating unit suppliedtwo symmetric qipoid and cogwheels and carrying out transitive the process is completely investigated, placed between shafts the starter-generator and an internal combustion engine for the purpose of performance of two different modes and reliability of their work is proved.

Use of the offered methods and calculations gives the chance applications small-sized and two-functional a complex starter-generating and to save on expensive materials in a significant amount in manufacture of vehicles.



**ХАНАХМЕДОВА САМИРА АЛХАДИ КЫЗЫ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БОРТУ  
СВОБОДНОДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ**

Специальность: 3340.01 – Электротехнические системы и  
комплексы

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по технике

Çapa imzalanıb:  
Kağız formatı A5, tiraj:100.  
Sifariş №\_\_\_\_

---

ADNA nəşriyyatı, Azadlıq prospekti 20