

UOT 62.83.52**GƏMİ KRAN ELEKTRİK İNTİQALLARINDA TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİNİN GƏRGİNLİYİNİN FORMALAŞDIRILMASI**E.F. SULTANOV¹⁺, E.M. MƏMMƏDOV¹

Mikroelektronikanın, yarımqəçiricilərdən hazırlanmış elektrik çeviricilərinin inkişafı və müasir texniki inkişafı əlaqədar olaraq, gəmi elektrik avadanlığının quruluşu təkmilləşir, istismarı asanlaşır və avtomatlaşma dərəcəsi artır. Tam avtomatlaşma dərəcəsinə malik olan ticarət gəmilərinin ən lazımlı elektrik intiqalları (sükan və köməkçi sükan, yük nasoslari, baş mühərriklərin köməkçi mexanizmlərin elektrik intiqalları) yarımqəçiricilərdən hazırlanmış tezlik çeviriciləri ilə işə salınır və lazım olduqda fırlanma tezlikləri də həmin çeviricilər vasitəsilə tənzim olunur. Adətən, belə intiqallar gəminin mərkəzi postunda qurulmuş mikroprosessorlarla idarə olunur. Belə gəmilərdə fırlanma sürətinin tənzim olunması tələb olunmayan böyük güclü rotoru qısa qapanmış asinxron mühərriklərinin işə buraxılması da tezlik çeviricisi vasitəsilə yerinə yetirilir. Gəmi elektrik intiqalları üçün işəburaxılma üsullarından ən olverişlisi tezlik çeviriciləri vasitəsilə işəburaxma üsulu sayılır. Bu məqsədlə, müasir tezlik çeviricilərinin istehsalında İGBT tranzistorları istifadə olunurlar. Məqalədə gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqallarında tətbiq olunan tezlik çeviricilərinin çıxış gərginliyinin formalaşdırılması üsulları araşdırılmışdır. Həmçinin gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərində, idarəetmə sistemlərinin elektrik enerjisinin sərfini azaltmaq və etibarlığının yüksəldilməsi məqsədilə elektrik intiqallarının eninə impuls modulyasiyalı tezlik çeviriciləri ilə idarə edilməsi təklif olunur.

Açar sözlər: yükqaldırıcı mexanizm, elektrik intiqalı, asinxron mühərrik, tezlik çeviricisi, eninə impuls modulyasiya.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_01_92_96

Giriş. Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının əsas tələblərindən biri gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqallarını müasir avadanlıqlarla təchiz etmək və idarə qurğusunun avtomatlaşdırma sistemlərini sadələşdirməkdir. Bu məqsədlə gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqallarında tezlik çeviricisinin (TÇ) tətbiq olunması vacibdir [1, 2].

Sinfaz maneələrinin azaldılması, sabit gərginliyin tənzimlənməsi, giriş cərəyanının döyüntülərinin azaldılması, gərginliyin yüksəlməsinin qarşısının alınması kimi, digər ikinci dərəcəli, idarəetmə məsələləri düzgün modulyasiya üsulunu seçməklə həll oluna bilərlər. Eyni zamanda bütün bunların hamısına nail olmaq mümkün deyil, burada kompromis variantın olması vacibdir.

Modulyasiya üsullarını dörd əsas qrupa bölmək olar:

- EİM- eninə-impuls modulyasiyası
- FVM- fəza-vektor modulyasiyası
- Harmonik modulyasiyası
- Dəyişən tezliklərin modulyasiya üsulları

İdarə impulslarının hasil etmək üçün modulyasiya metodlarını tətbiq etməklə, çıxış gərginliyinin istənilən parametrləri ilə (əyri forması, tezlik, amplituda) sintez edilməsi mümkündür.

¹ Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası

⁺ Sultanov Elshan, E-mail: elshen_sultanov@mail.ru

Çıxış gərginliyinin maksimal qiyməti, sabit cərəyan bəndinin gərginliyinin qiyməti ilə təyin olunur. Böyük güclü yükün effektiv idarəedilməsi üçün, sabit cərəyan bəndinin yüksək qiymətli gərginliyi tələb olunur, lakin təcrübədə bu gərginlik yarımkeçirici cihazların maksimal işçi gərginliyi ilə məhdudlaşdırılır. Məsələn kiçik gərginlikli İGBT tranzistorları 690V-a qədər çıxış gərginliyini təmin edirlər. Bu gərginlik məhdudiyətinin aradan qaldırılması üçün, son zamanlar üç və daha çox səviyyəli çeviricilərin sxemləri hazırlanmışdır [1, 2].

Təqdim olunan məqalədə qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərriklərin sürətinin tezlik çeviriciləri ilə tənzim olunmasından, tezlik çeviricisinin çıxışındakı gərginliyin formalaşdırılması üçün istifadə olunan eninə impuls modulyasiyalı tezlik çeviricisinin üstünlüklərindən bəhs edilir [1, 2].

Modulyasiya metodları birbaşa olaraq bütövlükdə energetik sistemin (güc dövrəsi, idarə dövrəsi) effektivliyinə təsir göstərərək, iqtisadi səmərəliliyini və məhsuldarlığını təyin edir. Modulyasiya metodlarının əsas məqsədi – minimal enerji itkiləri ilə, gərginlik və cərəyanın siqnal formasının yaxşılaşdırılmasıdır.

2000-ci ildən başlayaraq istehsal edilən və Xəzər dənizində (AUT1) avtomatlaşdırma dərəcəsi ilə istismar edilən ticarət gəmilərində (“Heydər Əliyev”, “Əziz Əliyev”, “Cabbar Həşimov” tipli tankerlərin) vacib elektrik intiqallarının (köməkçi sükan, yük nasoslarının elektrik intiqalı və s.) işə salınması və fırlanma sürətlərinin tənzim olunması tənzimlənən çeviricilər ilə həyata keçirilir [3, 4].

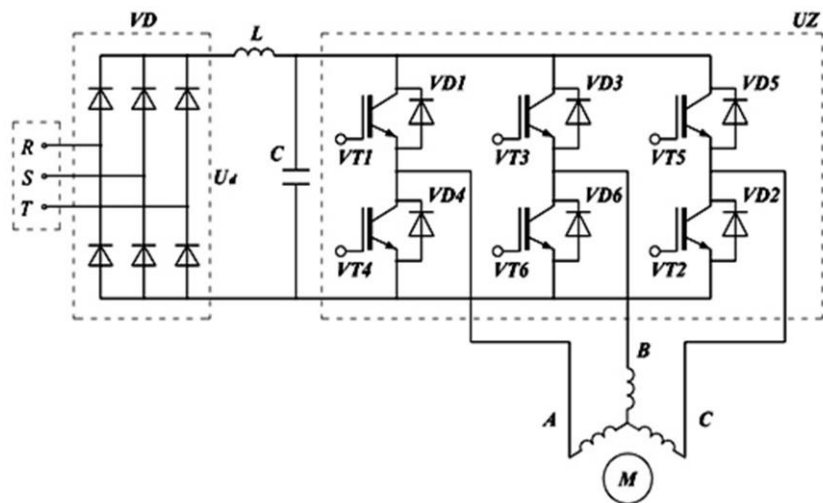
TÇ vasitəsi ilə elektrik mühərriki əvvəlcə aşağı tezliklə işə buraxıldığı üçün onun sıxaclarına verilən gərginlik də, tezliyə mütənəsb olaraq az olur. Kiçik gərginliklə işə buraxılan mühərrik də şəbəkədən az cərəyan tələb edir. Sonra isə tezliyin və gərginliyin qiymətinin tədricən artırılması, mühərrikin sürətinin nominal qiymətə çatmasına səbəb olur [1, 2].

Əsas hissə. Gəmi elektrik intiqalları üçün işəburaxılma üsullarından ən əlverişlisi tezlik çeviriciləri vasitəsilə işəburaxma üsulu sayılır. Bu məqsədlə, müasir TÇ-nin istehsalında İGBT tranzistorları istifadə olunurlar [3, 4].

Bu tranzistorlar yüksək kommutasiya tezliyi ilə açılıb-bağlanaraq cərəyanın səlisləşmə şəklində mühərriyə verilməsini təmin edir. TÇ-nin tətbiq olunması nəticəsində, elektrik intiqallarının sürətinin tənzimi zamanı, pilləli idarəedilmə səlisləşmə idarəedilmə ilə əvəz edilir, tənzimlənmə həddi artır və asinxron mühərrikin etibarlı işləməsi təmin edilir.

Şəkil 1-də asinxron mühərriyə verilən cərəyanın tezliyini tənzim etmək üçün sabit cərəyan bəndli, eninə impuls modulyasiyalı (EİM) gərginlik inverteruna malik olan TÇ-nin sxemi göstərilmişdir. Sxem VD - 3 fazalı VD – diod körpü sxemli düzləndiricidən, C-tutum süzgəcindən, UZ- 3 fazalı körpü sxemli inverterdan, VD1-VD6 əks cərəyan diodları ilə əks-paralel qoşulmuş VT1-VT6 İGBT tranzistorlarından ibarət-dir.

Bu inverterda çıxış gərginliyi VT1-VT6 tranzistor modullarının, idarəetmə sistemi-nin verdiyi alqoritm üzrə ardıcıl kommutasiyasının nəticəsində, U_d sabit giriş gərginliyi dəyişən



Şəkil 1. Tezlik çeviricisinin prinsipial elektrik sxemi

eninə impulsu çıxış gərginliyinə çevrilir. İdarə olunan VT1-VT6 ventillərindən asinxron mühərrikinin cərəyanının aktiv mürəkkəbəsi, VD1-VD6 diodlarından isə həmin cərəyanın reaktiv mürəkkəbəsi keçir.

Şəkil 2-də belə inverterin çıxış gərginliklərinin zaman diaqramı göstərilmişdir.

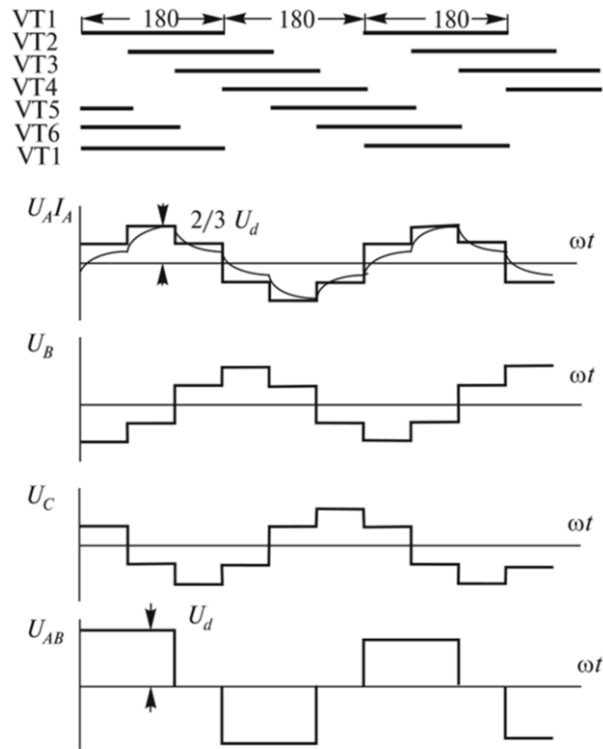
İkisəviyyəli avtonom inverterin ən uyğun xarakteristikaları 180° bucağında reallaşır. Gördüyümüz kimi tranzistor modullarının kifayət qədər qısa müddətli, ani müddətə yaxın, kommutasiyasında, mühərrikin stator dolağına verilən faza gərginliyi pilləli formaya malikdir. Bu halda statora verilən xətti gərginlik də düzbucaq formada olacaq. Asinxron mühərrikin faza cərəyanı eksponentlərin parçalarından formalaşır (şəkil 2, faza A). Stator sarğılarının fazalarına verilən gərginlik, inverterin tranzistor qollarının qoşulması alqoritminə uyğun olaraq, müxtəlif müddətli gərginlik impulslarının ardıcılığından formalaşır.

Inverterin çıxış gərginliyinin impulslarının enini sinus qanunu ilə idarə etdikdə çıxış gərginliyinin orta qiyməti sinus əyrisi kimi olur.

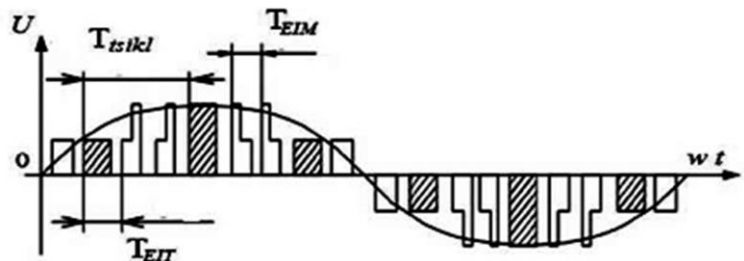
EİM, sinusoidal qanunla idarə olunan inverterda dəyişən cərəyanı sabitə cərəyanə çevirən düzləndiricidə düzlənmiş gərginliyi tənzim etmək lazım gəlmir, bu funksiyaları inverter özü yerinə yetirir və buna görə də tezlik çeviricisinin sxemi sadələşir, güclənmə əmsalı isə artır. İdarəetmə qanunlarının müxtəlifliyinə görə çıxış gərginliyinin formalaşdırılması üsullarına daxildir: Eninə-impuls-tənzimləyicisi (EİT), eninə-impuls modulyasiyası (EİM), EİT və EİM birlikdə və sinusoidal gərginlik etalonunun izlənməsi [4, 5].

Hər bir üsulun üstünlüyü TÇ-nin çıxışdakı gərginliyin tezliyini və amplitudunu tənzim etmək imkanının olması, EİM-nin sadə kommutasiyaya malik olması və nəhayət çıxışda pilləli formalı gərginlik formalaşdırılmasıdır. Tənzimlənmə prosesində pillələrin eni kiçilir və onların arasında fasilə yaranır. Bununla da çıxışda gərginliyin qiymətinin dəyişməsi alınır. Bu üsul eyni qütblü EİT adlanır. Eyni qütblü EİT-də fasilə vaxtı gərginlik kəsilir, yük isə qısa-qapanmış olur. İkiqütblü EİT-də fasilə vaxtı gərginlik qütbləri dəyişir və qiymətcə dəyişməz qalır. Fasilənin eni tənzimlənmənin dərinliyindən asılıdır və tənzimlənmə bucağı a -ilə təyin olunur (Şəkil 3).

Onların sayı isə çıxış gərginliyini $T_n = 1/f_n$ periodu ərzində modulyasiyanın tezlik dərəcəsi ilə təyin olunur. Burada, T_n - modulyasiya periodudur. Tənzimlənmə bucağının dəyişməsi vaxtı tezlik spektri



Şəkil 2. Eninə impuls modulyasiyalı gərginlik inverterinin çıxış gərginliklərinin zaman diaqramı



Şəkil 3. EİT və EİM-in birlikdə tətbiqi ilə iş prinsipi

dəyişməz qalır. Yalnız qoyulmuş harmonikaların amplitudası dəyişir. Tənzimlənən gərginlik fasilələrlə əvəz olunan impulslardır. Çıxış gərginliyinin f_n tezliyinin dəyişməsi ilə $U/f=const$ nisbəti qorunub saxlanılır. Bu isə fırlanma sürəti, tezliyin dəyişdirilməsi ilə, tənzimlənən dəyişən cərəyan elektrik intiqalları üçün vacib şərtidir. EİM-in tətbiqi ilə düzlənmiş gərginlik periodik olaraq. $f_n=1/T_n$ tezliyi ilə kommutasiya olunur. EİM-in formasından asılı olaraq TÇ-nin yükü periodik olaraq açılır, bağlanır yaxud əks qütblərlə qoşulur [4, 5].

Kommutasiya nəticəsində eyniqütblü EİM-də qoyulmuş əsas tezliyin qiyməti, qoyulmuş gərginliyin amplitudu və tezliyi, modulyasiyanın tezliyinə və dərinliyinə uyğun olaraq təyin olunur. Bu üsulun seçilməsinin əsas kriteriyası TÇ-nin çıxışındakı tezliyin və gərginliyin səlissə tənziminin geniş hədlərdə və verilmiş qanuna görə idarəetmə impulslarının vəziyyətinin modulyasiyasının təmin olunmasının mümkünlüyü hesab olunur.

EİT və EİM-in birlikdə tətbiqində hər iki üsulun üstünlüklərindən istifadə edilir. EİT-də yüksək tezliklərdə yaxşı keyfiyyətli gərginlik, EİM-də isə yaxşı keyfiyyətli çıxış gərginliyi aşağı tezliklərdə alınır [4, 5].

Sinusoidal gərginliyin etalonunun izlənməsi üsulu birbaşa TÇ-də süni kommutasiyalar vasitəsilə həyata keçirilir. Bu sistem bağlı və açıq izlənmə sistemi prinsipi əsasında qurulmuşdur. Burada əsas məqsəd TÇ-nin çıxışında sinusoidal formaya yaxın gərginliyin alınmasıdır. İzlənmə üsulu çıxışda yaxşı keyfiyyətli enerjinin alınmasına imkan verir. Lakin sxemdə etalon gərginlik generatorlarının olması, tənzim olunan gərginliklə etalon gərginliyinin müqayisəli bəndlərinin olması bu prosesləri mürəkkəbləşdirir.

Çıxış gərginliyinin formalaşdırılması üsullarının müqayisəli təhlilindən aydın olur ki, yüksək tezliklərdə EİT üsulu çıxışda keyfiyyətli enerjinin alınmasını təmin edir. EİM üsulu isə aşağı tezliklərdə tənzimlənməni mükəmməl yerinə yetirir.

Yəni aşağı tezliklərdə fasilələrin artmasını təmin edən tezlik modulyasiyasının həddini artırmaqla çıxışda keyfiyyətli gərginlik almaq mümkündür.

TÇ-nin çıxışında sinusoidaya yaxın gərginliyin alınması üçün sinusoidal gərginliyin etalonunun izlənməsi üsulu da effektiv üsul sayıla bilər. Ancaq burada gərginlik generatorunun mövcudluğu prosesləri bir qədər mürəkkəbləşdirir. Bu baxımdan EİT və EİM üsullarının hər ikisinin yuxarıda sadaladığımız üstünlüklərindən istifadə etməklə daha səmərəli nəticə əldə etmək olar [6].

Nəticə. Məqalədə böyük güclü gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqallarında tətbiq olunan qısaqapanmış rotorlu asinxron mühərrikin sürətinin tənzimlənməsi zamanı tezlik çeviricisinin çıxışındakı gərginliyin formalaşdırılması üsulları araşdırılmışdır.

İdarəetmə sistemlərinin etibarlılığını yüksəltmək və enerji itkilərini azaltmaq məqsədilə böyük güclü gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqallarının eninə impuls modulyasiyalı tezlik çeviriciləri ilə idarə edilməsi təklif olunmuşdur.

REFERENCES

1. Mehdiyev H.A, Həsənov Z.Ə, Şabanov T.H. Avtomatlaşdırılmış gəmi elektrik intiqalları. Bakı: "Nurlan", 2005. - 358 s.
2. Sultanov E.F., Abdullayev A.N. Müasir gəmi elektrik intiqalları (dərslük). – Bakı: ADDA mətbəəsi, 2018. - 438 s.
3. Sultanov E.F. Elektron güc çeviricilərinin gəmilərdə tətbiqi. – Bakı: ADDA mətbəəsi, 2015. - 100 s.
4. Frolov Y.A., Hohlovskij V.N. Rukovodstvo po resheniyam v avtomatizacii. - M.: «Schenider Electric», 2011. - 323 s.
5. Lihosherst V.I. Poluprovodnikovye preobrazovateli elektricheskoy energii s impulsnym regulirovaniem. – Ekaterinburg: UGTU, 2000. - 116 s.
6. Sultanov E.F., Mamedov E.M. Upravlenie elektroprivodami sudovyh gruzopodyomnyh mekhanizmov s pomoshchyu tiristornyh regulyatorov napryazheniya // «Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii». 2019. T.3, №4. s. 22-33

ФОРМИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ КРАНОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Э.Ф. СУЛТАНОВ, Э.М. МАМЕДОВ

Развитие микроэлектроники, электрических преобразователей на основе полупроводников и современное технологическое развитие способствуют усовершенствованию судового электрооборудования, а также упрощению эксплуатации и повышению степени автоматизации. На полностью автоматизированных торговых судах пуск в работу ответственных электроприводов (рулевое и подруливающее устройства, грузовые насосы, вспомогательные механизмы главной энергетической установки) осуществляется с помощью полупроводниковых частотных преобразователей, при необходимости обеспечивающих регулирование скорости вращения электроприводов. Обычно управление указанных типов электроприводов обеспечивается микропроцессорными системами, расположенными в центральном посту управления судна.

Пуск в работу без необходимости регулирования скорости вращения судовых асинхронных двигателей большой мощности с короткозамкнутым ротором также осуществляется с применением частотных преобразователей. Наиболее выгодным из способов пуска судовых электроприводов является пуск с помощью частотных преобразователей. С этой целью современные частотные преобразователи строятся на основе IGBT транзисторов.

Исследованы способы формирования напряжения на выходе частотного преобразователя, применяемого в электроприводах судовых грузоподъемных механизмов. С целью снижения потерь энергии и повышения надёжности работы систем управления предложено управление указанным типом электропривода с помощью частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией.

Ключевые слова: *грузоподъемный механизм, электропривод, асинхронный двигатель, преобразователь частоты, широтно-импульсная модуляция.*

FORMATION OF VOLTAGE OF FREQUENCY CONVERTERS OF MARINE CRANE ELECTRIC DRIVES

E.F. SULTANOV, E.M. MAMMADOV

Due to the development of microelectronics, semiconductor electrical converters and modern technical development, the structure of ship's electrical equipment is improving, ease of operation and the degree of automation is increasing. The most necessary electric transmissions of merchant ships with a high degree of automation (steering and auxiliary rudders, cargo pumps, electric drives of main engines) are activated by frequency converters made of semiconductors and, if necessary, adjusted at these speeds. Typically, such transfers are controlled by microprocessors installed at the ship's central post. In such ships, the start of high-power rotor short-circuited asynchronous motors, which do not require speed control, is also performed by means of a frequency converter. The most suitable method of starting a ship for electric drives is the method of starting through frequency converters. For this purpose, IGBT transistors are used in the manufacture of modern frequency converters. The article examines the methods of generating the output voltage of frequency converters applied in the electrical drives of ship lifting mechanisms. It is also proposed to control electrical drives with pulse modulation frequency converters in ship lifting mechanisms in order to reduce power consumption and increase the reliability of control systems.

Key words: *lifting mechanism, electrical drive, asynchronous motor, frequency convertor, pulse with modulated.*

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| <i>Redaksiyaya daxil olub:</i> | <i>16.02.2020</i> |
| <i>Tamamlama işlərindən sonra:</i> | <i>11.03.2021</i> |
| <i>Nəşrə qəbul edilib:</i> | <i>17.03.2021</i> |