

UOT 62.83.52

**GƏMİ GÖYƏRTƏ MEXANİZMLƏRİNİN ELEKTRİK İNTİQALLARINDA TƏTBİQ
OLUNAN ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRİN GƏRGİNLİYİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİNİN
TƏHLİLİ**

Sultanov E.F., Bayramova İ.P., Həsənov E.A.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, genclik76@mail.ru, hasanov.079@mail.ru,

Xülasə. *Məqalədə sənayenin müxtəlif sahələrində o cümlədən gəmi göyərtə mexanizmlərində istifadə olunan asinxron elektrik mühərriklərinin fırlanma sürətinin tənzimlənməsi üçün istifadə edilən gərginlik tənzimləyicilərində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin effektiv dərəcədə yaxşılaşdırılmasından bəhs olunur. Həmçinin asinxron mühərriklərin cərəyanının gərginliyinə görə tənzimlənməsi ilə məqsədəuyğun tətbiq sahəsinin qiymətləndirilməsindən bəhs edilir.*

Аннотация. *В статье рассматривается эффективное повышение показателей качества электроэнергии в регуляторах напряжения, используемых для регулирования частоты вращения асинхронных электродвигателей, применяемых в различных отраслях промышленности, в том числе в судовых палубных механизмах. В статье также обсуждается оценка целесообразности применения асинхронных двигателей с регулированием тока в зависимости от напряжения.*

Abstract. *In article discusses the effective improvement of power quality indicators in voltage regulators used to regulate the rotation speed of asynchronous electric motors used in various industries, including shipboard mechanisms. The article also discusses the assessment of the appropriate application area of asynchronous motors by adjusting the current according to the voltage*

Açar sözlər: *gəmi, elektrik intiqalı, asinxron mühərrik, gərginlik, tənzimləməsi*

Ключевые слова: *судно, электрическая приводы, асинхронный двигатель, напряжение, регулирование потеря*

Key words: *ship, electric drive, asynchronous motor, voltage, regulation*

Giriş. Asinxron maşınlar dünyada ən çox inkişaf tapmış elektrik maşınlarıdır. Onlar əsas etibari ilə elektrik mühərrikləri kimi xalq təsərrüfatının bütün sahələrində geniş miqyasda istifadə edilir və elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən ən əsas çeviricilərdir. Hazırda asinxron mühərriklər dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin yarısından çoxunu sərf edir və əksər mexanizmlərin elektrik intiqalı kimi çox geniş tətbiq edilir. Buna səbəb asinxron mühərriklərin quruluşunun sadəliyi, başqa mühərriklərə nisbətən ucuz başa gəlməsi, etibarlı işləməsi və F.İ.Ə-nin yüksək olmasıdır.

Çox nadir hallarda asinxron maşından elektrik generatoru kimi də istifadə olunur. Bundan başqa asinxron maşın gərginlik və faz tənzimləyicisi, tezlik və faz çeviricisi və s. bu kimi müxtəlif rejimlərdə də işlədilir.

Son vaxtlar, əsas etibarilə məişət elektrik avadanlıqları üçün birfazlı asinxron mühərriklərin tətbiqi geniş vüsət almışdır. Hazırda texnikanın bir çox sahələrində külli miqdarda müxtəlif modifikasiyalı asinxron maşınlar, o cümlədən, icra mühərrikləri, taxogeneratorlar, selsinlər, dönən (fırlanan) transformatorlar və s. geniş miqyasda tətbiq edilir.

Dünyanın bir sıra ölkələrində asinxron maşınların istehsalına, istismarına və təkmilləşdirilməsinə böyük fikir verilir [1,2].

Bu səbəbdən də hal-hazırda asinxron mühərriklər dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin yarısından çoxunu sərf edir və əksər mexanizmlərin elektrik intiqalında geniş tətbiq edilir. Buna səbəb asinxron mühərriklərin quruluşunun sadəliyi, başqa mühərriklərə nisbətən iqtisadi cəhətdən əlverişli olması, işləmə etibarlılığının və f.i.ə.-nin yüksək olmasıdır. Elektrik maşınları cərəyanın növündən asılı olaraq, sabit və dəyişən cərəyan maşınlarına ayrılır. Dəyişən cərəyan maşınları isə elektromaqnit sisteminin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq asinxron, sinxron və kollektorlu maşınlara ayrılır. Təcrübələr göstərir ki, asinxron maşının generator rejimində istifadəsi nadir hallarda baş verir. Bundan başqa, asinxron maşın gərginlik və faza tənzimləyicisi, tezlik və faza çeviricisi və s. bu kimi müxtəlif rejimlərdə də işlədilir [1,2].

Əsas hissə. Asinxron elektrik mühərriklərinin daha aktual və prioritet istiqamətli olması onların tənzimləmə diapazonunun tələblərini ödəməsi, enerji səmərəliliyinin artırılması imkanları və qidalandırıldığı şəbəkə ilə elektromaqnit uyğunlaşmanın yaxşılaşdırılmasının təmin edilməsi ilə əlaqədardır.

Ümumi sənaye mexanizmində enerji səmərəliliyinin artırılması texnoloji əməliyyatları yerinə yetirərkən elektrik intiqalında itkilərin azalması ilə bağlıdır. Belə elektrik intiqalları işəsalma, dayandırma rejimlərində (kranlar, liftlər və digər dəzgahları göstərmək olar) yaxud yavaş dəyişən yüklə (nasoslar, ventilyatorlar, kompressorlar, nəqliyyatlar və s.) uzun müddətli rejimlərdə işləyən elektrik idarəediciləridir [5].

Elektrik intiqalında yaranan itkilərinin azaldılması hesabına elektrik enerjisinə əhəmiyyətli dərəcədə qənaət etmək mümkündür. Kinematik əlaqəli elektrik intiqallarında yüklənmələrin mühərriklər arasında bərabər paylanması, həmçinin onlarda itkiləri minimuma endirməyə imkan verir.

Enerjiyə qənaətin əsas istiqamətlərindən biri də sürəti tənzim olunmayan elektrik intiqallarından tənzimləmə bilən elektrik intiqallarına keçidin yaradılmasıdır. Bu proses elektrik

enerjisinə qənaət etməyə həm iqtisadi, həm də istehsal olunan xammalın və ona sərf edilən enerjinin məhsuldarlığı baxımından ən müasir texnoloji prosesin təkmilləşdirilməsinə əhəmiyyətli təsiri göstərir. Enerjiyə qənaət məqsədilə hazırda bütün sənaye müəssisələrində tezlik çeviricili asinxron elektrik intiqalları da geniş tətbiq olunurlar. Buçeviricilərinin tətbiqi sayəsində elektrik enerjisində qənaət etməyə, istismar xərclərini azaltmağa, avadanlığın etibarlılığını artırmağa, mühərriklərin və mexanizmlərin xidmət müddətini, məhsuldarlığını artırmağa və elektrik intiqallarının intellektual idarəetmə sistemlərini həyata keçirməyə imkan verir [1,2].

Məqalədə effektivliyin artırılmasını sübut edən şəbəkə gərginliyinin sinusoidal formasının yaxşılaşdırılması üçün bəzi üsullar nəzərdən keçirilmişdir. Çoxpulslu sxemlərin, şəbəkə reaktorlarının, passiv süzgəcli kompensasiyaedici qurğuların panlaşdırma qurğularının, aktiv gərginlik düzəldicilərinin tətbiqi. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün göstərilən üsulların köməyi ilə hesablamaların nəticələri verilmişdir.

Xüsusi texniki vasitələrdən istifadə edilməsi elektrik intiqalında enerji itkilərinin minimuma endirilməsini təmin edir. Təsnifat Cəmiyyətinin (Dəniz registri) tələblərinə əsasən (Hissə XI/2.3.2.1) gərginlik altında olan elektrik avadanlığı hissələrinin izolyasiya materialları asbest tərkibli və dielektrik möhkəmliyə malik olmalıdır. Həmçinin səthi ilə sızma cərəyanlarına qarşı davamlı, nəmlikdən və yağdan qorunmuş, eyni zamanda xüsusi möhkəmliyə malik olmalıdırlar [3].

İndiki zamanda yüklənmə qabiliyyətinə uyğun olaraq mühərrikdə gərginliyi tənzimləyən qurğuların köməyindən istifadə olunur. Bir qayda olaraq, tiristorlu gərginlik tənzimləyicisi vasitəsi ilə mühərrikin statoru ilə şəbəkə qoruyucusu, yaxud enerji qənaət rejimi tezlik çeviricisi arasında əsaslı xüsusi gərginlik tənzimləyiciləri ilə təmin olunur.

Birinci halda tiristorlu gərginlik tənzimləyicisi enerjiyə qənaət funksiyasından başqa işə düşmə və tormozlama rejimlərinin idarə edilməsinin daha əhəmiyyətli funksiyalarını yerinə yetirir, bəzən momenti və sürəti nizama salır, mühafizəni və diaqnostikanı həyata keçirir, eyni zamanda bütövlükdə idarəedicinin texniki səviyyəsini yüksəldir.

Elektrik mühərrikində hər hansı nasazlığın yaranması zamanı statorun faza dolaqlarının EHQ-ləri saz vəziyyətdəkinə nisbətən öz qiymətlərini müxtəlif dərəcədə dəyişirlər. Deməli, asinxron mühərrikin nasaz olmasını müəyyən etməkdən ötrü mühərrikin statorunda faza dolaqlarının EHQ-lərinə ayrı-ayrılıqda nəzarət etmək lazımdır [3].

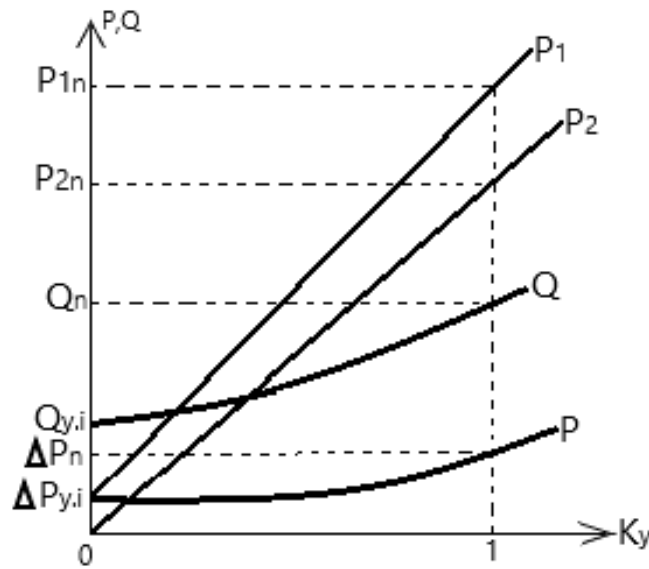
İkinci halda, enerjiyə qənaəti rejimi tezlik çeviricisinin əlavə seçimi kimi nəzərdən keçirilir və bunlar yalnız istehsal olunan çevricilərdə bəzi növlərdə mövcuddur.

Bu cür qurğuların tətbiqinin çox funksionallığı nəzərə alınmaqla dəyişən yüklənməyə malik olan elektrik intiqalları üçün, hətta onların nisbətən yüksək dəyərə malik olsa belə, iqtisadi cəhətdən məqsəduyğun hesab edilir.

Ümumi sənaye mexanizmlərində əksərən elektrik intiqallarının gücünün 2-3 dəfə artırılaraq müəyyən həddə çatdırılması zərurəti yaranır. Bundan başqa texnoloji xarakterinə görə bəzi mexanizmlərin elektrik intiqalları istehsal dövrü müddətində bir hissəsi ehtiyac olmadan işləyir. Bu zaman ümumi və reaktiv güc itgilərinin asılılıqları şəkil 1-də əks olunmuşdur. Şəkildə eyni zamanda asinxron mühərrikin (AM) bütün itkiləri nəzərə alınmaqla güclənmə əmsalının tam gücdən asılılıq ayrılmasını xarakterizə edən qrafikləri də əks olunmuşdur [4,5].

Göstərilən ayrılmanın xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, normal sürət intervalında işləyərkən yüklənmiş AM enerji sərfiyyatını azaltmağa imkan verir, tənzimləyici $U_1 < U_{1nom}$ kimi yarımkeçirici gərginlik tənzimləyicisindən istifadə edərək onun işini təmin etmək mümkündür [4].

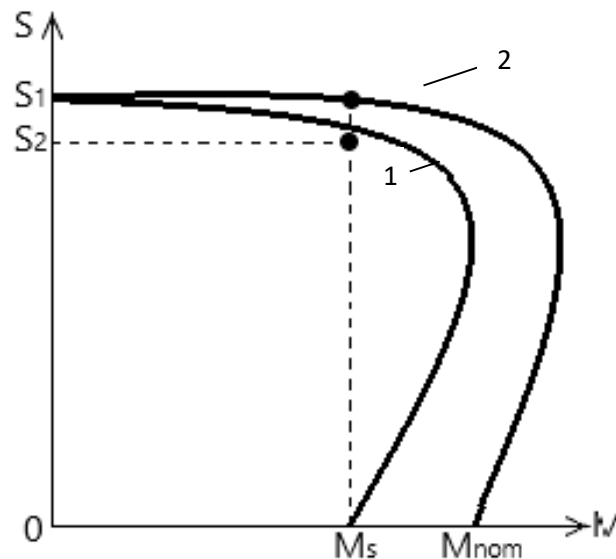
Belə ki, əgər $U_1 = U_{1nom}$ olarsa xarakteristik ayrılarda U_1 -mühərrikinə qoşulmuş gərginliyin 1-ci harmonikasının mövcud qiymətidir; U_{1nom} -şəbəkənin nominal gərginliyinin növbəti qiymətidir.



Şəkil 1. Asinxron mühərrikin aktiv və reaktiv güc itkisinin yüklənmədən asılılıq xarakteristikası

Belə rejimdə şəkil 2-də göstərilmiş AM-in 1-əyrisi təbii, 2-əyrisində isə tənzimlənmiş xarakteristikasının gərginlik çeviricisindən asılılığıdır. Gərginlik çeviricisinin parametrləri bunlardan ibarətdirlər:

- M_{nom} - mühərrikin nominal momenti;
- M_S - statik yük momenti;
- S_1, S_2 - verilmiş M_S momenti müddətində təbii və tənzimləyici sürüşmə xarakteristikalarıdır.



Şəkil 2. Gərginlik tənzimləyicisinin qidalanma zamanı təbii (1) və tənzimlənmiş (2) xarakteristikaları

Stator sarğılarının qidalanma gərginliyinin müxtəlif qiymətlərində sürüşmənin miqdarının dəyişməsi şəkil 3-də göstərilmişdir. Stator gərginliyi dəyişdikdə, I_2' və I_1' cərəyanlarının qiyməti dəyişdiyi üçün dəyişənlərin itkilərinin qiymətləri də dəyişirlər.

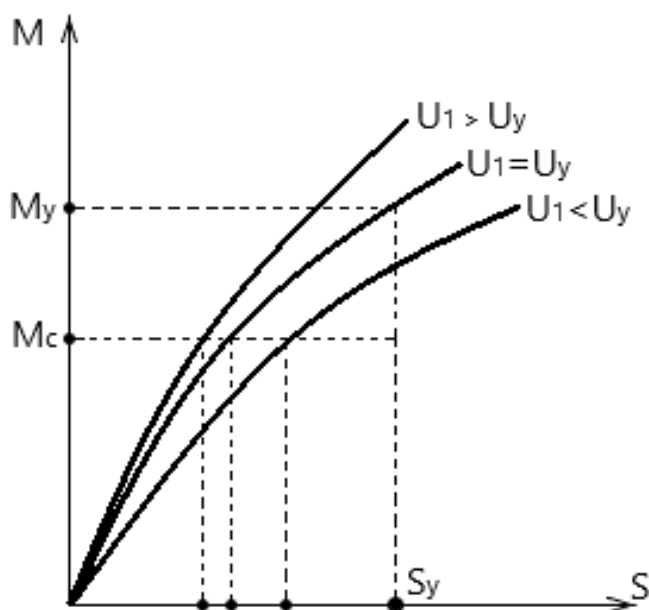
K_Y -nin dəyişməməsi sayəsində I_2' cərəyanı iki kəmiyyətin təsiri sayəsində dəyişir:

U_1 - gərginliyinin və S - sürüşmə əmsalının dəyişməsi sayəsində.

Mühərrik daha yüksək mexaniki xarakteristikaya malik olduğuna görə U_1 sürüşmə gərginliyi azalır və r_2' - müqavimət artır. Burada fərq yalnız ondan ibarətdir ki, mühərriklər hazırlanan zaman öz kütləvi ölçü göstəriciləri azaltmaq cəhdləri bir sıra asinxron mühərriklərdə özlərini göstərir, mühərrikin reaktiv gücü daha az gərginlikdə işləyə bilər. Məsələn, $K_Y=1$ olduqda $Q_{y,i}$ və Q_n əyriləri gərginliyin aşağı qiymətlərində kəsişirlər [6,7].

Bu hal daha kiçik güclü asinxron mühərriklər üçün tətbiq edilir və gücü 15 kVt-dan çox olan mühərriklərdə də özünü göstərə bilər. Mühərrikdə elektromaqnit itkiləri aşağıdakı düsturla ilə hesablanır:

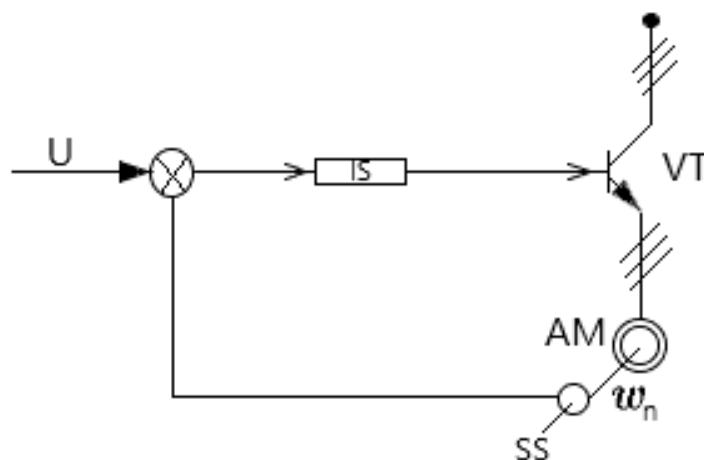
$$\Delta P_{EM} = \Delta P_{1M} + \Delta P_{2M} + \Delta P_{1S} \quad (1)$$



Şəkil 3. Stator gərginliyinin S sürüşmənin dəyişməsindən asılılıq grafiki

Beləliklə, enerji sərfiyyatının optimallaşdırılması sistemdə sürət tənzimləyicisinin olması və güc strukturundan istifadə etməklə "yarımkeçirici çeviricilərdə" avtomatik sürətin tənzimlənməsi sisteminin yaradılması zamanı daha sadə şəkildə həyata keçirmək olar [7,8].

Yarımkəcirici çeviricilərdə sürətin tənzimlənməsi sxemi şəkil 4-də göstərilmişdir.



Səkil 4. Asinxron mühərrikin yarımkeçiricilər əsasında sürətinin avtomatik tənzimləmə sistemi

SS – sürət sensoru; İS – idarə sistemi; ω_n – AM verilmiş sürəti, ω – AM mövcud sürətidir.

Əgər $M_s < S_t/S_n$ olarsa, onda mühərrik optimal sürüşmə ilə işləyər. Bu halda bir qədər mis və polad statorun itkiləri, elektromaqnit itkiləri azalır, sürəti isə artmağa başlayır. Bu prosesin belə tənzimlənməsi AM sürətinin yarımkeçirici çevrici vasitəsi ilə idarə edilməsini təmin edir, itkiləri azalır, enerjinin qiyməti nəzərə çarpacaq dərəcədə yüksəlir.

Yarımkeçirici elementlərin idarə edilməsi alqoritmləri elektrik enerjisinin tələb olunan keyfiyyət göstəricilərini təmin edir və bu da vahidə yaxın güc əmsalını və şəbəkənin gərginliyinin harmonik tərkib hissələrinin yol verilən ümumi əmsalını əldə etməyə imkan verir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sürətin tənzimi zamanı mühərrikin yüklənmə qabiliyyətini sabit saxlamaq üçün tezliyi dəyişməklə yanaşı stator dolağına verilən gərginliyin qiymətini də dəyişmək lazımdır. Gərginlik və tezliyin dəyişmə qanunu Kostenko düsturu ilə müəyyən edilir [8,9]:

$$\frac{U_{1i}}{U_n} = \frac{f_i}{f_n} \sqrt{\frac{M_{st.i}}{M_{st.n}}} \quad (2)$$

Elektrik intiqalının nəzəriyyəsidən məlum olduğu kimi bir çox mexanizmlərin statik müqavimət momenti mexanizmə fırlanma hərəkəti verən mühərrikin bucaq sürətindən (ω) asılıdır [9].

$$M_{st} = M_0 + (M_n - M_0)^\alpha \quad (3)$$

burada: M_0 – statik müqavimət momentinin bucaq sürətindən asılı olmayan hissəsi; α – statik müqavimət momentinin bucaq sürətindən asılılığının dərəcəsini bildirən göstəricidir.

Mexanizmlərin əsas hissəsi üçün $\alpha = 0 \div 2$. Əgər M_0 nəzərə almasaq (3) düsturunu aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$M_{st} = C\omega^\alpha = C_1 f_i^\alpha \quad (4)$$

burada: C və C_1 sabit kəmiyyətdir. Əgər (4)-ün qiymətini (2) düsturuna tətbiq etsək, alırıq:

$$\frac{U_{1i}}{U_n} = \frac{f_i}{f_n} \sqrt{\left(\frac{f_i}{f_n}\right)^\alpha} = \left(\frac{f_i}{f_n}\right)^{\frac{2+\alpha}{2}} \quad (5)$$

$$U_i = U_n \varphi_i^{\alpha_1} \quad (6)$$

burada: $\varphi_i = \frac{f_i}{f_n}$ – mühərrikə verilən cərəyanın tezliyinin dəyişməsinin nisbi qiymətini, $\alpha_1 = \frac{2+\alpha}{2}$ – mühərrikə verilən cərəyanın tezliyinin dəyişməsi ilə gərginliyin dəyişmə dərəcəsini göstərir.

Nəticə. Beləliklə, aparılmış təhlillərdən məlum olmuşdur ki, asinxron mühərriklər üçün yarımkeçirici gərginlik tənzimləyicisi sisteminin tətbiqi zamanı elektrik enerjisinə qənaəti asinxron mühərrikinin stator dövrəsinə daxil edilmiş çeviricinin sürətli dəyişməsini təmin etmək üçün o qədər də əhəmiyyətli deyil. Bu səbəbdən də gələcəkdə enerjiyə qənaət məqsədilə sənayenin müxtəlif sahələrində o cümlədən gəmi göyortə mexanizmlərində istifadə olunan asinxron elektrik mühərriklərinin fırlanma sürətinin tənzimlənməsi üçün tezlik çeviricili asinxron elektrik intiqalları da geniş tətbiq olunması təklif olunur. Bu çeviricilərin tətbiqi elektrik enerjisinə qənaət etməyə, istismar xərclərini azaltmağa, avadanlığın etibarlılığını artırmağa, mühərriklərin və mexanizmlərin xidmət müddətini, məhsuldarlığını artırmağa və elektrik intiqallarının intellektual idarəetmə sistemlərini həyata keçirməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. E.F. Sultanov, İ.P. Bayramova, S.S. İsmayilov. “Elektrik maşınları”. Bakı, ADDA 2023-324 səh.
2. Osmanov S. “Elektrik maşınları”, II- hissə / S.Osmanov. – Bakı: - 2013. - 256 s.
3. Sultanov E.F. “Gəmi elektrik maşınlarında stator sarğılarının izolyasiyasının korlanması səbəblərinin araşdırılması”/E.F. Sultanov, S.S. İsmayilov, E.M. Məmmədov // Energetikanın problemləri, - Bakı: -2020. №4, - səh. 69-73
4. Sultanov, E. F. “Gəmi elektronika və güc çeviriciləri”. Dərs vəsaiti / E. F. Sultanov, F.V. Məmmədova – Bakı: ADDA, 2020. – 170 s.
5. Həsənov, Z. Ə. “Güc elektronika və intiqalın idarə edilməsi”. Dərs vəsaiti / Z. Ə. Həsənov, S. Ə. Xanəhmədova – Bakı: ADNSU, – 2018. – 120 s.
6. Ильинский Н.Ф., Сарбатов Р.С., Безяев В.Г. Научно-технические аспекты проблемы повышения эффективности использования энергии в массовом электроприводе//Автоматизированный электропривод. – М.: Энергоатомиздат, 1986, стр. 11–18.
7. Юхимчук В.Д. “Технология производства электрических машин”: учебное пособие, Харьков, 2006. -543 с.
8. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; Под ред. И.Я. Береславского. –М.: Издательский центр «Академия», 2004–256 стр.
9. Москаленко В.В. Электрический привод. Учебник для студентов высших учебных заведений / В.В.Москаленко. – М.: Академия, – 2000. – 368 с.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.25
Təvsiyə edib: dos. İsmayilov A.Ş.