

UOT 62.83.52

GƏMİ KÖMƏKÇİ SÜKAN İNTİQALININ İDARƏ OLUNMASININ AVTOMATLAŞDIRILMASI VƏ TEZLİK ÇEVİRİCİSİLƏ İDARƏETMƏNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Sultanov E.F., Abdullayev A.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, abdulla8_1974@mail.ru

Xülasə. Məqalədə mövcud köməkçi sükan qurğularının idarəetmə sisteminin iqtisadi və texniki üstünlüklərindən bəhs olunur. Həmçinin köməkçi sükan qurğularında qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərrik tətbiq etmək üçün müasir idarə sisteminin işlənməsinə ehtiyac olduğu qeyd edilmişdir.

Аннотация. В статье обсуждаются экономические и технические преимущества системы управления существующих подруливающих устройств. А также отмечена необходимость разработки современной системы управления для использования асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором на подруливающих устройствах.

Abstract. The economic and technical advantages of the control system on the thrusters are discussed in the article. The need to develop a modern control system for using asynchronous motor with a short circuit rotor on thrusters is also noted.

Açar sözlər: gəmi, köməkçi sükan qurğusu, elektrik intiqalı, asinxron mühərrik, idarə sistemi

Ключевые слова: судно, подруливающее устройство, электропривод, асинхронный двигатель, система управления

Key words: vessel, bow thruster, electric drive, asynchronous motor, managing system

Giriş. Hal-hazırda əksər ticarət donanmalarının gəmilərində əsas sükan qurğusu ilə yanaşı, əlavə idarəetmə vasitələrindən də istifadə olunur. Əlavə idarəetmə qurğuları gəminin yanılma əməliyyatları və onun dar kanallarda hərəkəti zamanı manevr xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq məqsədilə tətbiq edilir.

Gəmidə, adətən, burun hissədə bir və ya iki köməkçi sükan qurğusu quraşdırılır. Bəzi böyüktonnajlı gəmilərdə isə gəminin bütün uzunluğu boyunca bir neçə köməkçi sükan qurğuları quraşdırılır. Bu cür yerləşdirmə gəminin yana hərəkəti, yerində dönməsi, kiçik sürətlərdə kursunu tez dəyişə bilmə qabiliyyəti və geri dönmə zamanı dönmə radiusunun kifayət qədər qısaldılması kimi üstünlüklərin əldə olunması ilə əlaqədardır. Bütün bunlar gəminin xüsusən də limanlarda və dar kanallarda manevari zamanı təhlükəsizliyin təmini istiqamətində köməkçi sükan qurğularını əvəzəlməz edir [1].

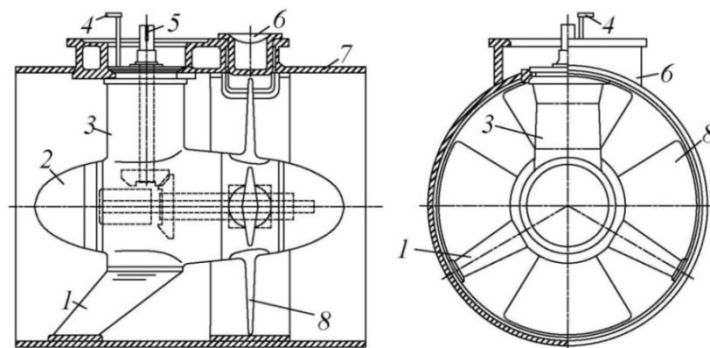
Köməkçi sükan qurğuları iki tipdə hazırlanır:

1. Vintinin addımı tənzim olunan;
2. Vintinin addımı tənzim olunmayan.

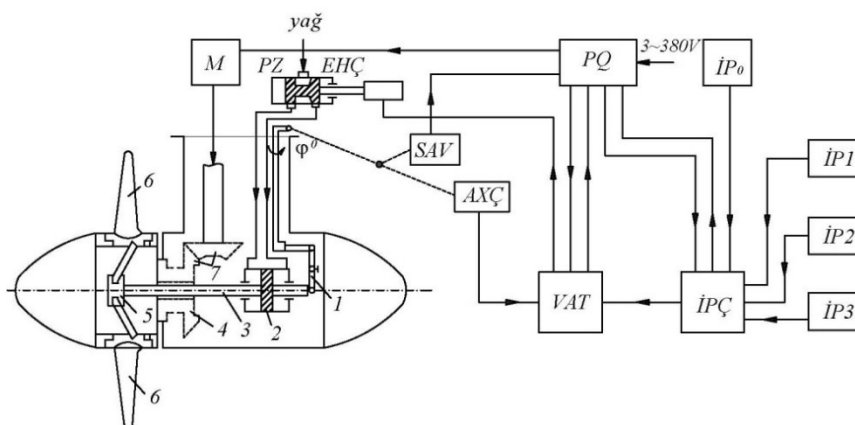
Vintinin addımı tənzim olunan köməkçi sükan elektrik intiqalının iş prinsipini nəzərdən keçirək. Şəkil 1-də vintinin addımı tənzim olunan köməkçi sükan qurğusunun konstruktiv quruluşu göstərilmişdir. Belə bir qurğunun xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, vintin fırladılması üçün sadə, sürəti tənzim olunmayan elektrik mühərrikindən istifadə etmək olar. Suyun vurulma həcmi isə vintin pərlərinin öz oxu ətrafında müəyyən bucaq qədər döndərilməsi hesabına tənzim etmək olar.

Köməkçi sükan qurğusu gəminin burun hissəsində 7 – silindrik tunelinin içərisində quraşdırılır. Qurğunun 3 – gövdəsi tunelə bərkidilmiş iki ədəd 1 – kronşteynləri vasitəsilə üfüqi istiqamətdə saxlanılır. 8 – vintinin fırladılması iki ədəd elektrik mühərriki vasitəsilə yerinə yetirilir.

Fırlanma hərəkətinin elektrik mühərrikindən vintin pərlərinə ötürülməsi reduktor, 5 – şaquli val və konus şəkilli dişli ötürücü vasitəsilə yerinə yetirilir. Vintin addımının dəyişdirilməsi köməkçi sükan qurğusunun elektrik intiqalının şəkil 2-də verilmiş funksional sxemində göstərilmişdir [1].



Şəkil 1. Vintinin addımı tənzim olunan köməkçi sükan qurğusu



Şəkil 2. Vintin addımı tənzim olunan köməkçi sükan qurğusunun elektrik intiqalının funksional sxemi

Elektrohidravlik çevirici (EHÇ) yağı müəyyən təzyiqlə 2 – servomühərrikinin silindrlərinin sol və ya sağ hissəsinə istiqamətləndirir və bununla porşeni və servomühərrikin 3 – qolunu hərəkət etdirir. 3 – qolunun sonluğuna bərkidilmiş 5 – reduktoru ötürücü sistemin köməyiylə vintin 6 – pəllərini döndərir. Servomühərrikin porşenin hərəkətinə görə təsir göstərən əks əlaqə sistemi şəkil 1-də göstərilmiş 4 – dəstəyinin və şəkil 2-də göstərilmiş servomühərrikin irəli-geri hərəkətini AXÇ (addımın xətti çeviricisi) –yə ötürən olan 1 – dəstəyinin vasitəsilə qurulur. 4 – dəstəyinə (şəkil 2) SAV – sıfır addım vericisinin dartma qolu birləşdirilmişdir. SAV özü vintin pəllərinin sıfır addımında qapalı kontaktları olan son açarıdır.

Köməkçi sükan qurğusunun məsafədən idarə etmə sisteminin tərkibinə həmçinin aşağıdakı elementlər daxildir (şəkil 2): yuxarı körpüdə quraşdırılmış idarə postları (İP2 sükan rubkasında, İP1 və İP3 isə kapitan körpüsünün sağ və sol qanadlarında); MİP-də (mərkəzi idarə postunda) quraşdırılmış İP0 idarə postu; İPÇ – idarə postlarının seçici çevirgəci; PQ – paylayıcı elektrik qurğusu; VAT – vintin addım tənzimləyicisi.

Kapitan körpüsündə və MİP-də quraşdırılmış bütün idarə postları idarə pultlarına daxil edilmişdir.

Vintin pəllərinin dönmə bucağının qiyməti idarə postlarından dəstəyin vəziyyətinə görə təyin olunur. Pəllərin real dönmə bucağına isə İP-də quraşdırılmış işıq verən diodlar vasitəsilə nəzarət olunur. Bu diodlar dəstəyin hər iki istiqamətdə vint addımının nominal qiymətinin 0, 25, 50, 75 və 100% dəyərlərinə uyğun vəziyyətlərində işıqlanaraq uyğun dönmə bucağı barədə signal verirlər.

Körpüdən köməkçi sükan qurğusunun idarə olunması yalnız onun işə tam hazır vəziyyətdə olmasından sonra mümkündür. Bu məqsədlə, istənilən idarə postunda idarəetmənin qəbulu haqqında signal verən idarə düyməsini sıxmaq lazımdır. Bu zaman idarəetmənin qəbulu haqqında signal verən lampa işıqlanacaq [1, 2].

İdarəetməni bir postdan istənilən digərinə ötürmək (körpüdə) üçün seçilmiş postda idarəetmənin qəbulu düyməsini sıxmaq lazımdır. Bu zaman idarəetmənin aparılacağı postda uyğun signal lampası işıqlanacaq. İdarəetmənin bir postdan digərinə ötürülməsi vintin addımının istənilən qiymətində yerinə yetirilə bilər. Vintin addımının bucaq qiymətinə idarəetmənin hansı postdan yerinə yetirilməsindən asılı olmayaraq bütün postlardan nəzarət etmək olar.

MİP-dəki *İP₀* postundan vintin addımının idarə olunması yalnız köməkçi sükan qurğusunun elektrik mühərrikinin dayanmış vəziyyətində mümkündür.

İdarəetmənin bir postdan digərinə keçirilməsi çıxış gərginliyi vintin verilmiş addımının qiymətinə mütənasib olan *İPÇ*-çevirgəci vasitəsilə yerinə yetirilir. *İPÇ*-nin çıxışı *VAT*-ın çıxışı ilə birləşdirilir. Addım tənzimləyicisi fasiləsiz təsirin elektron mütənasiblik tənzimləyicisidir və onun gücləndirilmiş çıxış signalı elektrohidravlik çeviricini idarə edir.

Elektrohidravlik çevirici fasiləsiz elektrik signalını hidravlik 2 – servomühərrikinə idarə edən *PZ* – paylayıcı zolotnikin yerdəyişməsinə mütənasib signala çevirir. 2 – servomühərrik 3 – qolu vasitəsilə vintin addımını dəyişir və vintin həqiqi qiyməti 1 dəstəyi vasitəsilə *AXÇ* – addımın xətti çeviricisinə ötürülür. *AXÇ*-nin vəzifəsi xətti yerdəyişmələri yerdəyişmənin qiymətinə mütənasib olan elektrik signalına çevirməkdir ki, həmin signal da müqayisə olunması üçün vintin addım tənzimləyicisinə (*VAT*) ötürülür. *PQ*-dan qida gərginliyi *VAT* – tənzimləyicisinə və *İPÇ* – çevirgəcinə verilir. Köməkçi sükan qurğusunun işə hazırlığını yoxladıqda onun əsas elektrik mühərriklərinin işə buraxılaraq yoxlanması vacib şərtlərdən biridir.

Belə köməkçi sükan qurğularının müsbət cəhəti vintə fırlanma hərəkəti vermək üçün dəniz şəraitində etibarlı sayılan rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin tətbiq edilməsi və vintin addımının dəyişməsi hesabına yaranan tənzim etmənin səlis və geniş həddə olmasıdır.

Köməkçi sükan qurğusunun məhsuldarlığı (*Q*) və yaratdığı təzyiqi (*H*) aşağıdakı ifadələr vasitəsi ilə hesablamaq olar [1, 2].

$$Q = \frac{\pi D^2 v (1 - v^2)}{4} (m^3 / san) \quad (1)$$

$$H = \gamma \frac{v^2 \cdot 10^5}{2g} (Pa) \quad (2)$$

Burada:

D - vintin diametri, (*m*)

v=*d*/*D*- mayenin boruda xətti hərəkət sürəti, (*m/s*)

g = 9,81 sərbəstdüşmətəçili, (*m/s²*)

d-vintin vutulkasının diametri, (*m*)

γ = 1,025 - dəniz suyunun sıxlığını nəzərə alan əmsaldır.

Əgər vintin fırlanma sürəti məlum olarsa, onda, mayenin boruda xətti hərəkət sürətini aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$v = \frac{nh}{60} \quad (3)$$

Burada:

n – vintin fırlanma sürəti, (*dör/dəq*)

h- vintin həndəsi addımıdır, (*m*)

Nasosun məhsuldarlığı *Q* və yaratdığı təzyiq *H* məlum olarsa, onda nasosun gücü belə hesablanır.

$$N = \frac{QH}{\eta} 10^{-3} \text{ kVt} \quad (4)$$

$$\eta = \eta_h \eta_m \eta_o \quad (5)$$

$\eta_h = 0,80 \div 0,95$ - hidravlik hissənin faydalı iş əmsalı

$\eta_m = 0,90 \div 0,98$ - mexaniki hissələrin faydalı iş əmsalı

$\eta_o = 0,90 \div 0,99$ - nasosdakı itkiləri nəzərə alan faydalı iş əmsalı

<i>Addımı tənzim olunan vintin ilkin verilənləri</i>	<i>Addımı tənzim olunmayan vintin ilkin verilənləri</i>
D=1,6m D=0,7m V=300d/dəq h=0,6m Hesablanıb: 1. Mayenin boruda axma sürəti $V_1 = \frac{nh}{60} = \frac{300 \cdot 0,6}{60} = 3 \text{ m/s}$ 2. Vtulkanın diametrinin vintin diametrinə olan nisbəti $k_1 = \frac{d}{D} = \frac{0,7}{1,6} = 0,44$ 3. Vintin məhsuldarlığı $Q_1 = \frac{\pi D^2 V (1 - k^2)}{4} =$ $= \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 3 (1 - 0,44^2)}{4} = 4,88 \text{ m}^3 / \text{san}$ 4. Vintin yaratdığı təzyiq $H_1 = \gamma \frac{V^2 10^5}{2g} = \frac{1,025 \cdot 3^2 \cdot 10^5}{2 \cdot 9,81} =$ $= 0,47 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ 5. Vintin sərf etdiyi güc $N_1 = \frac{QH}{\eta} 10^{-3} =$ $= \frac{4,88 \cdot 0,47 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0,81} = 283 \text{ kVt}$	D=1,6m d=0,35m V=300d/dəq h=0,6m Hesablanıb: 1. Mayenin boruda axma sürəti $V_2 = \frac{nh}{60} = \frac{300 \cdot 0,6}{60} = 3 \text{ m/s}$ 2. Vtulkanın diametrinin vintin diametrinə olan nisbəti $k_2 = \frac{d}{D} = \frac{0,35}{1,6} = 0,22$ 3. Vintin məhsuldarlığı $Q_2 = \frac{\pi D^2 V (1 - k^2)}{4} =$ $= \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 3 (1 - 0,22^2)}{4} = 5,71 \text{ m}^3 / \text{san}$ 4. Vintin yaratdığı təzyiq $H_2 = \gamma \frac{V^2 10^5}{2g} = \frac{1,025 \cdot 3^2 \cdot 10^5}{2 \cdot 9,81} =$ $= 0,47 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ 5. Vintin sərf etdiyi güc $N_2 = \frac{QH}{\eta} 10^{-3} =$ $= \frac{5,71 \cdot 0,47 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{0,81} = 331 \text{ kVt}$

Yuxarıda aparılmış müqayisədən aydın görünür ki, addımı tənzim olunan vintin vtulkasının diametri böyük olduğu üçün eyni fırlanma sürətində və eyni həndəsi addımda onun məhsuldarlığı azdır (yəni $Q_1 < Q_2$). Buna səbəbdən, addımı tənzim olunan vintin işə sərf etdiyi güc də az olur (yəni

$N_1 < N_2$). Buradan aydın görünür ki, addımı tənzim olunmayan vintə nisbətən addımı tənzim olunan vintə malik olan gəmi, manevr etməyə (dönməyə və ya körpüyə yan almağa) daha çox vaxt sərf edəcəkdir. Məhsuldarlığın az olması addımı tənzim olunan vintə malik olan köməkçi sükan qurğusunun birinci və əsas mənfi cəhəti sayılır. Bundan əlavə, pərləri döndərən mexanizmin mövcudluğu və onun vutulkanın daxilində yerləşməsi belə köməkçi sükan qurğularının istismarını çətinləşdirir və qiymətini bahalaşdırır. Həmçinin hərəkətverici asinxron mühərrikin işəsalma cərəyanını azaltmaq üçün xüsusi qurğuya ehtiyac olur [3, 4].

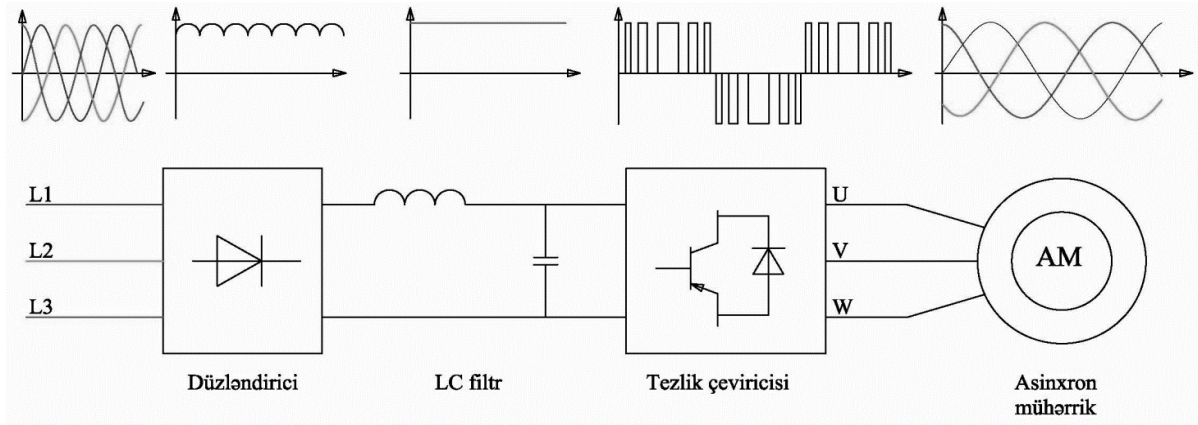
Qeyd etmək lazımdır ki, köməkçi sükan qurğusunun və müvafiq olaraq, ona fırlanma hərəkəti verən elektrik mühərrikinin gücü artdıqca, yuxarıda qeyd edilən çatışmazlıqlar özünü daha qabarıq göstərir.

Bu səbəbdən, son zamanlarda üstünlük 2-ci tip köməkçi sükan qurğularına verilir. Elektrik intiqalının idarə olunması isə tezlik çeviriciləri vasitəsilə yerinə yetirilir. Hazırda istismarda olan bir çox gəmilərdə belə köməkçi sükan qurğularından istifadə olunur. Avtomatlaşma dərəcəsi 1 olan bəzi gəmilərdə, o cümlədən, Xəzər Dəniz Gəmiçiliyinə məxsus “Əziz Əliyev” tipli tankerlərin köməkçi sükan qurğularında faza rotorlu asinxron mühərriki dəniz şəraiti üçün etibarlı olan rotoru qısa qapanmış asinxron mühərriklə əvəz edilmişdir. Belə köməkçi sükan qurğularında mühərrikin işə salınması və gəminin dönmə (yanalma) sürətinin tənzim edilməsi, asinxron mühərrikin stator dövrəsinə qoşulmuş statik tezlik çeviricisi vasitəsi ilə yerinə yetirilir. Yəni, mühərrikin stator dolağına verilən tezliyi dəyişməklə onun fırlanma sürəti və müvafiq olaraq gəminin dönmə (yanalma) sürəti tənzim olunur. Bu cür qurğunun əsas müsbət cəhəti birinci tip köməkçi sükan qurğularında olduğu kimi vintə fırlanma hərəkəti vermək üçün rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikin tətbiq edilməsidir. Mənfi cəhəti isə tənzim etmənin məhdud və cəmi ikipilləli olmasıdır. Bunun da səbəbi qurğuda dəyişən cərəyan enerjisini pilləvari olaraq bir tezlikdən digər tezliyə çevirən bilavasitə tezlik çeviricisinin tətbiq edilməsidir [3, 4].

Ümumiyyətlə, aparılmış araşdırmalardan aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- 1. Birinci tip (addımı tənzim olunan) köməkçi sükan qurğularında dəniz şəraiti üçün etibarlı rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin tətbiq edilməsinə, tənzim etmənin səlis və geniş olmasına baxmayaraq qurğunun məhsuldarlığı az, istismarı isə çətinidir;*
- 2. İkinci tip (addımı tənzim olunmayan) köməkçi sükan qurğularında tətbiq edilən faza rotorlu asinxron mühərrikin etibarlılığı azdır və tənzim etmə pilləlidir;*
- 3. İkinci tip köməkçi sükan qurğularında tətbiq edilən tezlik çeviricili rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikinin etibarlılığının yüksək olmasına baxmayaraq, onun yerinə yetirdiyi tənzim etmə məhdud və pilləlidir.*

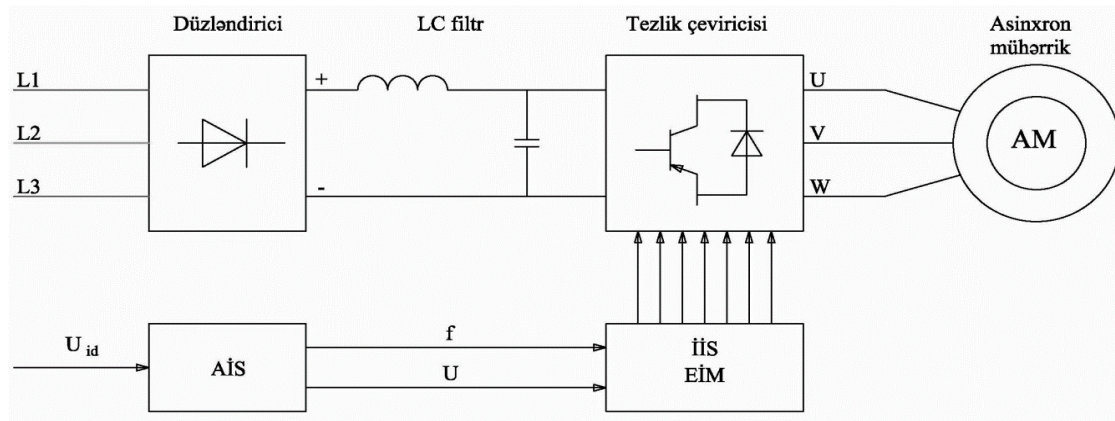
Hazırda köməkçi sükan qurğularında tətbiq olunan tezlik çeviriciləri idarəetmənin səlis tənziminə imkan yaradır. Tezlik çeviricisinin iş prinsipini başa düşmək üçün şəkil 3-də verilmiş sxemə nəzər salaq. Şəbəkədən verilən gərginlik böyük güclü diodlardan yığılmış düzləndiricidən keçərək sabit cərəyana çevirilir. Bu diodlar sinusoidal harmoniyaları ləğv etsə də, çıxışında döyünən sabit cərəyan verir. Həmin döyüntüləri yığıldırmaq, düzləndirilmiş cərəyanı stabilləşdirmək və hamarlaşdırmaq üçün kondensator batareyalarından və induktiv dolaqdan (LC dövrəsi) istifadə olunur. Sonra çıxışda alınan sabit cərəyan çevirici bloka ötürülür. Çevirici blok, altı ədəd böyük güclü IGBT (Insulated-gate bipolar transistor - keçidi izolə edilmiş bipolar tranzistor) tranzistorlardan yığılmış üçfazlı körpü sxemindən və əks qütblü gərginlikdən mühafizə rolunu oynayan şuntlayıcı diodlardan ibarətdir. Asinxron mühərrikin əyləclənməsi məqsədilə sxemə enerjinin səpələnməsi funksiyasını yerinə yetirən böyük güclü rezistorla təmin olunmuş idarəolunan tranzistor da əlavə oluna bilər. Bu qurğu həmçinin, asinxron mühərrik tərəfindən generasiya olunan gərginliyi də məhv edə bilər ki, bu da çeviricinin daxilindəki filtrlərin kondensatorlarını nominaldan artıq dölaraq sıradan çıxmasının qarşısını alır [3, 4].



Şəkil 3. Tezliyin tənzim olunma prinsipi

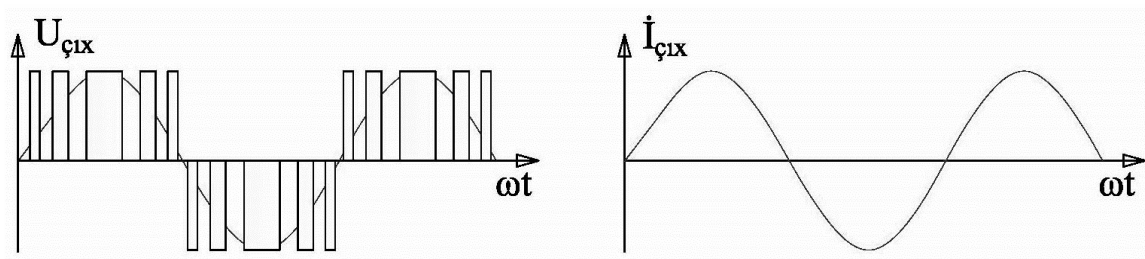
Çeviricinin tezliyi vektor idarə etmə üsulu AIS (avtomatik idarəetmə sistemi) sistemləri tərəfindən siqnalların avtomatik tənzim olunması sxemlərinin tərtibinə imkan yaradır. Bunun üçün amplitud tənzimetmə, yaxud, EİM (eninə impuls modulyasiyası) tənzimetmə sistemindən ibarət idarəetmədən istifadə olunur. EİM sxemdə İİS -də (İnvertorun İdarəetmə Sistemi) yerinə yetirilir [5, 6].

Amplitud tənzimetmə üsulu giriş gərginliyinin dəyişdirilməsi, EİM isə giriş gərginliyi dəyişdirilmədən güc tranzistorlarının qapanıb-açılması alqoritmı əsasında yerinə yetirilir.



Şəkil 4. Tezliyin əks əlaqəli tənzim olunma prinsipi

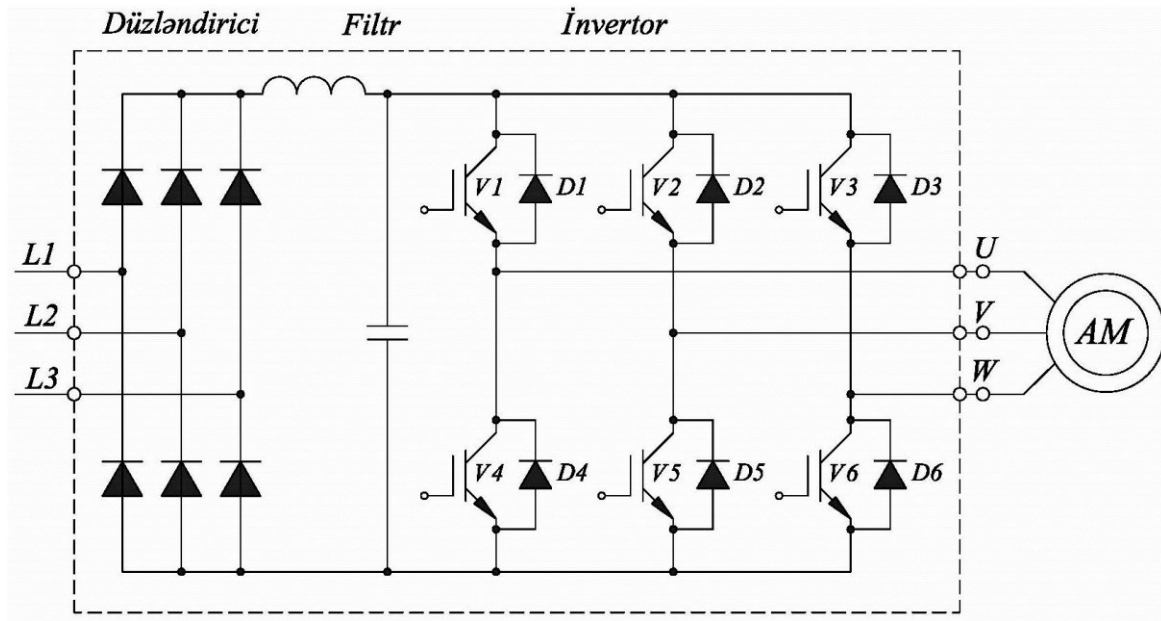
EİM tənzimetmədə, yalnız stator dolaqları düzləndiricinin müsbət və mənfi uclarına mütləq ardıcılıqla qoşulduğu zaman siqnalın periodik modulyasiyası yaradılır. Generatorun taktının tezliyi kifayət qədər böyük olduğu üçün asinxron mühərrikin induktiv müqavimətli dolağında onların normal sinusoid forması alınanadək hamarlanması prosesi gedir [5, 6].



Şəkil 5. Eninə impuls modulyasiyası

EİM idarəetmə üsulları enerji itgisini maksimal dərəcədə azaltmağa imkan verirməklə yanaşı, tezliyin və amplitudun eyni vaxtda idarə olunması hesabına çevirilmənin yüksək FİƏ -nı da təmin edir. Bütün bunlar böyük güclü GTO (Gate Turn Off) tipli "qapalı tranzistorlar" və İGBT (Insulated-gate bipolar transistor) tipli "qapısı izolə edilmiş bipolar tranzistorlar"-ın idarə olunma texnologiyasının inkişaf etdirilməsi hesabına mümkün olmuşdur.

İGBT tranzistorlar vasitəsilə üçfazlı asinxron mühərrikin idarə olunmasının prinsipial sxemi şəkil 6-da göstərilmişdir.



Şəkil 6. Tranzistorlardan yığılmış açarların qoşulma prinsipi

Altı ədəd İGBT tranzistorunun hər biri öz əks cərəyan diodu ilə qarşı-qarşıya paralel birləşdirilmişdir. Bu halda, hər bir tranzistorun güc dövrəsindən asinxron mühərrikin aktiv cərəyanı keçir. Cərəyanın reaktiv hissəsi isə diodlar vasitəsilə istiqamətlənir. Daxili elektriki dalğaların invertora və mühərrikə zərərinin qarşısını almaq üçün çox zaman müxtəlif filtrlərdən istifadə olunur. Bu filtrlərin köməyi ilə radiodalğaların və işləyən avadanlığın özünün yaratdığı əlavə elektrik yüklərinin təsirləri minimuma endirilir. Sistemdə qoyulmuş kontroller bu cür zərərli dalğaların yaranmasını aşkarlayaraq müvafiq signal hasil edir. Təsirin azaldılması üçünsə, mühərriklə invertorun çıxış klemmaları arasında ekranlı kablərdən istifadə olunur [5, 6].

Asinxron mühərrikin lazımi ssenariyə uyğun olaraq, düzgün və dəqiq işləməsini təmin etmək məqsədilə tezlik çeviricisinin idarə sxeminə aşağıdakılar da əlavə edilir:

- geniş imkanlara malik rabitə interfeysi;
- daxili kontroller;
- yaddaş kartı;
- proqram təminatı;
- əsas çıxış kəmiyyətlərini göstərən informasiya displeyi;
- əyləcləyici və daxili EMC (electromagnetic compatibility - elektromaqnetik uyumluluq) filtri;
- yüksək məhsuldarlıqlı sərinkeşlər vasitəsilə məcburi soyutma sistemi;
- ehtiyac olarsa, sabit cərəyan vasitəsilə mühərrikin işçi temperaturadək qızdırılması və s.

Nəticə. Məqalədə aparılmış təhlillərdən aydın görünür ki, mövcud köməkçi sükan qurğularının idarə sistemi iqtisadi və texniki tələbləri ödəmir və rotoru qısa qapanmış asinxron mühərrikin tətbiqini təmin etmək üçün müasir idarə sisteminin işlənməsinə ehtiyac vardır.

Ədəbiyyat

1. Sultanov, E.F. Müasir gəmi elektrik intiqalları, dərslik / E.F. Sultanov, A.N. Abdullayev -Bakı: ADDA, -2018. -438 s.
2. Москаленко, В.В. Электрический привод: учебник для студентов высших учебных заведений / В.В. Москаленко. -М.: Издательский центр «Академия», -2007. -368 стр.
3. Osmanov, S.C.. Elektrik maşınları. II- hissə, dərslik /S.C. Osmanov. –Bakı, -2011, -256s.
4. Mehdiyev, H.A. Gəmi köməkçi sükan intiqalının idarə olunmasının araşdırılması / H.A. Mehdiyev, S.S. İsmayılov// Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, -Bakı: -2010. -s. 63-67.
5. Коровин, В.В. Модуляционные методы построения импульсных преобразователей/ В.В. Коровин, С.Г. Обухов //Практическая силовая электроника, –2005. №19, -с.38-43.
6. Сандлер, А.С. Тиристорные инверторы с широтноимпульсной модуляцией для управления асинхронными двигателями / А.С. Сандлер, Ю.М.Гусяцкий, –М.:Энергия, -1968.-98с.

Məqalə qəbul olunub: 17.03.2020

Təvsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov