

UOT 004.021

T.A. ƏLİYEV, Q.A. QULUYEV, As.H. RZAYEV, Y.Q. ƏLİYEV, M.H. REZVAN

ENERJİYƏ QƏNAƏT EDƏN DƏYİŞƏN TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİ

Asinxron mühərrikinin elektrik şəbəkəsindən Birbaşa və Tezlik Çeviricisi ilə (Dəyişən Tezlik İntiqalı) idarə edilməsi zamanı fərqli xüsusiyyətlər müqayisə olunur, Tezlik Çeviricisinin enerjiyə qənaətmə prinsipləri izah edilir. Enerji-qənaət mənbələri araşdırılır, "Enerji-qənaət avadanlığı" qrupuna aid olan MDSİS (Mancanaq Dəzğahının Səlis İdarəetmə Stansiyası) qurğusunun enerjiyə qənaət etməsinə dair hesabatlar verilir və Enerji-Qənaət Avadanlığı qurğularının kütləvi tətbiqinin zəruriliyi göstərilir.

Açar sözlər: dəyişən tezlik intiqalı, enerjiyə qənaət avadanlığı, enerjiyə qənaət mənbəyi, regenerasiya, asinxron mühərriki, səlis idarəetmə, sürət və momentin tənzimlənməsi, enerjiyə qənaət

1. Giriş. Dünyanın iqtisadi inkişafı elektrik enerjisinə olan tələbatı durmadan artırır. Artan enerji tələbatının qarşılınması, enerji müstəqilliyi, səmərəli iqtisadi inkişaf, ətraf mühitin mühafizəsi inkişaf etmiş dünya dövlətlərinin əsas fəaliyyət sahələrindən birincisidir.

Dünya enerji təminatının 60-70%-i neft sənayesinin payına düşdüyündən, baş verən neft böhranları "Beynəlxalq Enerji Agentliyinin" (İEA-İnternational Energy Agency) yaranmasına təkan verdi.

1973-1974-cü illər neft böhranı ərəfəsində, 18 noyabr 1974-cü ildə ilk dəfə Fransada 28 dövlətin (Amerika, Almaniya, Avstraliya, Avstriya, Belçika, Cənubi Koreya, Çexoslovakiya, Danimarka, Estoniya, Finlandiya, Fransa, İngiltərə, İrlandiya, İtaliya, İspaniya, İsveç, İsveçrə, Kanada, Luksemburq, Macarıstan, Niderland, Norveç, Polşa, Portuqaliya, Slovakiya, Türkiyə, Yaponiya, Yeni Zelandiya, Yunanıstan) üzv olduğu "Beynəlxalq Enerji Agentliyi" yaradıldı. Sonralar 1994-cü ildə Rusiya, 1996-cı ildə Çin və 1998-ci ildə Hindistan da bu birliyə qoşuldu. "Beynəlxalq Enerji Agentliyinin" məqsədyönlü enerji siyasəti "3E" adlanır: [1]

1. Enerji təhlükəsizliyi (Energy security);
2. İqtisadi inkişaf (Economic development);
3. Ətraf mühitin mühafizəsi (Environmental protection).

İllər keçdikcə elektrik enerjisinin artan qiyməti və ona olan böyük tələbat, bir çox sənaye və ticarət müəssisələrində enerji sərfini azaltmaq arzusu yaradır.

Elektrik enerjisinə qənaət məsələsi hər bir ölkədə, həmçinin, Azərbaycanda da bütün müəssisələrin israfçılığa yol vermədən səmərəli işləməsinə kəskin şəkildə qarşıya qoyur.

"Beynəlxalq Enerji Agentliyinə" üzv olan inkişaf etmiş ölkələrdə, enerjiyə qənaət ilə iqtisadiyyatın səmərəli yüksəlişinə nail olmaq üçün yeni-yeni enerji-ehtiyat mənbələri aşkarlanır və Enerji-Qənaət Texnologiyalarından (EQT) istifadə edərək daha keyfiyyətli, daha səmərəli Enerji-Qənaət Avadanlıqları (EQA) yaradılır.

Dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin 60%-dən çoxu elektrik mühərrikləri tərəfindən istehlak olunur və enerji sərfinə külli miqdarda pul xərclənir. Elektrik mühərriklərinin 70-80%-ni Asinxron mühərrikləri təşkil edir və onların da çoxu elektrik enerjisinə qənaət etməyə imkan verən nasos, kompressor, havalandırma (HVAC- Heating, Ventilating, Air Conditioning) sistemlərində istifadə olunur.

"Beynəlxalq Enerji Agentliyi" elektrik mühərriklərinin potensial enerji-qənaət mənbəyi olduğunu nəzərə alaraq, dünyada enerji sərfini və xərclərini azaltmaq üçün qlobal tədbirlər planı hazırladı və asinxron mühərriklərin enerji sərfini, yükdən asılı olaraq 30-80% azaltmağa imkan verən Dəyişən Tezlik İntiqallarının yaradılması prioritet məsələ oldu [2].

“Beynəlxalq Enerji Agentliyinə” üzv olan hər bir dövlət israfçılığa yol vermədən öz iqtisadiyyatını inkişaf etdirmək məqsədilə elektrik enerjisinin düzgün idarə edilməsi, səmərəli istifadəsi, ətraf mühitin mühafizəsi, istehsalat xərclərinin azaldılması və enerjiyə qənaət üçün bütün elektrik mühərriklərinin Tezlik Çeviricisi (TÇ) ilə idarə edilməsi haqqında Dövlət qanunları qəbul etdilər.

Amerikada 1970, 1992, 2005-ci illərdə “Enerji Strategiyası Qanunu” qəbul edilmişdir.

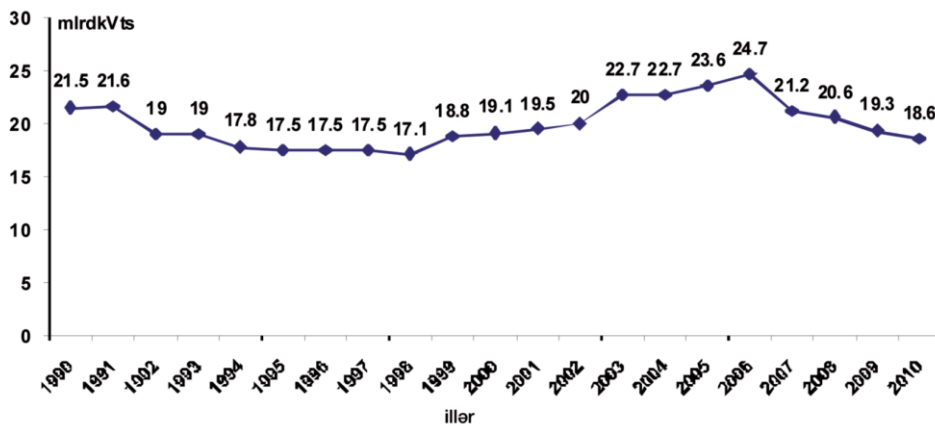
19 dekabr 2007-ci ildə Amerika Prezidenti Corc Buş Enerji Müstəqilliyi və Təhlükəsizliyi Qanunu (“*Energy Independence and Security Act of 2007*”) imzalamışdır [3].

1996-cı ildən Rusiya Federasiyasında enerjiyə qənaət hökumət səviyyəsində tənzimlənir.

Rusiya hökuməti EQA tətbiqi ilə enerji ehtiyatlarından istifadə edilməsi və istehsalat xərclərinin azaldılması haqqında 2003-cü ildə “2020-ci ilə qədər Rusiyanın enerji strategiyası” (“*Энергетическая стратегия России на период до 2020 года*”) və 2009-cu ildə “2030-cu ilə qədər Rusiyanın enerji strategiyası” (“*Энергетическая стратегия России на период до 2030 года*”) sənədlərindəki müddəaların yerinə yetirilməsini qərarla təsdiq etmişdir [4, 5].

Azərbaycanın enerji siyasətinin əsasları, onun təmin olunması prinsipləri öz əksini “Əsrin müqaviləsi”nin imzalanması ilə başlayan və 1994-cü ildən həyata keçirilən yeni neft strategiyasında tapmışdır. Bundan başqa, Azərbaycanın transmilli və daxili enerji siyasəti, bu sahədə həyata keçirilən tədbirlər, reallaşdırılan vəzifələr və enerji təhlükəsizliyinin təmin olunması ilə bağlı digər məsələlər 2003-2014-cü illərdə qəbul olunmuş bir çox rəsmi dövlət sənədlərində də əks olunmuşdur. Bunların sırasında “Energetika haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanununu, “Alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə” Dövlət Proqramını, “2005-2015-ci illərdə ölkənin yanacaq-enerji kompleksinin inkişafı” Dövlət Proqramını, “Şahdəniz 2” təbii qaz layihəsini və s. göstərmək olar [6, 7].

Azərbaycan Respublikasında 1990-2010-ci illər ərzində elektrik enerjisi istehlakı (Naxçıvan MR daxil olmaqla) şəkil 1-də göstərildiyi kimi olmuşdur [8, 9].



Şəkil 1 Azərbaycan Respublikasında elektrik enerjisi istehlakının dinamikası

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, ölkənin illik daxili tələbatını ödəməyə təxminən 20 milyard kvtsaat elektrik enerjisi sərf olunur ki, bu da 1,2 milyard AZN xərc deməkdir. İllik enerjinin təxminən 50%-ni elektrik mühərriklərinin istehlak etdiyini nəzərə alsaq və EQA tətbiq etməklə minimum qənaət həddini (30%) qəbul etsək, bir ildə 3 milyard kvtsaat elektrik enerjisinə qənaət olunur ki, bu da 180 milyon AZN qazanc deməkdir.

Üçfazlı asinxron mühərriki ilə idarə edilən mərkəzdənqaçma nasos, kompressor və havalandırma sistemləri elektrik enerjisinə qənaət baxımından çox böyük imkanlara malik olan potensial enerji-qənaət mənbəyidir. Əgər asinxron mühərrikləri TÇ ilə idarə edilərsə, enerjiyə 30%

qənaət olunar, buraya elektrik mühərriklərinin optimal idarə edilməsi alqoritmləri də əlavə olunarsa, enerjidən istifadə daha səmərəli olar və enerjiyə qənaət 60%-ə qədər artar [10].

Azərbaycanın bütün neft mədənlərindəki asinxron mühərriklərin ümumi sayının hədsiz çoxluğu ölkəmizdə nəhəng enerji-qənaət mənbəyinin olduğunu göstərir, əgər onlar EQA ilə təchiz edilərsə, külli miqdarda enerjiyə qənaət etmiş olarıq.

Azərbaycanın neft və digər təsərrüfatlarında istifadə olunan bütün asinxron mühərriklərinin müasir EQA ilə təchiz olunması böyük zəhmət və təşkilatçılıq tələb edən çox geniş miqyaslı potensial enerji-qənaət mənbəyidir.

Bu işlərin yerinə yetirilməsi Azərbaycan hökumətinin dəstəyi və qanunu ilə tənzimlənsə, yaxın gələcəkdə nəhəng enerji-qənaət mənbəyi əldə edərək və ölkə iqtisadiyyatının inkişafına böyük təkan vermiş olarıq.

Ona görə də Azərbaycanda enerji-qənaət mənbələrinin aşkarlanması, enerji-qənaət avadanlıqlarının yaradılması, bütün elektrik mühərriklərinin erkən diaqnostika və EQA ilə təchiz edilməsi, eyni zamanda optimal idarəetmə sistemlərinin yaradılması külli miqdarda enerjiyə qənaət imkanı verən aktual məsələdir.

2. Məsələnin qoyuluşu. Məqalədə qarşıya qoyulan əsas məqsəd asinxron mühərriklərinin elektrik şəbəkəsindən birbaşa və TÇ ilə idarə edilməsində enerji sərfinin müqayisəli analizi, enerjiyə qənaət prinsipləri, enerjiyə qənaətin hesablanması, enerji-qənaət avadanlıqlarının üstünlükləri, TÇ idarəetmə invertorunun iş prinsiplərini araşdırmaqdır.

Ştanqlı dərinlik nasos (ŞDN) qurğularında asinxron mühərrikinin valının fırlanma sürətini bütün həddə tənzim edən və sərf olunan elektrik enerjisində qənaət etməyə imkan verən MDSİS (Mancanaq dəzgahının səlis idarəetmə stansiyası) ilə enerjiyə qənaət prinsiplərinin analiz edilməsi, MDSİS ilə idarə edilən neft quyularında enerjiyə qənaətin hesablanması.

3. Məsələnin həlli.

- Həm elektrik mühərriki, həm də, tezlik çeviricisi girişlərinə daxil olan elektrik enerjisini başqa növ enerjiyə çevirərək, sənaye maşın və mexanizmlərini hərəkətə gətirir. TÇ idarəetmə üstünlüklərinə malikdir.

- TÇ əsasında yaradılan “Enerji-Qənaət Avadanlığı” qrupuna aid olan MDSİS qurğusu elektrik enerjisində külli miqdarda qənaət edir.

3.1. Elektrik mühərriki ona verilən fiksələnmiş (380V, 50Hz) şəbəkə gərginliyini induksiya vasitəsilə valın mexaniki enerjisində çevirir və mühərriki sabit sürətlə idarə edir.

TÇ isə ona verilən fiksələnmiş (380V, 50Hz) şəbəkə gərginliyini EİM (Eninə-impuls modulyasiyası) vasitəsilə tənzimənən gərginlik və tezliyə çevirərək, mühərriki dəyişən sürətlə idarə edir [11].

Elektrik mühərriklərinin ən çox yayılan növü asinxron və ya induktiv mühərriklərdir.

Nominal yüklə işləyən asinxron mühərriki elektrik şəbəkəsinə birbaşa qoşularkən, onun dolaqlarına verilən dəyişən 380V gərginlik valın sürətini dərhal maksimum həddə çatdırmağa cəhd edir. Sərt işə salma zamanı mühərrikin 6-8 dəfə artıq yüklənməsi və istismar müddətində daim maksimum sürət həddində işləməsi enerji itkisinə səbəb olur.

TÇ isə EİM vasitəsilə gərginliyin qiymət və tezliyini $V/F=CONST$ qanunu ilə tədricən artırmaqla mühərriki ötürür. Yumşaq işəsalma zamanı mühərriki 1,5 dəfədən artıq yüklənmir və istismar müddətində sürəti bütün həddə tənzimləyərək enerjiyə qənaət edir.

İqtisadi səmərəliliyi artırmaq, itkiləri minimuma endirmək, ətraf mühitin mühafizəsi və enerjiyə qənaət məqsədilə asinxron mühərrikləri müxtəlif növ TÇ ilə idarə edilir.

TÇ əsasən, EİM (PWM-Pulse Wide Modulation) və Moment (DTC-Direct Torque Control) idarəetmə qruplarına ayrılır. İstehsalatda geniş yayılmış kompressor, nasos və havalandırma sistemlərində ümumi təyinatlı EİM idarəetmə qrupuna aid olan TÇ daha çox istifadə olunur.

TÇ öz idarəetmə növünə uyğun adlandırılır və aşağıda EİM TÇ növlərinin adları verilir:

- “Dəyişən Gərginlik Dəyişən Tezlik” idarəetmə (VVVF-Variable Voltage Variable Frequency);
- “Sabit Volt/Tezlik nisbəti” idarəetmə (Constant Volts/Hertz ratio);
- “Qapalı Konturlu Maqnitsele Vektor” idarəetmə (Original Flux Vector);
- “Açıq Konturlu Maqnitsele Vektor” idarəetmə (Sensor less Vector).

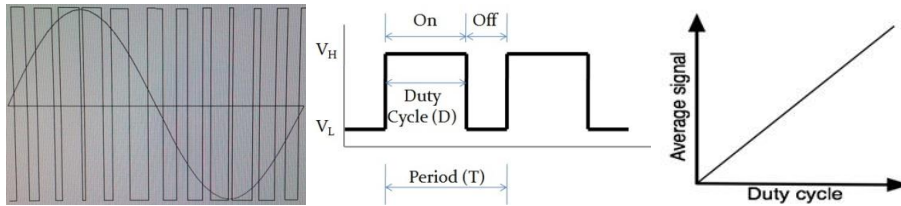
EİM idarəetmədə həm yüksək tezlikli EİM siqnallarının eni, həm də mühərrikə verilən işçi gərginliyinin qiymət və tezliyi inverter kontrolleri vasitəsilə tənzimlənərək mühərriki bütün sürət həddində idarə edir.

EİM idarəetmədə enerjiyə qənaətin birinci səbəbi odur ki, yüksək tezlikli siqnal axınında hər bir impuls eninin (D), perioda (T) nisbəti, idarəetmə siqnalına düz mütənasib olaraq dəyişir.

Hər bir impulsun “ON” müddətində elektrik enerjisi mühərrikə ötürülür, “OFF” müddətində isə enerji mühərrikdən götürülür. İmpulsun “ON-OFF” komutasiya xüsusiyyəti enerjinin orta qiymətini dəyişməyə və sürəti tənzimləməyə imkan verir. “ON-OFF” çevrilmələrinin tezliyi yüksək olduğundan (12 kHz intervalında), yükə heç bir qeyri-səlis dəyişiklik hiss olunmur [12, 13].

Sabit periodda (T) hər bir impulsun enini (“ON” və ya “Duty Cycle”) dəyişməklə, yəni, modulyasiya etməklə enerjini idarə etmək mümkündür. İmpuls eninin artması (enerji artır) sürətin çoxalmasına, enin azalması (enerji azalır) isə sürətin aşağı düşməsinə səbəb olur.

Şəkil 2-də EİM siqnallar ardıcılığı, şəkil 3-də “ON-OFF” komutasiya və şəkil 4-də orta enerjinin impulsun enindən asılılıq sxemləri verilir.



Şəkil 2 EİM siqnalları Şəkil 3 “ON-OFF” komutasiya Şəkil 4 EİM və orta enerji.

EİM idarəetmədə periodun (T) neçə faizi ərzində impuls eninin (“Duty Cycle”) qoşulu (“ON”) vəziyyətdə qaldığı belə təyin edilir:

$$D = \left(\frac{T_{ON}}{T_{Period}} \right) * 100\%$$

İmpulsun daşdığı orta enerji (V_{avg}) belə təyin edilir:

$$V_{avg} = D * V_H + (1-D) * V_L$$

Adətən, $V_L = 0V$ götürülür, yəni:

$$V_{avg} = D * V_H$$

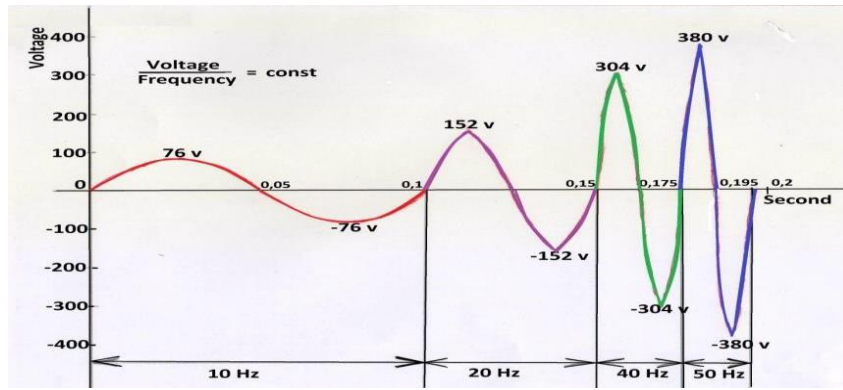
Enerjinin orta qiyməti (“ V_{avg} ”) impulsun eni ilə (“D”) düz mütənasibdir.

Deməli, sabit tezlikli impulsun enini dəyişməklə enerji idarə edilir və enerjiyə qənaət olunur.

EİM idarəetmədə enerjiyə qənaətin ikinci səbəbi odur ki, tezlik çeviricisi mühərriki bütün sürət həddində sabit Volt/Tezlik ($V/F=380/50=7,6V/Hz=const$) prinsipi ilə idarə edir.

Sabit VOLT/HERS idarəetmədə mühərrikə verilən dəyişən gərginlik tezliyə uyğun olaraq tədricən artır (Şəkil 5):

1Hz=7,6V; 2Hz=15,2V; 3Hz=22,8V; ... 10Hz=76V; ... 20Hz=152V; ... 30Hz=228V; ... 40Hz=304V; ... 50Hz=380V.



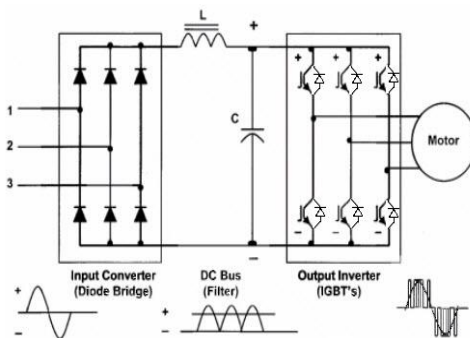
Şəkil 5 VOLT/HERS idarəetmədə gərginlik və tezliyin dəyişməsi

Ağır yükü yerindən sərbəst götürməyə imkan verən başlanğıc güc momenti yaratmaq üçün, TÇ qısa müddətdə (max 3 saniyə) mühərrikə başlanğıc dayaq gərginliyi tətbiq edir. Dayaq gərginliyinin qiyməti mühərrikin nominal gərginliyinin 5-10%-i həddində olmalıdır. Dayaq gərginliyinin qiyməti tənzimlənə bilər.

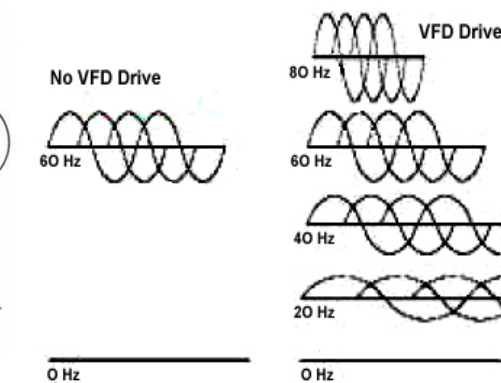
EİM idarəetməli TÇ əsasən, konvertor, sabit gərginlik tutumu və invertor bloklarından ibarətdir (şəkil 6).

EİM idarəetməli TÇ qurğusunda 50Hz, üçfazlı 380V dəyişən giriş gərginliyi düzləndirici körpü sxeminə (Konvertor) daxil olaraq sabit gərginliyə çevrilir və yüksək gərginlik tutumunda (C) toplanaraq, $380V \times 1,4 = 532V$ sabit qida mənbəyi yaradır. Sonra (4,0-12,0) KHz yüksək tezlikli EİM siqnalları ilə idarə olunan çıxış güc invertoru $V/F=CONST$ qanunu ilə mühərrikin hər bir fazasını müəyyən ardıcılıq ilə sabit qida mənbəyinin neqativ və ya pozitiv qütblərinə qoşaraq dəyişən gərginliyə çevirir. Dolağın induktivliyi hesabına EİM siqnalları 0-50Hz həddində səliss dəyişən sinusoidal siqnallara çevrilir və bütün sürət həddində mühərriki idarə edir. Yumşaq işəsalma zamanı mühərrikin 1,5 dəfədən artıq yüklənməməsi və istismar müddətində sürətin bütün həddə tənzimlənməsi enerjiyə qənaət edir və digər itkiləri azaldır.

Mühərriki birbaşa işə salanda tezliyin qiyməti dərhal sıfırdan maksimum həddə çatır, TÇ ilə işəsalma zamanı isə tezlik sıfırdan başlayaraq tədricən qalxır (şəkil 7).



Şəkil 6 TÇ qurğusunun blok diaqramı



Şəkil 7 Birbaşa və TÇ ilə işəsalmada tezliyin dəyişməsi

TÇ səliss və səmərəli idarəetmə xüsusiyyətlərindən başqa, xeyli əlavə mənfəət mənbələrinə də malikdir. Məsələn, elektrik enerjisinə qənaət, mexaniki təsirlərin azalması, mühərrikin mühafizəsi və s.

TÇ ilə idarəetmədə mühərrik elektrik şəbəkəsindən tələb olandan artıq güc götürmədiyini üçün elektrik enerjisinə əhəmiyyətli dərəcədə qənaət olunur. Səliss idarəetmə nəticəsində elektrik şəbəkəsi artıq yüklənmir və güclü mexaniki zərbələr baş vermir.

Asinxron mühərrikinin səmərəli işləməsi güc əmsalı (PF-Power Factor) qiymətindən çox asılıdır. Az güc əmsalı enerji itkisi deməkdir. Asinxron mühərrikinin güc əmsalı yüksüz halda çox kiçik $PF=0,2$ olur, maksimum yükdə isə $PF=0,85$ həddinə çatır. Asinxron mühərriki nominal yükdən 50% aşağı həddə işləyəndə güc əmsalı aşağı düşür və enerji itkisi çoxalır. Elektrik şəbəkəsinə birbaşa qoşulduqda mühərrikin işəşalma cərəyanı dəfələrlə artıq olur [14, 15].

TÇ idarəetməsi mühərrikin güc əmsalını artırmaqla itkiləri azaldır və enerjiyə qənaət edir. TÇ ilə güc əmsalı yüksüz halda $PF=0,85$ olur, maksimum yükdə isə $PF=0,95$ həddinə çatır. TÇ ilə idarəetmədə mühərriki işəşalma cərəyanının artımı aşağı həddə olur. [16]

TÇ istifadəsi zamanı idarəetmə proseslərinin təkmilləşməsi nəticəsində məmulatların keyfiyyəti yaxşılaşır, tullantıların həcmi azalır, avadanlıqların vaxtsız köhnəlib sıradan çıxmasının qarşısı alınır, onların xidmət müddəti uzanır.

TÇ ilə asinxron mühərriklərinin idarə edilməsinin üstünlükləri çoxdur. Ancaq ən böyük üstünlüyü – enerjiyə qənaət etməklə istifadəçinin puluna qənaət etməsidir.

Asinxron mühərriklərinin enerji-qənaət avadanlığı olan TÇ ilə idarəedilməsi nəticəsində enerjiyə qənaətin illik qiyməti çox böyük rəqəmlərlə hesablanır və hətta, iri elektrik stansiyasının il ərzində emal etdiyi enerjiden artıq olur!

TÇ ilə asinxron mühərriklərinin idarə edilməsi zamanı enerjiyə qənaətin qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı parametrlərlərdən istifadə olunur [17-19].

- Mühərrikin pasport verilənləri (Güc, Güc əmsalı və s.);
- İl ərzində işlədiyi müddət (Saat);
- Yükün xarakteri (Dəyişən, Sabit);
- 1KVtSaat elektrik enerjisinin qiyməti (AZN/KVt);
- İdarəetmə qurğusunun qiyməti və quraşdırılma xərcləri;
- Qurğunun öz maye dəyərini ödəmə müddəti.

Ümumi enerji qənaətinin hesablanması:

1. Nə qədər KiloVatt (KVt) enerjiyə (E_{KVt}) qənaət edildiyini, asinxron mühərrikinin birbaşa şəbəkədən sərf etdiyi enerji ($E_{Birbaşa}$) ilə TÇ idarəetmədə sərf etdiyi enerjinin ($E_{TÇ}$) fərqi ifadə edir:

$$E_{KVt} = E_{Birbaşa} - E_{TÇ}.$$

2. Nə qədər KVtSaat enerjiyə ($E_{KVtSaat}$) qənaət edildiyini, E_{KVt} ilə mühərrikin işləmə müddətinin ($T_{iş}$) hasili ifadə edir:

$$E_{KVtSaat} = E_{KVt} \times T_{iş}.$$

3. Qənaət olunmuş ümumi enerjinin Manat (E_{Manat}) dəyərini, $E_{KVtSaat}$ ilə 1KVtSaat enerji qiymətinin ($E_{Qiymət}$) hasili ifadə edir:

$$E_{Manat} = E_{KVtSaat} \times E_{Qiymət}.$$

Ümumi enerji qənaətini hesablamaq üçün nümunə:

(J_M və $J_{TÇ}$ cərəyanları «KLEŞ» ilə ölçülür).

Mühərrikin gücü:	$P=30$ KVt;	
Mühərrikin cərəyanı:	$J_M=(34 \dots 45)A$;	$J_{M \text{ orta}} = 39,5A$;
TÇ giriş cərəyanı:	$J_{TÇ}=(1,8 \dots 13)A$;	$J_{TÇ \text{ orta}} = 7,4A$;
Mühərrikin və TÇ güc əmsalları:	$PF_M=0,8$;	$PF_{TÇ}=0,9$;
Şəbəkənin və Mühərrikin tezlikləri:	$F_{Şəb}=50Hz$;	$F_M=40Hz$;
Şəbəkənin gərginliyi:	$U_{Şəb}=380V$;	
Mühərrikin gərginliyi:	$U_M = (U_{Şəb}/F_{Şəb}) \times F_M = 7,6 \times 40 = 304V$.	

Enerjiyə qənaətin hesablanması.

Mühərrikin orta enerji sərfi:

$$E_M = U_M \times J_{M \text{ orta}} \times PF_M \times \sqrt{3} = 304 \times 39,5 \times 0,8 \times 1,732 = 16,6 \text{ KVt}$$

Tezlik çeviricisinin maksimum enerji sərfi:

$$E_{T\check{C}} = U_{\check{S}\text{əb}} \times J_{T\check{C} \text{ max}} \times PF_{T\check{C}} \times \sqrt{3} = 380 \times 13 \times 0,9 \times 1,732 = 7,6 \text{ KVt}$$

İl ərzində (8760 Saat) daim işləyən TÇ mühərrikin qənaət etdiyi enerji:

$$E_{KVt,S} = (E_M - E_{T\check{C}}) \times T_{\text{Saat}} = (16,6 - 7,6) \times 8760 = 9 \times 8760 = 78840 \text{ KVtSaat}$$

1KVt enerjinin qiyməti = 0,06 AZN olarsa, ümumi illik manat qənaəti:

$$E_{\text{il,qən}} = E_{KVt,S} \times 0,06 = 78840 \times 0,06 = 4730 \text{ AZN}$$

İllik qənaət faizi (%):

$$\% = (E_M - E_{T\check{C}}) / E_M \times 100\% = (16,6 - 7,6) / 16,6 = 54\%$$

İllik ümumi qənaət avadanlığın maya dəyərini ödəyir!

TÇ ilə idarə edilən HVAC (Heating, Ventilating, Air Conditioning) havalandırma sistemlərində enerjiyə qənaət daha çox, 60...80% olur. [20]

Əgər HVAC sistemində 37 KVt gücə malik asinxron mühərriki il ərzində, yəni, 8760 saat müddətində tam yük ilə birbaşa şəbəkədən idarə edilərsə, $37 \times 8760 = 324120$ KvtSaat enerji sərf edər.

1 KvtSaat elektrik enerjisinin qiyməti 0,06 AZN olarsa, maksimum yük ilə işləyən 37 Kvt gücə malik asinxron mühərrikinin 1 ildə sərf etdiyi elektrik enerjisinə $324120 \times 0,06 = 19447,2$ AZN xərclənər.

Əgər HVAC sistemindəki mühərrik TÇ ilə idarə edilərsə, minimum qənaət faizini (60%) nəzərə alsaq, elektrik enerjisinə $19447,2 \times 0,6 = 11668,3$ AZN qənaət olar.

İllik qənaət avadanlığın maya dəyərindən də artıq olur!

Enerjiyə qənaətin ən səmərəli yolu enerji-qənaət avadanlığı (EQA) istifadə etməkdir!

3.2. AMEA İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun əməkdaşları israfçılığa yol vermədən iqtisadiyyatın səmərəli inkişafının aktuallığını nəzərə alaraq, enerji-qənaət mənbələrinin aşkarlanmasına və enerjiyə qənaət yollarının tapılmasına dair xeyli araşdırmalar apararaq, problemi həll etmək üçün “Kibernetika” XKB ilə birgə neft mədənlərində uğurla tətbiq edilən erkən diaqnostika imkanına malik və “Enerji-Qənaət Avadanlığı” qrupuna aid olan MDSİS qurğusu yaratdılar (Şəkil 8) [21, 22].

MDSİS qurğusunun (Şəkil 9) texniki göstəriciləri, idarəetmə xüsusiyyətləri, səmərəliliyi, quraşdırılması və işəsalınması haqqında ətraflı məlumat “MDSİS qurğusunun izahat mətni və texniki istismar qaydaları” sənədində verilir [23].

Nəzəri və təcrübi hesablamalara əsasən, asinxron mühərriklərinin MDSİS ilə idarə edilməsi zamanı elektrik enerjisinə 30-60% həddində qənaət edilir, yeraltı və yerüstü avadanlıqların işləmə müddəti artır, insan əməyi yüngülləşir.

İlk MDSİS qurğusu 3 fevral 2009-cü ildə sınaq məqsədilə “Balaxanıneft” NQÇİ, 8-ci mədən, 3619 sayılı neft quyusunda quraşdırılmışdır. 2 il 7 ay sınaq dövründə aparılmış çoxsaylı yoxlamalar və hesablamalar nəticəsində, MDSİS qurğusunun enerjiyə 50%-ə qədər qənaət etməsi, təmirlərarası müddətin uzanması, istismar xərclərinin azalması və s. üstünlükləri imzalanmış sənədlərdə qeyd edilmiş, qurğunun kütləvi istismarına razılıq verilmişdir.



Şəkil 8 MDSİS qurğusunun görünüşü



Şəkil 9 MDSİS qurğusunun quraşdırılması

Ancaq çox təəssüf ki, səmərəliliyinə və enerjiyə xeyli qənaət etməsinə baxmayaraq, MDSİS qurğuları neft mədənlərində çox az tətbiq edilir.

İndiyədək quraşdırılan cəmi 67 ədəd MDSİS qurğusunun yerləşdiyi NQÇİ-lərin adları aşağıda verilir:

1. “Balaxanineft” NQÇİ, fevral 2009, - 1 ədəd MDSİS.
2. “Garacu Oil Company”, avqust 2009, - 8 ədəd MDSİS.
3. “Bibiheybətneft” NQÇİ, iyul 2013, - 35 ədəd MDSİS.
4. “Şirvan OC LTD”, dekabr 2013, - 3 ədəd MDSİS.
5. “Bibiheybətneft” NQÇİ, avqust 2015, - 20 ədəd MDSİS.

Mancanaq dəzgahlı neft quyularında ştanqın aşağı-yuxarı hərəkəti zamanı balans yükü qeyri-müntəzəm dəyişir. Ştanqın hərəkəti yüngül yük istiqamətinə dəyişən yarımperiodda mühərrik regenerasiya enerjisi yaradır. Birbaşa xəttə qoşulu sistemlərdə, bu enerji şəbəkəyə geri qaydır.

Standart TÇ invertorunda regenerasiya enerjisini neytrallaşdırmağın iki üsulu var: [24]

1. Dinamik Əyləc Rezsistoru istifadə edilir. Bu zaman enerji itkisi baş verir, çünki regenerasiya enerjisi istiliyə çevrilir.

2. “Aktiv Əvvəl/Son” ENA (ENerji Adaptasiya) sistemi istifadə edilir. Bu zaman enerji itkisi baş vermir, çünki TÇ invertorunda regenerasiya enerjisi mənimənilir və sürətin tənzimlənməsi məqsədilə mühərrikin kinetik enerjisinə çevrilir.

MDSİS qurğusu ENA sisteminə malik olduğundan, yükləri qeyri-müntəzəm dəyişən quyuların idarə edilməsində geniş istifadə edilir [25, 26].

Aşağıda birbaşa və MDSİS ilə idarə edilən mühərriklərinin xarakterik cəhətləri verilir:

Birbaşa idarə edilən mühərriklərdə:

- Elektrik enerjisinə qənaət edilmir;
- Mühərrikin güc əmsalı kiçik olur;
- Mühərrik və avadanlıqlar tam mühafizə olunmur;
- Əlavə tərkib hissələrindən və kabel sistemindən çox istifadə olunur;
- İşəşalma cərəyanı 6-8 dəfə artıq olduğundan, lazım olandan daha güclü mühərrik və böyük en kəsikli kabel tələb edilir;
- Mexaniki və elektromaqnit itkiləri çox olur;
- Sürəti dəyişmək üçün vaxt aparan müxtəlif ölçülü qasnaqlardan istifadə olunur;

- Mexaniki hissələrdə, qovşaq və mexanizmlərdə keçid prosesləri sərt olduğundan təmirlər arası müddət azalır, avadanlıq tez köhnəlib sıradan çıxır;
- Texniki xidmət və təmir xərcləri artır.

MDSİS ilə idarə edilən mühərriklərdə:

- Yüknün xarakterindən asılı olaraq enerjiyə 30-60 %-dən çox qənaət edilir;
- MDSİS ilə mühərrikin güc əmsalı yüksək olur;
- Qısa qapanmadan, faza itməsindən, artıq yüklənmədən, qızmadan, ştanqın qırılmasından mühərrik tam mühafizə olunur;
- MDSİS avadanlığı çox funksiyalı olduğundan əlavə tərkib hissələrindən və kabel sistemindən az istifadə olunur;
- Yumşaq idarəetmə xüsusiyyətinə görə, işəşalma cərəyanı 1,5 dəfəni aşmadığından, çox güclü mühərrik və böyük en kəsikli kabel tələb edilmir;
- Mühərrikin dolaqlarına gərginlik tədricən, $V \setminus F = \text{CONST}$ qanunu ilə verildiyindən artıq maqnitləşmə baş vermir, əlavə enerji tələb olunmur, qismən yüklənmə halında belə mexaniki və elektromaqnit itkiləri azalır;
- Sürətin dəyişməsi tezliyin qiymətinin dəyişdirilməsi nəticəsində ani vaxtda baş verir;
- Yumşaq və səlis idarəetmə nəticəsində kəskin mexaniki təsirlər olmadığından qovşaq və mexanizmlərdə keçid prosesləri sərt olmur, sıradançıxmalar azalır və təmirlər arası müddət artır;
- Erkən diaqnostika nəticəsində avadanlıqlarda baş verə biləcək nasazlıqlar əvvəlcədən aşkar edilir və qəzaların qarşısı alınır;
- Avadanlıq və onun tərkib hissələrinin xidmət müddəti uzanır, texniki xidmət və təmir xərcləri azalır.

NQÇİ üzrə quraşdırılmış hər MDSİS qurğusunun işçi parametrləri Cədvəl 1-5-də verilir. “Kleş” ilə ölçülən birbaşa mühərrik (J_M) və MDSİS (J_{TC}) cərəyanlarına əsasən enerjiyə ilkin qənaət faizləri hesablanır, hətta cərəyanların müqayisəsi də MDSİS ilə idarəetmə zamanı enerjiyə külli miqdarda qənaət edildiyini aşkar göstərir.

Cədvəl 1

“Balaxanineft” NQÇİ, fevral 2009						
Sıra №	Quyu №	Mühərriyin gücü və dövrlər sayı	MDSİS gücü	Birbaşa mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, J_{TC}	Enerjiyə qənaət faizi
1	3619	18,5kW, 1500rpm	18,5kW	13,46 ... 15,56 A	0,1 ... 8,8 A	33%

Cədvəl 2

“Garacu Oil Company”, avqust 2009						
Sıra №	Quyu №	Mühərrikin gücü və dövrlər sayı	MDSİS gücü	Birbaşa mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, J_{TC}	Enerjiyə qənaət faizi
1	267	30kW, 1000 rpm	18,5kW	29 ... 34 A	0,3 ... 19 A	34%
2	367	18,5kW, 1500 rpm	18,5kW	22 ... 26 A	14,0 ... 16,0 A	28%
3	386	37,0kW, 750 rpm	30,0kW	35 ... 40,0 A	0,3 ... 21,0 A	37%

4	477	22,5kW,1000 rpm	18,5kW	22,0 ... 23,0 A	0,1 ... 14,5 A	30%
5	809	45,0kW,750 rpm	45,0kW	49,0 ... 65,0 A	3,2 ... 45,0 A	18%
6	823	30,0 kW,1000 rpm	30,0kW	23,0 ... 25,0 A	0,0 ... 19,0 A	25%
7	829	30,0kW,1000 rpm	30,0kW	20,0 ... 27,0 A	0,3 ... 17,0 A	24%
8	861	30,0kW,1000 rpm	30,0kW	23,0 ... 35,0 A	1,5 ... 27,0 A	6%

Cədvəl 3

"Şirvan OC LTD", dekabr 2013						
Sıra №	Quyu №	Mühərrikin gücü və dövrlər sayı	MDSİS gücü	Birbaşa mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, J_{TC}	Enerjiyə qənaət faizi
1	315	30kW, 1000 rpm	30kW	34 ... 45 A	1,8 ... 13 A	53%
2	360	30kW, 1000 rpm	30kW	26,3 ... 28,2 A	1,5 ... 6,3 A	62%
3	720	30kW, 1000 rpm	30kW	27 ... 29 A	0,8 ... 8 A	56%

Cədvəl 4

"Bibiheybetneft" NQÇİ, 1saylı NQÇS, , iyul 2013						
Sıra №	Quyu №	Mühərrikin gücü və dövrlər sayı	MDSİS gücü	Birbaşa mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, J_{TC}	Enerjiyə qənaət faizi
1	548	18,5 kW, 1500rpm	18,5kW	17,5 ... 19,5 A	1,25 ... 8,0 A	48%
2	1040	22,0 kW, 1500rpm	22kW	12,5 ... 16,5 A	0,8 ... 10,5 A	30%
3	1049	22,0 kW,1000 rpm	22kW	20,8 ... 21,5 A	1,7 ... 6,5 A	58%
4	1219	22,0 kW,1500 rpm	22,0kW	20,1 ... 23,1 A	1,2 ... 11,5 A	40%
5	1275	18,5 kW,1500 rpm	18,5kW	16,0 ... 21,5 A	0.6 ... 15,0 A	26%
6	3102	22,0 kW,1500 rpm	22,0kW	16,0 ... 18,6 A	1,0 ... 8,2 A	45%
7	3114	15,0 kW, 1500 rpm	18,5kW	8,7 ... 14,5 A	0,3 ... 8,5 A	26%
8	3119	15,0 kW, 1500 rpm	18,5kW	11,5 ... 13,5 A	0,5 ... 7,0 A	37%
9	3141	18,5 kW,1500 rpm	18,5kW	15,0 ... 18,0 A	1,9 ... 9,5 A	38%
10	3232	18,5 kW, 1500 rpm	18,5kW	12,8 ... 16,2 A	1,5 ... 9,2 A	31%
11	3270	22,0 kW, 1500 rpm	22,0kW	16,5 ... 18,5 A	0,6 ... 10,0 A	35%
12	3282	15,0 kW, 1500 rpm	18,5 kW	7,5 ... 20,0 A	0,25 ... 9,5 A	26%
13	3417	18,5 kW,1500 rpm	18,5 kW	16,5 ... 21,5 A	0,5 ... 11,5 A	33%
14	3434	22,0 kW,1500 rpm	22,0 kW	21,2 ... 24,7 A	0,75 ... 12,5A	39%

15	3680	22,0 kW, 1000 rpm	22,0 kW	11,0 ... 22,0 A	0,5 ... 12,0 A	28%
16	3690	18,5 kW, 1500 rpm	22,0 kW	14,5 ... 20,0 A	0,5 ... 10,5 A	33%
17	3694	18,5 kW, 1500 rpm	22,0 kW	27,0 ... 29,0 A	0,8 ... 8,0 A	60%
18	3701	15,0 kW, 1500 rpm	18,5 kW	13,0 ... 14,5 A	1,1 ... 5,5 A	51%
19	3703	18,5 kW, 1500 rpm	18,5 kW	16,0 ... 17,0 A	1,2 ... 6,0 A	54%
20	3706	11,0 kW, 1500 rpm	18,5 kW	10,2 ... 11,8 A	0,5 ... 5,7 A	41%
21	3726	18,5 kW, 1500 rpm	18,5 kW	13,6 ... 14,2 A	1,8 ... 5,2 A	53%
22	3785	18,5 kW, 1500 rpm	18,5 kW	11,5 ... 13,0 A	1,3 ... 6,7 A	38%
23	3820	22,0 kW, 1000 rpm	22,0 kW	13,1 ... 18,5 A	0,5 ... 10,3 A	30%
24	3822	22,0 kW, 1500 rpm	18,5 kW	15,7 ... 21,0 A	0,1 ... 9,0 A	43%
25	3824	30,0 kW, 1500 rpm	22,0 kW	15,0 ... 37,0 A	0,1 ... 22,0 A	13%
26	3833	22,0 kW, 1500 rpm	22,0 kW	15,0 ... 24,0 A	0,5 ... 17,5 A	11%
27	3835	22,0 kW, 1000 rpm	22,0 kW	20,5 ... 25,5 A	1,2 ... 15,2 A	29%
28	3842	15,0 kW, 1500 rpm	18,5 kW	12,5 ... 14,0 A	1,3 ... 5,5 A	50%
29	3843	22,0 kW, 1500 rpm	22,0 kW	19,0 ... 25,0 A	0,9 ... 15,5 A	27%
30	3849	22,0 kW, 1500 rpm	22,0 kW	16,8 ... 21,0 A	0,7 ... 12,5 A	29%
31	3851	18,5 kW, 1500 rpm	18,5 kW	10,5 ... 23,5 A	0,3 ... 20,0 A	-15%
32	3863	22,0 kW, 1500 rpm	22,0 kW	12,5 ... 28,0 A	0,3 ... 16,0 A	-3%
33	3868	22,0 kW, 1500 rpm	18,5 kW	21,0 ... 25,0 A	0,6 ... 9,0 A	51%
34	3870	18,5 kW, 1500 rpm	18,5 kW	9,5 ... 15,0 A	0,3 ... 9,0 A	23%
35	3891	30,0 kW, 1500 rpm	22,0 kW	23,5 ... 31,5 A	0,5 ... 19,5	25%

Cədvəl 5

"Bibiheybetneft" NQÇI, 4 saylı NQÇS, avqust 2015						
Sıra №	Quyu №	Mühərrikin gücü və dövrlər sayı	MDSİS gücü	Birbaşa mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, $J_{TÇ}$	Enerjiyə qənaət faizi
1	3882	22kW, 1500 rpm	22kW	13,6 ... 16,6 A	0,1 ... 5,5 A	54%
2	3839	30kW, 1000 rpm	30kW	19,7 ... 31,3 A	0,5 ... 15,6 A	34%
3	3845	22kW, 1000 rpm	22kW	13,0 ... 23,0 A	0,1 ... 11,5 A	31%
4	3098	30kW, 1000 rpm	30kW	19,0 ... 20,7 A	2,0 ... 10,2 A	41%
5	3658	22kW, 1000 rpm	22kW	14,9 ... 16,5 A	0,8 ... 5,2 A	56%
6	3844	22kW, 1000 rpm	22kW	19,6 ... 22,0 A	0,5 ... 8,5 A	50%

7	3814	30kW, 1500 rpm	30kW	23,7 ... 28,0 A	1,2 ... 13,0 A	42%
8	3656	30kW, 1500 rpm	30kW	23,2 ... 27,5 A	1,0 ... 12,5 A	43%
9	3841	22kW, 1000 rpm	18,5 kW	21,1 ... 23,4 A	0,3 ... 8,1 A	54%
10	3151	15kW, 1500 rpm	18,5 kW	9,4 ... 13,0 A	0,4 ... 5,8 A	41%
11	3261	15kW, 1500 rpm	18,5 kW	10,1 ... 14,5 A	0,5 ... 6,5 A	40%
12	3146	22kW, 1000 rpm	18,5 kW	16,5 ... 22,3 A	0,1 ... 12,0 A	33%
13	3677	30kW, 1000 rpm	30kW	10,3 ... 22,6 A	0,5 ... 13,0 A	18%
14	3826	22kW, 1000 rpm	22kW	18,0 ... 26,7 A	0,4 ... 15,3 A	27%
15	811	18,5kW, 1500 rpm	18,5 kW	13,8 ... 15,2 A	1,9 ... 6,1 A	50%
16	1150	18,5kW, 1500 rpm	18,5 kW	11,4 ... 15,2 A	0,7 ... 8,2 A	32%
17	1192	18,5kW, 1500 rpm	18,5 kW	12,0 ... 13,0 A	0,7 ... 6,3 A	42%
18	3242	18,5kW, 1500 rpm	18,5 kW	13,6 ... 14,5 A	0,8 ... 5,2 A	53%
19	557	18,5kW, 1500 rpm	18,5 kW	13,4 ... 14,3 A	0,7 ... 4,8 A	55%
20	3929	22kW, 1000 rpm	18,5 kW	10,4 ... 14,9 A	0,1 ... 6,6 A	40%

J_M və J_{TC} cərəyanlarının qiymətlərinə əsasən hər bir MDSİS qurğusunun enerjiyə qənaət faizi $\{(J_M \text{ orta} - J_{TC} \text{ max}) / J_M \text{ orta} \times (PF_M + PF_{TC}) / 2 \times 100\%$ } qaydası ilə hesablanaraq cədvəllərin uyğun sətirlərində göstərilmişdir.

Neft quyularında MDSİS tətbiq edilən zaman mühərrikin düzgün seçilməsi və optimal idarə edilməsi, mancaq dəzgahının yük tarazlığının təmin edilməsi və s. ilə enerjiyə qənaət faizini xeyli yüksəltmək olar.

MDSİS ilə idarəetmədə enerji qənaət faizini artırmağın üsulları:

1. MDSİS ilə idarəetmədə enerjiyə qənaət həddi yük balansının tarazlığından asılıdır. Yükün qeyri-tarazlığı nə qədər az olarsa, enerjiyə qənaətin qiyməti bir o qədər çox olar. Cədvəllərdən (Cədvəl 1-5) də göründüyü kimi, J_M mühərrik cərəyanının dəyişməsi (1-2)A həddində olarsa, enerjiyə qənaət 50%-dən artıq olur. J_M işçi cərəyanının dəyişmə həddi çoxaldıqca, enerjiyə qənaət faizi nəinki azalır, hətta izafi enerji itkisi baş verir. Məsələn, cədvəl 4-də yükün qeyri-tarazlığına görə 3851 sayılı quyuda 15%, 3863 sayılı quyuda isə 3% izafi enerji itkisi qeyd olunmuşdur.

2. MDSİS ilə idarəetmədə enerjiyə qənaət həddi mühərrikin gücünün yükə uyğun seçilməsindən asılıdır. Əgər mühərrik nominal gücün 75% həddində işləyirsə, enerjiyə qənaət faizi yüksək olar. Nəzarətə götürülmüş quyuların enerji qənaətlərini müqayisə edərkən aşkar oldu ki, (Cədvəl 6) mühərriklər gücünün eyni (30KVt), enerjiyə qənaət faizlərinin yaxın olmasına baxmayaraq (52%, 54%, 57%), mühərriki daha çox yüklənmiş MDSİS (Quyu 315, $J_{Morta}=39,5A$) elektrik enerjisinə təxminən 2 dəfə çox qənaət edir (4730 AZN). Digər quyuların yükləri bir-birinə yaxın olduğundan (Quyu 360, $J_{Morta}=27,25A$; Quyu 720, $J_{Morta}=28A$), uyğun olaraq 2575 AZN və 2417 AZN qənaət edirlər.

3. MDSİS ilə idarəetmədə enerjiyə qənaət həddi mühərrikin sürətindən asılıdır. Maksimum sürətlə işləyən mühərrik elektrik enerjisinə az qənaət edir. Əgər mühərrik nominal sürətdən 10% aşağı həddə işləyirsə, onun enerjiyə qənaəti 25-30% artar.

Yük tarazlığının enerji qənaətinə təsirini öyrənmək üçün “Bibiheybət” NQÇİ, 4 sayılı mədəndə MDSİS quraşdırılan zaman yükləri qeyri-taraz olan 3845 və 3677 sayılı quyular üzərində monitoring aparılmışdır.

28.07.2015 tarixdə həmin quyularda MDSİS quraşdırılan zaman J_M mühərrik cərəyanının geniş həddə dəyişməsinə görə yükün qeyri-tarazlığı qeyd olunmuş və tədbir görülməsi qərara alınmışdır.

03.08.2015 tarixdə MDSİS ilə idarə edilən həmin quyuların yükü tarazlaşdırılmış və J_M cərəyanının dəyişmə həddi minimuma endirilmişdir.

Yükün qeyri-taraz vəziyyətində və tarazlaşdıqdan sonra mühərrik (J_M) və TC (J_{TC}) cərəyanlarının “KLEŞ” ilə ölçülmüş qiymətləri cədvəldə qeyd olunmuş və hər iki hal üçün enerjiyə qənaət faizi hesablanmışdır.

Cədvəl 6-dan da görüldüyü kimi enerjiyə qənaət faizi 3845 sayılı quyuda yük qeyri-taraz olduqda 30,7% həddində, tarazlıqdan sonra isə 49,2%, digər 3677 sayılı quyuda isə qeyri-tarazlıqda 17,8% həddində, tarazlıqdan sonra isə 37,7% olmuşdur.

Yükün taraz olması elektrik enerjisinə qənaət edir!

Cədvəl 6

“Bibiheybət” NQÇS 4		28.07.2015 Yük qeyri-Tarazdır			05.08.2015 Yük Tarazdır		
Sıra №	Quyu №	Mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, J_{TC}	Enerjiyə qənaət faizi	Mühərrik cərəyanı, J_M	MDSİS cərəyanı, J_{TC}	Enerjiyə qənaət faizi
1	3845	13 ... 23 A	0,1 ... 11,5 A	30,7%	20,9 ... 22,3 A	0,1 ... 11,5 A	49,2%
2	3677	10,3 ... 22,6 A	0,5 ... 13,0 A	17,8%	16,7 ... 19,6 A	0,8 ... 10,1 A	37,7%

Aşağıda üç quyu üzrə enerjiyə qənaətin hesablanması metodikası verilir:

Nümunə 1: 315 sayılı quyu

Mühərrikin işçi cərəyanı: $J_M = (34 \dots 45)A$; $J_{M \text{ orta}} = 39,5A$;

MDSİS giriş cərəyanı: $J_{TC} = (1,8 \dots 13)A$; $J_{TC \text{ orta}} = 7,4A$;

Şəbəkənin və Mühərrikin tezlikləri: $F_{\text{Şəb}} = 50\text{Hz}$; $F_M = 40\text{Hz}$;

Şəbəkənin gərginliyi: $U_{\text{Şəb}} = 380V$;

Mühərrikin və TC güc əmsalları: $PF_M = 0,8$; $PF_{TC} = 0,9$;

Mühərrikin gərginliyi: $U_M = (U_{\text{Şəb}} / F_{\text{Şəb}}) \times F_M = 7,6 \times 40 = 304V$.

Mühərrikin orta Enerji sərfi:

$$E_M = U_M \times J_{M \text{ orta}} \times PF_M \times \sqrt{3} = 304 \times 39,5 \times 0,8 \times 1,732 = 16,6 \text{ KVt}$$

Tezlik çeviricisinin maksimum enerji sərfi:

$$E_{TC} = U_{\text{Şəb}} \times J_{TC \text{ max}} \times PF_{TC} \times \sqrt{3} = 380 \times 13 \times 0,9 \times 1,732 = 7,6 \text{ KVt}$$

İllik (8760 Saat) qənaətin manatla ifadəsi:

$$E_{\text{Manat}} = (E_M - E_{TC}) \times T_{\text{Saat}} \times E_{\text{Qiymət}} = 9 \times 8760 \times 0,06 = 4730 \text{ AZN}$$

İllik qənaət faizi (%):

$$\% = (E_M - E_{TC}) / E_M \times 100\% = (16,6 - 7,6) / 16,6 = 54 \%$$

Nümunə 2: 360 sayılı quyu

Mühərrikin işçi cərəyanı:	$J_M = (26,3 \dots 28,2)A;$	$J_{M \text{ orta}} = 27,25A;$
MDSİS giriş cərəyanı:	$J_{TÇ} = (1,5 \dots 6,3)A;$	$J_{TÇ \text{ orta}} = 3,9A;$
Şəbəkənin və Mühərrikin tezlikləri:	$F_{Şəb} = 50Hz;$	$F_M = 30Hz;$
Şəbəkə gərginliyi:	$U_{Şəb} = 380V;$	
Mühərrikin və TÇ güc əmsalları:	$PF_M = 0,8;$	$PF_{TÇ} = 0,9;$
Mühərrikin gərginliyi:	$U_M = (U_{Şəb} / F_{Şəb}) \times F_M = 7,6 \times 30 = 228V$	

Mühərriyin orta enerji sərfi:

$$E_M = U_M \times J_{M \text{ orta}} \times PF_M \times \sqrt{3} = 228 \times 27,25 \times 0,8 \times 1,732 = 8,6 \text{ KVt}$$

Tezlik çeviricisinin maksimum enerji sərfi:

$$E_{TÇ} = U_{Şəb} \times J_{TÇ \text{ max}} \times PF_{TÇ} \times \sqrt{3} = 380 \times 6,3 \times 0,9 \times 1,732 = 3,7 \text{ KVt}$$

İllik (8760 Saat) qənaətin manatla ifadəsi:

$$E_{\text{Manat}} = (E_M - E_{TÇ}) \times T_{\text{Saat}} \times E_{\text{Qiymət}} = 4,9 \times 8760 \times 0,06 = 2575 \text{ AZN}$$

İllik qənaət faizi (%):

$$\% = (E_M - E_{TÇ}) / E_M \times 100\% = (8,6 - 3,7) / 8,6 = 57 \%$$

Nümunə 3: 720 saylı quyu

Mühərrikin işçi cərəyanı:	$J_M = (27 \dots 29)A;$	$J_{M \text{ orta}} = 28A;$
MDSİS giriş cərəyanı:	$J_{TÇ} = (0,8 \dots 8)A;$	$J_{TÇ \text{ orta}} = 4,4A;$
Şəbəkənin və mühərrikin tezlikləri:	$F_{Şəb} = 50Hz;$	$F_M = 30Hz;$
Şəbəkənin gərginliyi:	$U_{Şəb} = 380V;$	
Mühərrikin və TÇ güc əmsalları:	$PF_M = 0,8;$	$PF_{TÇ} = 0,9;$
Mühərrikin gərginliyi:	$U_M = (U_{Şəb} / F_{Şəb}) \times F_M = 7,6 \times 30 = 228V.$	

Mühərrikin orta enerji sərfi:

$$E_M = U_M \times J_{M \text{ orta}} \times PF_M \times \sqrt{3} = 228 \times 28 \times 0,8 \times 1,732 = 8,8 \text{ KVt}$$

Tezlik çeviricisinin maksimum enerji sərfi:

$$E_{TÇ} = U_{Şəb} \times J_{TÇ \text{ max}} \times PF_{TÇ} \times \sqrt{3} = 380 \times 8 \times 0,9 \times 1,732 = 4,2 \text{ KVt}$$

İllik (8760 Saat) qənaətin manatla ifadəsi:

$$E_{\text{Manat}} = (E_M - E_{TÇ}) \times T_{\text{Saat}} \times E_{\text{Qiymət}} = 4,6 \times 8760 \times 0,06 = 2417 \text{ AZN}$$

İllik qənaət faizi (%):

$$\% = (E_M - E_{TÇ}) / E_M \times 100\% = (8,8 - 4,2) / 8,8 = 52 \%$$

MDSİS ilə idarəetmə zamanı elektrik enerjisinə qənaət faizlərinə (Cədvəl 7) əsasən demək olar ki, avadanlıq öz maya dəyərini 1 ildən gec olmayaraq elektrik enerjisi hesabına ödəyir!

Cədvəl 7

N	Quyu N	Mühərrik gücü	Mühərrik yükü	Orta qənaət faizi	İllik qənaət, AZN
1	315	30 KVt	(34...45)A	54 %	4730 AZN
2	360	30 KVt	(26,3...28,2)A	57 %	2575 AZN
3	720	30 KVt	(27...29)A	52 %	2417 AZN

4. Nəticə. Məqalədə elektrik mühərriklərini şəbəkədən birbaşa və MDSİS ilə idarəetmə zamanı fərqli cəhətləri müqayisəli analiz olunmuş və xarakterik xüsusiyyətləri göstərilmişdir.

Enerji-qənaət mənbələri araşdırılmış, TÇ əsasında Enerji-Qənaət Avadanlığı (EQA) yaradılmasının aktuallığı qeyd olunmuşdur. TÇ ilə idarəetmənin səmərəliyi, enerjiyə qənaət imkanı, bütün sürət həddində mühərriki səlis tənzimləmə prinsipi izah olunmuşdur.

AMEA “Kibernetika” XKB tərəfindən “Enerji-Qənaət Avadanlığı” qrupuna aid MDSİS qurğularının yaradılaraq, neft mədənlərində səmərəli istismarı nəticəsində elektrik enerjisinə xeyli qənaət olunması məqalədəki hesabatlarda öz əksini tapmış və qeyd olunmuşdur ki, MDSİS ilə idarə edilən hər bir asinxron mühərriki enerjiyə qənaət edir və avadanlıq 1 ildən gec olmayaraq, öz maya dəyərini elektrik enerjisinə qənaət hesabına ödəyir.

“Enerjiyə qənaət edən dəyişən tezlik çeviriciləri” məqaləsində elmi araşdırmaların yekun nəticələri:

1. Erkən diaqnostika və düzgün idarəetmə xərcləri azaldır!
2. Enerjiyə qənaətdə tezlik çeviricinin dünyada əvəzi yoxdur!
3. EQA tətbiq etməklə asinxron mühərriklərin optimal idarə edilməsi nəticəsində elektrik enerjisinə külli miqdarda qənaət edilir!

30 may 1996-cı ildə qəbul edilmiş “Enerji resurslarından istifadə haqqında” Azərbaycan Respublikası Qanunundakı 15-ci Maddədə (“Enerjiden səmərəli istifadə fondu vəsaitlərinin xərclənməsinin əsas istiqamətləri”) əsas istiqamət kimi gösrərilən bəndlərdən biri belədir:

“Enerjiyə qənaət edən texnologiya və avadanlıqların yaradılması və tətbiqi” [27].

2015-ci ilin neft böhranı iqtisadiyyatın hər bir sahəsində qənaət rejiminə keçməyi və qeyri-neft sənayesini israfçılığa yol vermədən inkişaf etdirməyi tələb edir. İqtisadi böhranın təsirlərini azaltmaq məqsədilə ölkə prezidenti İ. Əliyev qeyri-neft sənayesinin inkişafı üçün çox mühüm “Tədbirlər paketi” imzalamış və böhrandan çıxış yollarını göstərərək demişdir:

“Biz israfçılığa yol verməyəcəyik, xərclər azalacaq,
Valyuta xaricə getməyəcək, yerli istehsal güclənəcək!”

Ona görə də AMEA “Kibernetika” XKB-nin yaratdığı, “EQA” qrupuna aid olan müasir MDSİS qurğularının neftçıxarma sənayesində və qeyri – neft sektorunun müxtəlif sənaye sahələrində kütləvi tətbiqi, bu “Tədbirlər paketi”-nin müddəalarına tam uyğundur. EQA qurğularının əsas tərkib hissəsi olan və enerjiyə qənaət etməyə imkan verən Tezlik Çeviricilərinin Azərbaycanda yerli istehsalının təşkili daha səmərəli olar.

Həm valyuta xaricə getməz, həm yerli istehsal güclənər, həm də enerjiyə külli miqdarda qənaət etməklə ölkəyə böyük iqtisadi səmərə verərik!

Ədəbiyyat

1. Jeff Colgan, “The International Energy Agency Challenges for the 21st Century”, “Global Public Policy Institute”, Paper No.6, Berlin, Germany, 2009.
2. Paul Waide, Conrad Brunner, “Energy-efficiency policy opportunities for motor driven systems”, 2011, France.
3. “Text of the Energy Independence and Security Act of 2007 - GovTrack.us”, Dec 18, 2007.
4. Распоряжение Правительство РФ от 28. 08. 2003 N 1234-р, “Об энергетической стратегии России на период до 2030 года”.
5. Распоряжение Правительство РФ от 13 ноябрь 2009 г. N 1715-р, “Энергетическая стратегия России на период до 2030 года”.
6. E. Bağırzadə, “Azərbaycanın Enerji Ehtiyatları və Onlardan İstifadənin Mövcud Vəziyyəti”, Bakı, 2014.
7. “Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı”nın təsdiq edilməsi haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı, № 462, Bakı, 21 oktyabr 2004.
8. K.Ramazanov, E.Hacızadə. “Enerjisistemdə dinamikanın iqtisadi-statistik təhlili və proqnozlaşdırılması metodlarının tkmilləşdirilməsi”, 2011.

9. "Azərbaycan Respublikasının 2000-2010-cu illər üzrə Yanacaq-Enerji Balansları".
10. Qiang Dong, "Evaluation of Economical Impact of Energy Optimization Functions in VFDs for Industrial Applications", Stockholm, Sweden 2011.
11. "Facts Worth Knowing about Frequency Converters", Danfoss, December, 2014.
12. PWM Techniques: A Pure Sine Wave Inverter. 2011.
13. "Applying Duty-Cycle Control to Save Power", AN865.
14. Mauri Peltola, "Power Factor Improved by Variable Speed AC Drives".
15. Stephen Prachyl, "Variable Frequency Drives and Energy Savings", USA, 2010.
16. "High Efficiency Motor Protection", March, 1998, Rockwell International, USA.
17. TRM401_energy-savings-calculator_pump-and-fan-VFD_v2_18_14.
18. "Energy Savings Estimator for Centrifugal Fans & Pumps", Yaskawa, America, 2010.
19. Neetha John, Mohandas R, Suja Rajappan, "Energy Saving Mechanism Using Variable Frequency Drives", "International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering", March, 2013.
20. "Variable Frequency Drives Energy Efficiency Reference Guid", Ceati International.
21. Т.А.Алиев, Д.А. Искендеров, Г.А. Гулуев, Ас.Г. Рзаев, М.Г. Резван, "Результаты внедрения комплекса контроля, диагностики и управления для нефтяных скважин, эксплуатирующихся штанговыми глубинными насосами в нефтегазодобывающем управлении "Бибиэйбатнефть"", Azərbaycan neft təsərrüfatı, № 06, 2014, s.37-41.
22. Q. A. Quluyev, As. H. Rzayev, F. H. Paşayev, Y.Q. Əliyev, M. H. Rezvan, "Ştanqlı dərinlik nasos qurğusunun asinxron mühərriyi üçün dəyişən sürət intiqalı", AMEA-nın xəbərləri, Səh. 140-148, Bakı, № 6, 2014.
23. "İzahat mətni və texniki istismar qaydaları", DBF.2.100.001.2, AMEA Kibernetika XKB, Bakı, 2014.
24. "Active Front End Equipment", Technical Presentation.
25. "Variable speed drives for asynchronous motors", ATV71 programming manual, EN. V2, 2005.
26. Mr Hemant Patwardhan, Schneider Electric, "Beam Pumps Control".
27. "Enerji resurslarından istifadə haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu, № 94-IQ, Bakı, 30 may, 1996.

УДК 004.021

Т.А. Алиев, Г.А. Гулуев, Ас.Г. Рзаев, Я.Г. Алиев, М.Г. Резван

Энергосберегающие преобразователи переменной частоты

Сравниваются отличительные черты управления асинхронного двигателя от электрической сети напрямую и посредством частотного преобразователя. Приводится анализ принципов экономии электроэнергии частотного преобразователя, исследуется источник сбережения, дается отчет об экономии электроэнергии устройствами СПУ ШГН (система плавного управления штанговыми глубинными насосами), которая относится к группе "энергосберегающее оборудование" и, указывается необходимость массового применения этих оборудований.

Ключевые слова: преобразователь переменной частоты, энергосберегающее оборудование, источник энергосбережения, регенерация, асинхронный двигатель, мягкое управление, регулирование скорости и момента, энергосбережение

T.A. Aliyev, G.A. Guluyev, As.H. Rzayev, Y.Q. Aliyev, M.H. Rezvan

Energy saving variable frequency converters

Different features of asynchronous motor controlled by direct and variable frequency drive (VFD) are compared. Energy saving principles are explained and energy saving sources of VFD are explored. Energy saving of Beam Pumping station which belongs to the group of "Energy-saving equipment" is reported and the necessity of mass used of energy-saving devices is emphasized.

Keywords: variable frequency drive, energy-saving equipment, energy-saving source, regeneration, asynchronous motor, soft control, speed and torque control, energy saving