

UOT 621.311

GƏMİ GÖYƏRTƏ MEXANİZMLƏRİNİN ASINXRON İNTİQALLARINDA TƏTBİQ OLUNAN TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİNİN PARAMETRLƏRİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI ÜSULLARI

Məmmədov L.V., Həsənov E.A., Məmmədov E.M., Allahverdiyeva A.T.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: latif.mamedov.2014@mail.ru, hasanov.079@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail.,
aynuraaynura@mail.ru

Xülasə. Məqalədə sənayenin müxtəlif sahələrində o cümlədən gəmi göyərtə mexanizmlərində istifadə olunan asinxron elektrik mühərriklərinin fırlanma sürətinin tənzimlənməsi üçün istifadə edilən tezlik çeviricilərində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin effektiv dərəcədə yaxşılaşdırılmasından bəhs olunur. Burada şəbəkənin bir nöqtəsinə qoşulmuş yarımkeçirici tezlik çeviricisinin gərginliyinin formasındakı təhrifin azaldılmasına görə sxemə çoximpulsu düzləndirici tətbiq edilmişdir.

Abstract. The article we are talking about the effective improvement of energy quality indicators in frequency converters used to regulate the speed of asynchronous electric motors used in various industries, including ships. Multi pulse rectifies of frequency converters reduce voltage distortion at the connection point of the semiconductor frequency converter and electric main.

Аннотация. Рассмотрены вопросы эффективного улучшения показателей качества электроэнергии преобразователей частоты, применяемых в регулировании скорости асинхронного электропривода механизмов различных отраслей промышленности и судовых палубных механизмов. Для снижения искажения синусоидальной формы напряжения полупроводникового преобразователя частоты, примененного в определенной точке сети, в составе схемы используется многополюсный выпрямитель.

Açar sözlər: harmonik gərginlik tərtib əmsalı, tezliklə tənzimlənən elektrik intiqalı, güc itkisi, gərginlik düşgüsü, gərginliyin sinusoidal formasının təhrif edilməsi, şəbəkə reaktoru, süzgəc-kompensasiya qurğusu, aktiv düzləndirici

Key words: total rate of harmonic voltage components, variable frequency drive, power loss, voltage loss, sinusoidal voltage waveform distortion, impedance coil, filtering and compensating device, active rectifier

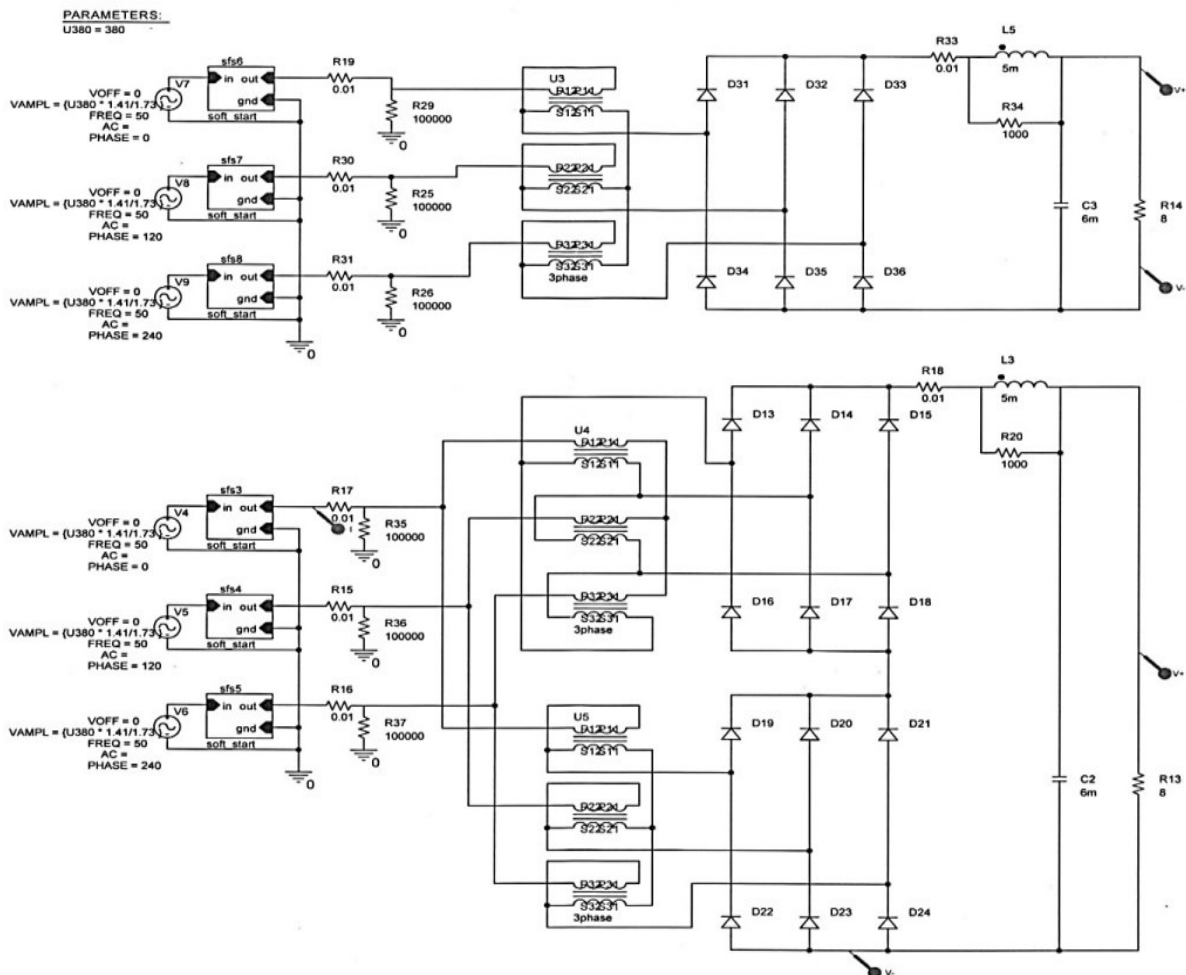
Ключевые слова: суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, частотно-регулируемый электропривод, потери мощности, падение напряжения, искажение синусоидальной формы напряжения, сетевой реактор, фильтру-компенсирующее устройство, активный выпрямитель

Giriş. Enerjiyə qənaətin əsas istiqamətlərindən biri də 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. Demək olar ki, enerjiyə qənaət məqsədilə hazırda bütün sənaye müəssisələrində tezlik çeviricili asinxron elektrik intiqalları geniş tətbiq olunurlar. Tezlik çeviricilərinin tətbiqi sayəsində 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 [1, 2].

Bununla belə, tezlik çeviricilərinin geniş istifadəsi elektrik şəbəkələrində gərginliyin sinusoidal formasının əhəmiyyətli dərəcədə pozulmasına gətirib çıxarır [4, 6]. Şəbəkəyə qoşulmuş yarımkeçirici tezlik çeviriciləri həmin şəbəkənin sinusoidal gərginlik əyrisinin formasını dəyişdirdiyindən həmin sinusoidal formanın təhrifi şəbəkənin xətti güc və xətti gərginlik itkisini artırır.

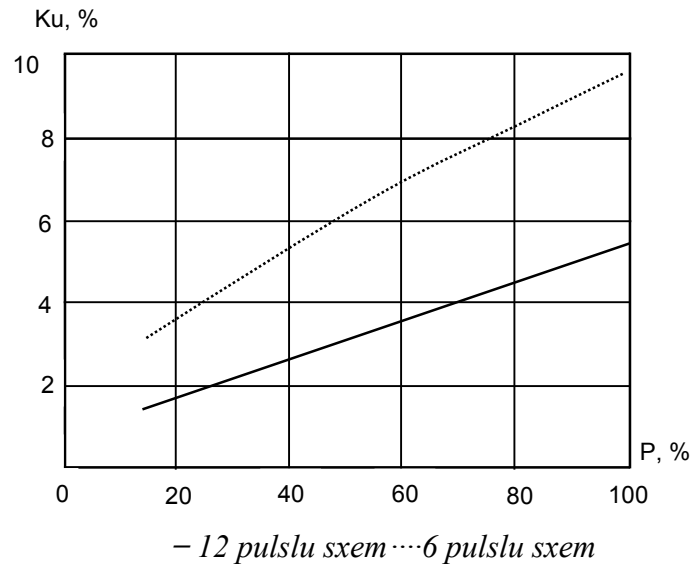
Məqalədə, praktiki olaraq, effektivliyin artırılmasını sübut edən şəbəkə gərginliyinin sinusoidal formasının yaxşılaşdırılması üçün bəzi üsullar nəzərdən keçirilir: çoxpulsu sxemlərin, şəbəkə reaktorlarının, passiv süzgəcli kompensasiyaedici qurğuların panlaşdırma qurğularının (SKQ), aktiv gərginlik düzəldicilərinin (AGD) tətbiqi. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün göstərilən üsulların köməyi ilə hesablamaların nəticələri verilmişdir. Bütün hesablamalar tezlik çeviriciləri və elektrik təchizatı sisteminin xüsusiyyətlərini nəzərə alan xüsusi hazırlanmış kompüter proqramlarının köməyi ilə həyata keçirilmişdir [2, 3].

Əsas hissə. Çoxpilləli düzləndirmə sxemlərinin tətbiqi tezlik çeviricisinin elektrik şəbəkəsinə qoşulduğu yerdə sinusoidal gərginlik formasının təhrifinin azalmasına imkan yaradır. Döyünmə sxemlərində düzləndirilmiş gərginliyin döyünmələrinin sayı qidalanma şəbəkəsinin bir perioddakı gərginlik döyünmələri sayına bərabərdir. Şəkil 1-də 6 pulslu Larionov körpü sxeminin nümunəsi verilmişdir.



Şəkil 1. Üçfazlı Larionov sxemi-a) və çıxış signalının formaları-b),v)

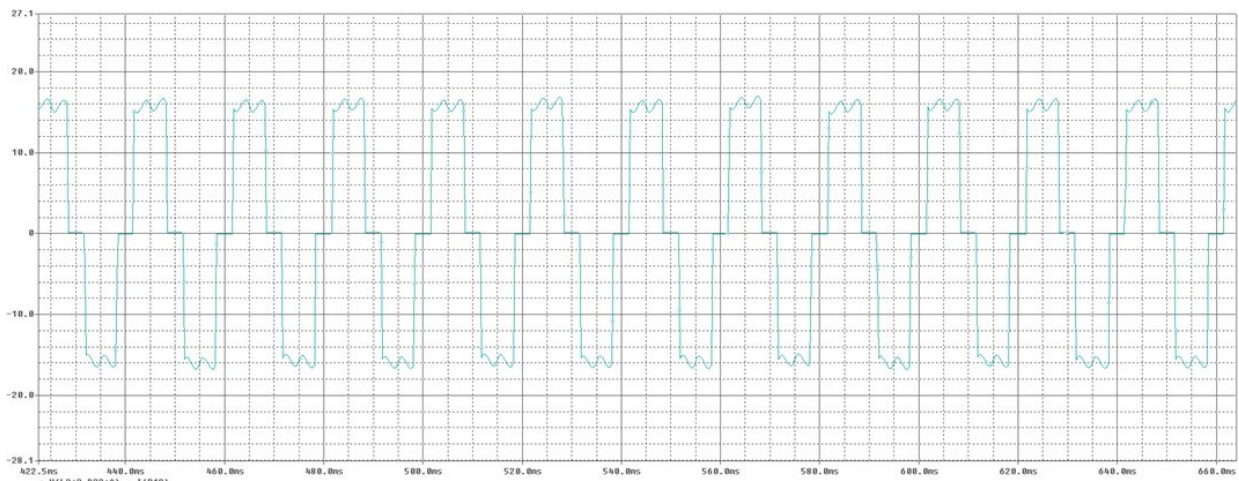
Larionovun bir neçə sxeminə əsasən daha çox pillə dərəcəsi olan (məsələn, 12, 24, 36 pilləsi) sxemlər əldə edilir. Şəbəkənin gərginlik formasına təsirinin qiymətləndirilməsi üçün tezlik çeviricisinin tərkibindəki harmonik komponentlərinin K_u gərginlik əmsalları cəminin 6 və 12 pilləli düzəndirici sxeminin parametrlərinin hesabı aparılmışdır.



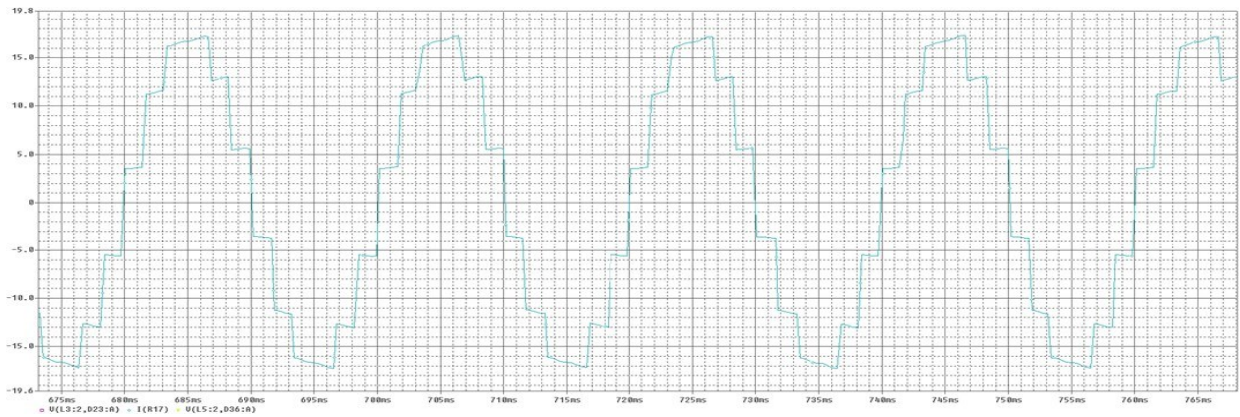
Şəkil 2. *Ku gərginlik əmsalları cəminin 6 və - 12 pilləli sxemlər üçün P yükündən asılılıq qrafiki*

Şəkil 2-də 12 və 6 pilləli düzləndirici sxemləri üçün simulyasiyanın nəticələrinin, elektrik intiqalının yükünün, P-aktiv gücünün, harmonik komponentlərinin K_u gərginlik cəmləmə əmsalından asılılıq qrafiki verilmişdir. Gücün qiyməti nominal qiymətin faizi ilə götürülür. 6 kV-luq şəbəkədə 6/0,66 kV-luq transformatorun qoşulduğu nöqtə K_u -nün qiyməti ilə təyin edilir. Burada 12 pilləli sxemlə müqayisədə K_u gərginliyi harmonik tərtibin əmsalları cəminin artması düzləndiricinin 6 pulslu sxemdən ibarət olmasına səbəb olur. Böyük yüklənmələrdə 6 kV-luq enerji ilə yüklənmə zamanı elektrik enerjisi 8% buraxıla bilən son həddi aşır [1, 2, 3].

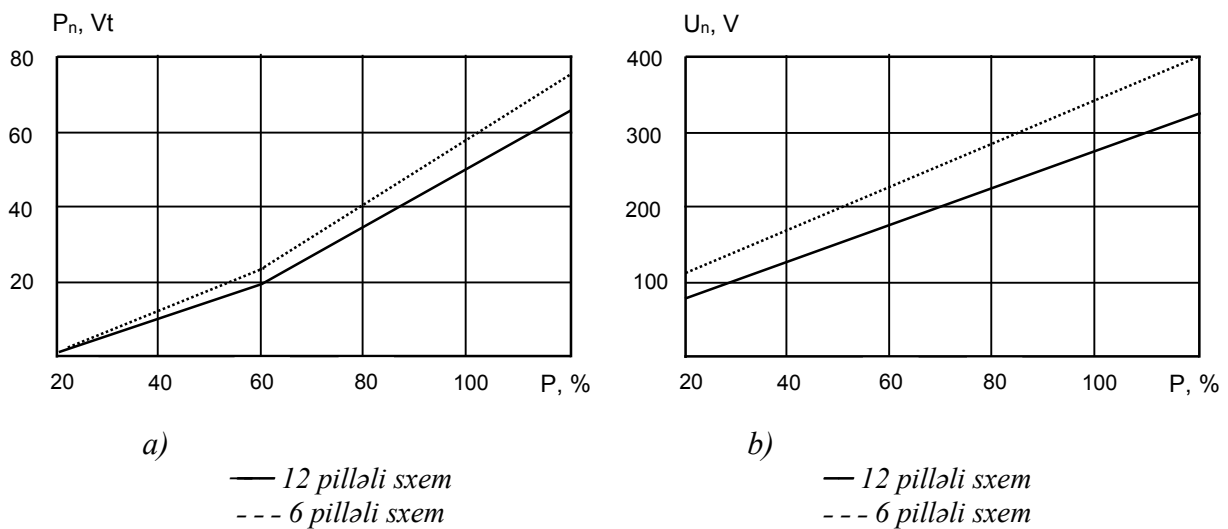
Şəkil 3 və 4-də 6 və 12 pilləli düzləndiricilərin 6 kV-luq xəttə xətti cərəyanın qrafiki modeli göstərilmişdir. Müqayisə üçün, şəkil 2 və şəkil 3-də 6 kV-luq xəttə xətti cərəyanların qrafiklərindən görüldüyü kimi mövcud 12 pilləli düzləndiricilərdə düzəldilmə sxeminin 6 pulslu düzləndirici ilə müqayisədə 6 kV-luq qidalanma xəttində xətti cərəyanın forması əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdığını görməyə imkan verir. Xüsusilə qeyd etmək lazımdır ki, yüksək harmonika səviyyəli 6 kV-luq xəttə P_x xətti güc itkisinin böyüklüyünə və U_x xətti gərginliyinin düşməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.



Şəkil 3. *6 kV-luq xətt cərəyanı 100%-li yüklə və 6 pilləli düzləndirmə sxemi üçün*



Şəkil 4. 6 kV-luq xətt cərəyanı 100% -li yüklə və 12 pilləli düzləndirmə sxemi üçün



Şəkil 5 a) 6 və 12 pilləli sxemlər üçün xəttə: 6 kV- P-yükün Pl-xətt yük itkisindən və
b) P yükün Ux-gərginlik düşgüsündən asılılıq qrafikləri

Şəkil 5a və b qrafiklərində təsvir olunmuş 12 və 6 pilləli sxemdə P yükü üçün 6 kV-luq xətti U_x - xəttə düşən gərginlik və P_x - xətdəki güc itkisindən asılılığı qrafiki əks olunmuşdur.

Verilən qrafiklərin analizi aşağıdakı nəticələrin çıxarılmasına imkan verir. Ən çox 6 kV-luq xəttə P_x -xətti güc itkisi və U_x -gərginlik düşgüsü 6-pulsu düzləndirmə sxemində baş verir. 12 puls sxemlə müqayisədə 5 kVt-luq sxemdə itki artır və gərginlik düşküsü 40 V-a qədər artır.

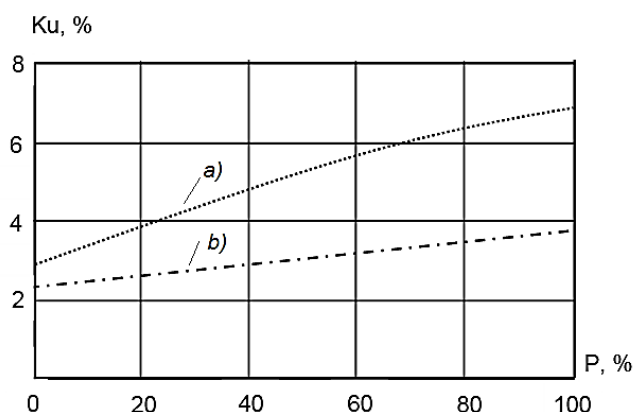
Şəbəkə reaktorunun tətbiqi. Qidalanma şəbəkəsində yüksək harmonikaların səviyyəsini azaltmaq, şəbəkə gərginliyinin formasının sinusoidalə əhəmiyyətli dərəcədə kənara çıxması halında tezlik çeviricisinin etibarlı işləməsini təmin etmək üçün TTEQM tezliyə görə tənzimlənən elektrik qida mənbəyinin şəbəkə reaktoru - Şr vasitəsilə qidalanma şəbəkəsinə mütləq birləşdirmək lazımdır [1, 2, 3].

Modelləşdirmə zamanı 12 puls sxemə şəbəkə reaktorlarının olduğu və olmadığı hallar üçün xəttə K_u gərginlik cəmləmə əmsalının harmonik komponentlərdən asılılıq qrafikləri 6 kV-luq yükə düşən xətt reaktorunun P- gücündən asılılıq qrafiki şəkil 6-da verilmişdir.

Passiv süzgəc-kompensasiya qurğusunu şəbəkə reaktoruna qoşduqda K_u -əmsalının azalması baş verir.

Tezlik çeviriciləri tərəfindən yaradılan yüksək harmoniklərin böyük bir hissəsi ilə elektrik şəbəkələrində çoxpulsu sxemlərin və şəbəkə reaktorlarının mövcudluğu şəbəkə gərginliyinin formasını yaxşılaşdırmaq vəzifəsini tam formada həll edə bilmir. Buna görə də, bu vəziyyətdə passiv

süzgəc-kompensasiya cihazlarını (PSKQ) daxil etmək lazım gəlir. PSKQ həm əsas tezliklərdə reaktiv gücün kompensasiyasını, həm də yüksək gərginlikli harmoniklərin süzülmesini təmin etməyə imkan verir. PSKQ-tezlik çeviricisinin qidalandığı nöqtədən şəbəkəyə qoşulması tövsiyə olunur. PSKQ tərkibinə aşağı spektrlərdə kanonik ali harmoniklərin süzülməsinə hesablanmış pillələrlə paralel daxil edilmişdir. Onlar tezlik çeviriciləri tərəfindən yaradılır ($V=5, 7, 11, 13$). Mərhələli PSKQ ardıcıl birləşmiş kondensator və reaktordan ibarət olub LC rezonans dövrəsindən ibarət olub eyni zamanda şəbəkədə əsas tezlikli tutum cərəyanı hasil edir. Qeyd etmək lazımdır ki, yüksək harmoniklərin praktikada tam süzülməsi yoxdur [1, 2, 3].



Şəkil 6. Şəbəkə reaktorunun olmadığı və olduğu hallar üçün, xəttə 6 kV-luq 12 pulslu sxemin üçün P-yükünün harmonik Ku-gərginlik əmsalları cəmindən asılılıq qrafiki
 a) reaktor qoşulduğu halda Lr
 b) şəbəkə reaktoru olmadığıda Lr

Lp şəbəkə reaktoru olmadığı və mövcud olduğu halda, 6 pulslu sxemlər üçün 12 pilləli P yükündən 12 kV-luq xətdə harmonik gərginlik komponentlərinin Ku ümumi əmsallardan asılılıq qrafiki verilmişdir. Əgər SKQ şəbəkənin tezliyinin və SKQ-nın parametrlərini hesablamazdan əvvəl şəbəkənin harmonik gərginlik komponentləri icazə verilən ümumi əmsalını təmin edərsə, bu halda şəbəkənin gərginliyinin buraxıla bilən harmonik səviyyəsini əldə etmək üçün daha sadə SKQ sxemlərini tətbiq etmək olar.

Buna görə də, qoşulma zamanı istənilən səviyyəli yüksək harmoniklər əldə etmək üçün, antirezonans reaktorları kondensator qurğularından istifadə etmək tövsiyə olunur.

Antirezonans reaktorlu kondensatorun qurulması. Bu qurğular reaktiv gücün pilləli tənzimlənməsini həyata keçirən kondensator qurğularından ibarətdir. Qurğunun ayrı-ayrı pillələrində şəbəkəyə reaktiv gücü göstərən pilləli tənzimləmə imkan verən cəld təsirli tiristor açarlarından istifadə olunur [4, 5, 6].

SKQ-nun tərkibində kanonik harmonikanın tezliyinə nisbətən sürüşmüş rezonans tezlikli antirezonans reaktorları kondensatorları yüksək harmoniklərdən qoruyur.

Elektrik dövrəsində rezonans cərəyanının qarşısını almaq üçün elektrik şəbəkəsində SKQ-nın rezonans tezliyindən aşağı tezlikli harmoniklər olmamalıdır. Reaktorlar, kondensatorları müdafiə etməkdən başqa, sinusoidal formalı gərginliyin təhriflərini azaldır. Reaktorların seçilməsi, şəbəkənin əsas tezliyi üçün induktiv və tutum müqavimətlərinin nisbətində $p=(X_L/X_C)100\%$ bərabər olan kəmiyyətə görə aparılır.

Pozulma əmsalı SKQ pilləsinin rezonans tezliyindən asılıdır və aşağıdakı ifadəyə uyğun olaraq hesablanır:

$$V_p = 50\sqrt{(100/P)}\%$$

SKQ-pillələri adətən aşağıdakı rezonans tezliklərinə uyğunlaşdırılır: 134, 189 və 210 Hz, pozulma əmsalları müvafiq olaraq 14%, 7% və 5,67%. bərabər olur. Aktiv gərginlik düzləndiricili tezlik çeviricisinin tətbiqi, elektrik enerjisinin keyfiyyətinin artırılması üçün perspektivli üsuldur.

Aktiv gərginlik düzləndiriciləri (AGD) üçün tam idarə olunan yarımkeçirici cihazlar, güc tranzistorları, tiristor, İQBT və MOSFET tipli tranzistorlardan istifadə olunur.

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

AGD tezlik çeviricisi qidalanma şəbəkəsi arasında enerji mübadiləsini həyata keçirir ki, bu da sənaye maşınlarının və qurğularının idarəedicilərinin enerji göstəricilərini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Burada şəbəkəyə enerji rekuperasiyası rejimini tətbiq etməklə elektrik enerjisinə kifayət qədər qənaət etmək olar [5, 6, 7].

Nəticə. Çoximpulsu sxemlərin tətbiqi sinusoidal gərginlik formasının təhrifini azaldır. Sənaye müəssisələrində yarımkeçirici çeviricilərin qidalanma şəbəkəsinə şəbəkə reaktoru vasitəsilə qoşulması, elektrik şəbəkələrində bir transformatorla qidalanan yarımkeçirici çeviricilərin qarşılıqlı təsirini azaldır. Antirezonans reaktorların yüksək harmoniklərdə kondensatorların qorunmasını təmin edir və minimum hala çatana qədər yüksək harmoniklərin səviyyəsinin azalmasına çatdırır, ali harmonika səviyyəsini minimum həddə endirir. Aktiv gərginlik düzləndiricisinin daxilində tezlik çeviricilərini tətbiq etməklə sənaye müəssisələrində elektrik enerjisinin keyfiyyətini artırmaq, ona olan tələbatı azaltmaq, həmçinin sənaye qurğularının və mexanizmlərin daxilindəki tezlik tənzimləyicili elektrik intiqalının enerji tələblərini azaldır.

Ədəbiyyat

1. Sultanov, E. F. "Gəmi elektronikasi və güc çeviriciləri". Dərs vəsaiti / E. F. Sultanov, F.V. Məmmədova – Bakı: ADDA, 2020. – 170 s.
2. Həsənov, Z. Ə. "Güc elektronikasi və intiqalın idarə edilməsi". Dərs vəsaiti / Z. Ə. Həsənov, S. Ə. Xanəhmədova – Bakı: ADNSU, – 2018. – 120 s.
3. L.V.Məmmədov, F.V.Məmmədova. "Körpü sxemsiz düzləndiricilərdə güc əmsalının korreksiyası" Su nəqliyyatı problemləri XIV Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları. 117-119 s. Bakı-2019.
4. Преобразователи частоты - просто о сложном :/ Danfoss Drives A/S. – 2006. – 165 с.
5. Соколовский Г. Г. "Электроприводы переменного тока с частотным регулированием" / Г. Г. Соколовский – М.: АCADEMA, – 2006. – 358 с.
6. Коровин В.В. Обухов С.Г. Модуляционные методы построения импульсных преобразователей // Практическая силовая электроника. – 2005. №19. с. 38-43.
7. Мелешин В. И. "Транзисторная преобразовательная техника"/М.: Техносфера. 2011-576 с.

Мəqalə qəbul olunub: 31.03.2022
Təvsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov