

UOT 629.12.066

BÖYÜK GÜCLÜ GƏMİ AVAR ELEKTRİK QURĞULARININ TƏDQİQI

Səlimova A.K., Sultanov E.F., Məmmədov E.M.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: afag_sk@mail.ru, elshen_sultanov@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail.com

Xülasə. Məqalədə böyük güclü gəmilərin elektrik hərəkətverici sistemlərinin qurulması üçün mövcud strukturların təhlili aparılmış, onların üstünlükləri və çatışmazlıqları qeyd edilmişdir. Həmçinin məqalədə müxtəlif növ avar mühərriklərinin müqayisəli təhlili də aparılmışdır. Təhlillərə əsasən mövcud elektrik maşınlarının növləri ilə müqayisədə daha yüksək energetik və istismar xarakteristikalarına malik olan, rotoru anizotrop maqnit keçiricilikli reaktiv mühərrikdən avar mühərriki qismində istifadə edilməsi və gəminin kaskad tezlik çeviricili böyük güclü elektrik hərəkətverici sisteminin transformatorsuz strukturu təklif olunur. Kaskad tipli tezlik çeviricili və rotoru anizotrop maqnit keçiriciliyinə malik reaktiv elektrik mühərrikinin gəmi avar elektrik sistemlərində istifadəsinin üstünlükləri qeyd edilmişdir.

Abstract. In the article, the existing structures for the construction of electric propulsion systems of large powerful ships were analyzed, their advantages and disadvantages were noted. A comparative analysis of different types of paddle motors was also carried out in the article. Based on the analysis, it is proposed to use a jet engine with an anisotropic magnetic permeability rotor as a paddle motor, which has higher energy and operational characteristics compared to the existing types of electric machines, and a transformerless structure of the ship's large-power electric propulsion system with a cascade frequency converter. The advantages of using a jet electric motor with a cascade-type frequency converter and a rotor with anisotropic magnetic permeability in the ship's oar electric systems are noted.

Аннотация. В статье проанализированы существующие конструкции для построения электродвигательных установок крупных мощных кораблей, отмечены их достоинства и недостатки. В статье также был проведен сравнительный анализ различных типов лопастных двигателей. На основе анализа предлагается использовать в качестве гребного двигателя реактивный двигатель с ротором с анизотропной магнитной проницаемостью, обладающий более высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с существующими типами электрических машин, и бестрансформаторную структуру судового двигателя большой мощности. Электрическая двигательная установка с каскадным преобразователем частоты. Отмечены преимущества использования реактивного электродвигателя с частотным преобразователем каскадного типа и ротора с анизотропной магнитной проницаемостью в судовых гребных электросистемах.

Açar sözlər: gəmi, avar elektrik qurğusu, kaskad, tezlik çeviricisi, transformator.

Key words: ship, electric propulsion plant, cascade, frequency converter, transformer

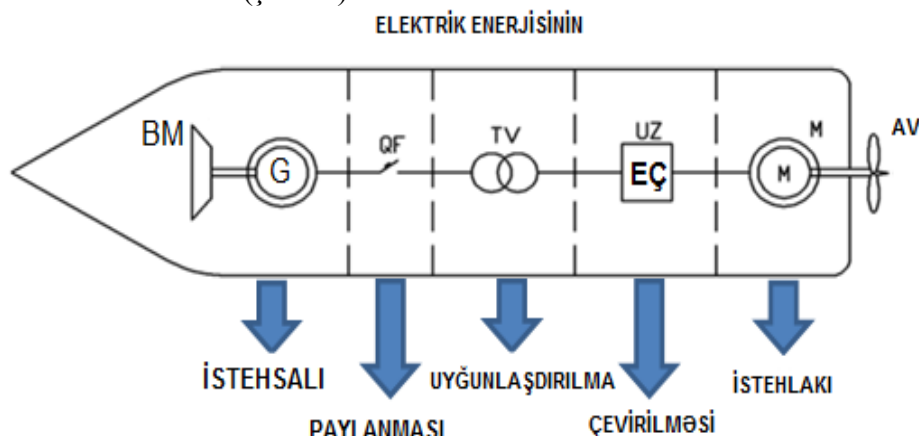
Ключевые слова: судно, гребная электроустановка, каскад, преобразователь частоты, трансформатор

Giriş. Son zamanlar gəmiqayırma sənayesində elektrik avar qurğusu olan xüsusi tipli gəmilərin və iri tutumlu gəmilərin tikintisi tendensiyası müşahidə olunur [1,3].

Elektrik hərəkətverici sistemlərinin tətbiqi, istilik mühərrikindən vintin valına mexaniki ötürücüdən istifadə edən sistemlərlə müqayisədə daha yaxşı istismar və energetik xüsusiyyətlərin əldə edilməsinə imkan verir [1,2]. Bu hazırlanma tendensiyası xüsusilə, sərt istismar tələblərinə yeganə

cavab verən avar elektrik qurğusu olan gəmilər üçün xarakterikdir. Elektrik hərəkətverici sistemlərinin layihəsinə və istismarına böyük diqqət yetirilir. Gəmiqayırma sənayesinin bütün aparıcı istehsalçıları onların inkişafı və təkmilləşdirilməsində iştirak edirlər.

Əsas hissə: Elektrik hərəkətverici sistemlərində mexaniki enerjinin istilik mühərrikindən avar elektrik mühərrikinə ötürülməsi üçün, elektrik enerjisinin istehsalını, avar mühərrikinin idarə edilməsi üçün onun parametrlərinin uyğunlaşdırılması və çevrilməsini nəzərdə tutan elektrik texnologiyasından istifadə edilir (şəkil 1).



Şəkil 1. Hazırkı dövrdə daha geniş tətbiq edilən gəminin hərəkət kompleksinin strukturu

Göstərilən avar elektrik kompleksinin strukturunda avar elektrik mühərriki – M, avar valı vasitəsi ilə AV – avar vintinə qoşulub. Avar elektrik mühərrikinin qidalanması TV - əlaqələndirici transformator vasitəsi ilə EÇ – elektrik çeviricisindən həyata keçirilir. Elektrik enerjisinin istehsalı BM – birinci mühərrik (istilik mühərriki) vasitəsi ilə hərəkətə gətirilən G – generatoru ilə yerinə yetirilir [6].

Bu strukturun elementlərinin hər biri hərəkətverici kompleksin tam gücünə uyğun hazırlanır, nəticə olaraq da böyük qabaritlərə və çəkiyə malik olur. Elektrik hərəkətverici sisteminin verilmiş gücünün artmasının nəticəsi olaraq, onun həyata keçirilməsi, yerləşdirilməsi və etibarlı işləməsinin təmin edilməsi, çətinliklərlə bağlıdır.

Avar elektrik mühərrikləri böyük güc və kiçik fırlanma sürəti ilə xarakterizə olunurlar. Mühərrikin kütlə-qabarit parametrləri onun elektromaqnit momentinin qiyməti ilə müəyyən edilir. Avar mühərrikləri yüksək gücə və aşağı rotor sürətinə malik olduğundan, onların çəkisi və ölçü göstəriciləri yüksək sürətli elektrik mühərriklərinə nəzərən əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır. Eyni zamanda, belə bir strukturda əlaqələndirici transformator kütlə-qabarit parametrləri baxımından avar elektrik mühərrikindən əhəmiyyətli dərəcədə seçilmir. Şəkil 1-də göstərilən strukturda elektrik çeviricisi çox sayda bahalı və mürəkkəb elementləri ehtiva edir. Gücün böyük olduğu hallarda, mövcud element bazasında strukturun həyata keçirilməsində çətinliklər yaranır. Yüksək cərəyanlar və gərginliklər üçün istehsal olunan güc elektron açarlarının çeşidi çox məhduddur və layihələndirilmiş elektrik çeviricilərinin gücünü məhdudlaşdıran cərəyan və gərginliyin buraxıla bilən qiymətlərində texnoloji məhdudiyyət var.

Bu məsələlərə əlavə olaraq, enerji və istismar xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıracaq hərəkətverici kompleksin elektrik intiqalının idarəetmə alqoritmləri ilə əlaqəli daha çox müxtəlif məsələlər mövcuddur. Bu problemlərə çox sayda nəşrlər və tədqiqatlar həsr edilmişdir ki, bu da gəminin hərəkət kompleksinin strukturunun seçilməsinin aktuallığını göstərir [1, 3, 8].

Beləliklə, müxtəlif növ gəmilərdə elektrik hərəkət sistemlərinin geniş tətbiqi böyük kütləsi, ölçüləri, dəyəri, həmçinin istifadə olunan elektrik avadanlıqlarının aşağı etibarlılığı və mürəkkəbliyi ilə məhdudlaşır. Elektrik hərəkət sistemlərinin praktiki həyata keçirilməsində, gəminin məhdud

ərazilərində elektrik avadanlıqlarının yerləşdirilməsi imkanları ilə əlaqəli onların texniki məqsəduyğunluğu sualı yaranır. Elektrik hərəkət sistemlərinin istifadəsini məhdudlaşdıran digər amil onların mürəkkəbliyidir ki, bu da yüksək ixtisaslı texniki qulluq və təmir işçiləri tələb edir. Elektrik hərəkət sistemlərinin qoyuluş gücünün artması gəminin elektrik hərəkəti kompleksinin qurulmasında həm yeni müasir element bazasının, həm də yeni sxem həllərinin işlənilib hazırlanmasını, layihələndirilməsini və tətbiqini tələb edir [1,2].

Bu məqalədə böyük güclü gəminin elektrik hərəkətverici kompleksini layihələndirərkən, avar elektrik intiqalı və onun enerji təchizatı sisteminə vahid qurğu kimi baxılması təklif olunur. Gəminin elektrik hərəkətverici sistemə bu cür kompleks yanaşma onun çəki-qabarit göstəricilərini, energetik və istismar xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıracaq.

Elektromexaniki çeviricinin növünün seçilməsi. Avar elektrik mühərrikləri qismində, sarğıları həm statorda, həm də rotorda yerləşən bütün növ klassik elektrik maşınları istifadə olunur: sinxron mühərrik-SM, asinxron mühərrik - AM, sabit cərəyan mühərriki-SCM.

Şəkil 1-də göstərilən elektrik hərəkətverici sisteminin strukturuna alternativ, çəki-qabarit göstəricilərinə görə daha uyğun olan sistem G-M (generator-mühərrik) sistemidir [4].

Lakin bu sistem gücə görə məhdudiyyətlərin və SCM -nin istifadəsi ilə bağlı bir sıra istismar xarakterli çatışmazlıqların olması ilə fərqlənir. Yeni tikilən gəmilərdə SCM-lər avar elektrik mühərrikləri qismində istifadə edilmir.

Avar elektrik mühərriki qismində tətbiq olunan mühərriklərin sırasında ən geniş tətbiq olunan qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriki olaraq qalır. Bununla belə, hal-hazırda avar elektrik intiqalı sahəsi üzrə məşğul olan mütəxəssislərin diqqəti rotorda sarğı olmayan müxtəlif konstruksiyalı elektrik maşınlarına cəlb olunur. Bunlar sabit maqnitli sinxron maşınları (DMSM) və passiv rotorlu reaktiv maşınlardır [5].

Böyük maşınların rotorunda güc itkilərinin olmaması onların soyutma sistemini sadələşdirir və bu onların böyük üstünlüyüdür [8].

Reaktiv maşınlarda rotorun maqnitləşməsi stator sarğısındakı cərəyanların hesabına baş verir. Maqnit qütblərini reaktiv maşının rotoruna təsbit etmək və yerləşdirmək üçün müxtəlif konstruktiv həllər tətbiq olunur. Reaktiv maşının rotorunun quruluş variantlarından biri onun dişli formasıdır [5].

Rotor konstruksiyasının başqa bir versiyası rotorun anizotropik maqnit keçiriciliyi (RAMKRM) olan reaktiv maşınlarda istifadə olunur [6].

Rotor materialında anizotrop maqnit xassələrin yaranmasına imkan verən iki növ konstruktiv həllər var: müəyyən şəkildə əyilmiş polad təbəqələrlə rotorun uzununa xəlitələnməsi (RAMKRM - A); rotorun xüsusi kəsikləri olan polad təbəqələrlə eninə xəlitələnməsi (RAMKRM -T) [6].

Elektrik maşınlarının maqnit dövrəsinin maqnitləşməsi üçün statorda iki növ sarğı daha geniş yayılmışdır. Bir qayda olaraq aralarında maqnit əlaqələri olan bir neçə faza sarğısından ibarət klassik tipli bir sarğı geniş yayılmışdır [8].

Başqa bir növ dolaq da qısa ucları olan iki hissədən ibarət bir neçə faza dolağından ibarətdir. Qısa frontal hissələr fazalar arasında maqnit bağlarının olmamasına səbəb olur. Belə dolaqların statoru dişli formaya malikdir [7]. Dişli stator və rotorlu maşınlarla ventil-induktor (Vİ) maşınları da deyilir.

Ehtimal olunur ki, RAMKRM-T istehsalda texnoloji cəhətdən daha inkişaf etmişdir və belə dörd qütblü maşın ABB şirkəti tərəfindən istehsal olunur. Avar elektrik mühərriklərinin rotoru kiçik sürətlə fırlanır, buna görə də, bir qayda olaraq, onlar çox qütblüdür. Konstruktiv olaraq, RAMKRM-T çoxqütblü formada istehsal etmək mürəkkəbdir, lakin RAMKRM -A demək olar ki, istənilən sayda cüt qütblər ilə hazırlana bilər. Bundan əlavə, RAMKRM-A enerji səmərəliliyi baxımından RAMKRM-T-dən daha üstündür. Buna görə də avar mühərriklərinin istehsalında RAMKRM-A-ya üstünlük verilə bilər [7].

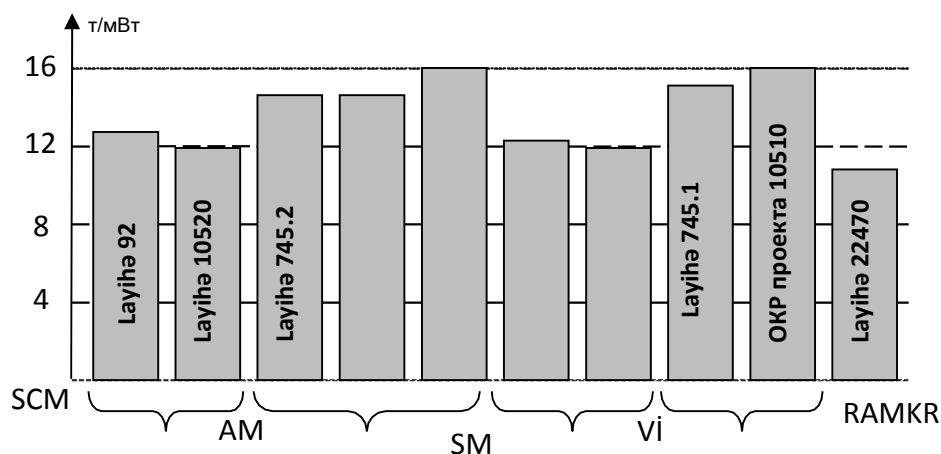
Cədvəldə göstərilən elektrik maşınlarının üstünlükləri və çatışmazlıqları verilmişdir. Cədvələ görə, rotorun anizotropik maqnit keçiriciliyinə (RAMKRM) malik reaktiv elektrik maşınları daha

əlverişli istismar xarakteristikaları ilə yanaşı, ən çox üstünlüklərə malikdir.

Dəyişən cərəyan elektrik maşınlarının ən çox yayılmış növlərinin üstünlükləri və çatışmazlıqları

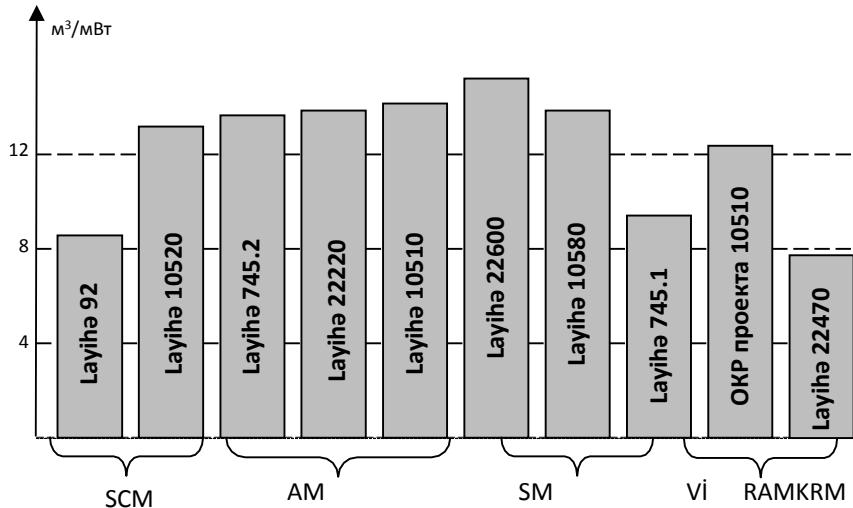
Mühərrik	üstünlükləri	çatışmazlıqları
AM	– İkinci zonada işləmək bacarığı; – sübut edilmiş istehsal texnologiyası; – Maqnit dövrəsinin maqnitləşməsinə nəzarət etmək imkanı	rotorda böyük güc itkilərinin olması və rotordan istiliyin kənarlaşdırılması zəruriyyəti; – FİƏ-nin kiçik olması
SM	İkinci zonada işləmək bacarığı; – uyğun energetik xassələri; – Maqnit dövrəsinin maqnitləşməsinə nəzarət etmək imkanı	Təsirlənmə sarğısını və stator sarğısını idarə etmək üçün elektrik çeviricisinin olması zəruriliyi – hərəkət edən elektrik kontaktının olması; – Rotor itkiləri
SMSM	– uyğun energetik xassələri; – Rotorda elektrik itkilərinin olmaması	Qəza vəziyyətləri zamanı təsirlənmənin dayandırılmasının mümkünsüzlüyü; – Maqnitlərin yüksək qiyməti; – Mürəkkəb rotor istehsalı texnologiyası; – təmir olunma qabiliyyətinin aşağı olması
VI	İstehsalın asanlığı; – Sadə keçid; – Rotorda elektrik itkisi yoxdur	Böyük kütlə; – Çoxlu sayda açarlar və kabellər
RAMKRM	– sadə quruluş – uyğun energetik xassələri; – İkinci zonada işləmək bacarığı; – Daha üstün çəki-qabarit xüsusiyyətləri; – Rotorda elektrik itkisi yoxdur; – Maqnit dövrəsinin maqnitləşməsinə nəzarət etmək imkanı	Böyük elektrik maşınlarının rotorlarının layihələndirilməsi üçün işlənməmiş texnologiya

Buzqıran və yedək gəmilərinin mövcud layihələrində hazırkı avar elektrik maşınlarının məlumatlarından istifadə edərək, cədvəldə göstərilən müxtəlif növ elektrik maşınlarının çəki-qabarit xassələrini müqayisə etmək mümkündür. Şəkil 2 və 3-də avar mühərriklərinin xüsusi kütləsinin və xüsusi həcmnin diaqramlarını göstərilir. Bu diaqramlardan belə çıxır ki, RAMKRM ən yaxşı çəki və ölçü parametrlərinə malikdir.



Şəkil 2. Müxtəlif layihəli buzqıran və yedək gəmiləri üçün avar elektrik mühərriklərinin xüsusi çəkilərin diaqramları

Yuxarıdakı təhlildən belə çıxır ki, RAMKRM ilə elektrik intiqalı energetik xüsusiyyətlərinə görə ən çox yayılmış AM-li elektrik intiqalından üstündür. Bundan əlavə, bir sıra istismar xüsusiyyətlərinə, etibarlılığına və təhlükəsizliyinə, habelə istehsal texnologiyasına görə, xüsusən də böyük güclü elektrik maşınları üçün RAMKRM bütün məlum elektrik maşınlarından üstündür.



Şəkil 3. Müxtəlif layihəli buzqırar və yedək gəmiləri üçün avar elektrik mühərriklərinin xüsusi həcmələrinin diaqramları

Elektrik çeviricisinin növünün seçilməsi. Avar elektrik mühərriklərinin idarə edilməsi üçün, güc elektron açarları bazasında qurulmuş elektrik çeviriciləri istifadə olunur. Müəyyən bir zamanda buraxılan elektrik çeviricilərinin hədd gücü elektron açarların komutasiya qabiliyyəti ilə məhdudlaşır. Elektrik çeviricisi qismində daha çox yayılmış, güc elektron açarları bazasında qurulan bilavasitə tezlik çeviriciləri və sabit cərəyan bəndi olan tezlik çeviriciləridir. Birbaşa tezlik çeviriciləri əsasən qismən idarə olunan yarımkeçirici açarlarda – tiristorlar, sabit cərəyan bəndli tezlik çeviriciləri isə - tam idarə olunan yarımkeçirici açar – tranzistorlar bazasında qurulur.

Birbaşa tezlik çeviricilərinin fərqli bir xüsusiyyəti elektrik enerjisinin bir dəfə çevirilməsi və elektrik çeviricisinin güc hissəsinin quruluşunun sadəliyidir. Birbaşa tezlik çeviricilərinin çatışmazlıqlarına aşağıdakılar daxildir: sintez edilmiş gərginliyin aşağı keyfiyyəti, həmçinin sürətin idarə edilməsi diapazonunda nəzərəcarpacaq məhdudiyyətlər. Bundan əlavə, çatışmazlıqlar arasında tiristorların yanlış işə düşməsi və qeyri ixtiyari olaraq öz-özünə açılması ehtimalı var. Buna baxmayaraq, qeyd etmək lazımdır ki, birbaşa tezlik çeviriciləri çəki-qabarit xüsusiyyətləri baxımından üstünlüklərə malik və istifadə üçün uyğundur.

Son zamanlarda, bütün sənaye sahələrində, demək olar ki, bütün idarə olunan elektrik intiqalları bir düzləndirici və bir invertordan ibarət olan sabit cərəyan bəndli tezlik çeviriciləri əsasında qurulur. Avar elektrik intiqallarında, belə tezlik çeviricilərinin verilmiş gücünü artırılması və inverterin sintez edilmiş gərginliyin keyfiyyətini yüksəldilməsi üçün çeviricilər, bir qayda olaraq, çoxsəviyyəli quruluşda hazırlanırlar [2-4]. Bu da öz növbəsində, tezlik çeviricisinin sxemini mürəkkəbləşdirir. Belə bir tezlik çeviricisinin çatışmazlıqlarına böyük qabaritlər, çəki və istifadə zamanı aşağı etibarlılıq daxildir, çünki güc hissəsinin hər hansı bir elementinin nasazlığı elektrik çeviricisinin bütövlükdə sıradan çıxmasına səbəb ola bilər. Müasir element bazasında, üç səviyyəli inverter ilə bir tezlik çeviricisinin maksimum əldə edilə bilən gücü 5 MVt-dir. Bu halda modulyasiya tezliyi 400...500 Hz-dən çox deyil. Aşağı modulyasiya tezliyi inverter çıxışında modulyasiya edilmiş gərginliyin keyfiyyətsizliyinə səbəb olur.

Çoxsəviyyəli inverterlərə malik tezlik çeviricisinə alternativ kaskad tezlik çeviriciləridir. Kaskad tezlik çeviricisi elementar yuvalardan əmələ gələn matrisdir. Hər bir yuva üç fazalı - bir fazalı tezlik çeviricisidir. Bundan əlavə, hər birfazalı tezlik çeviricisi standart və geniş istifadə olunan aşağı

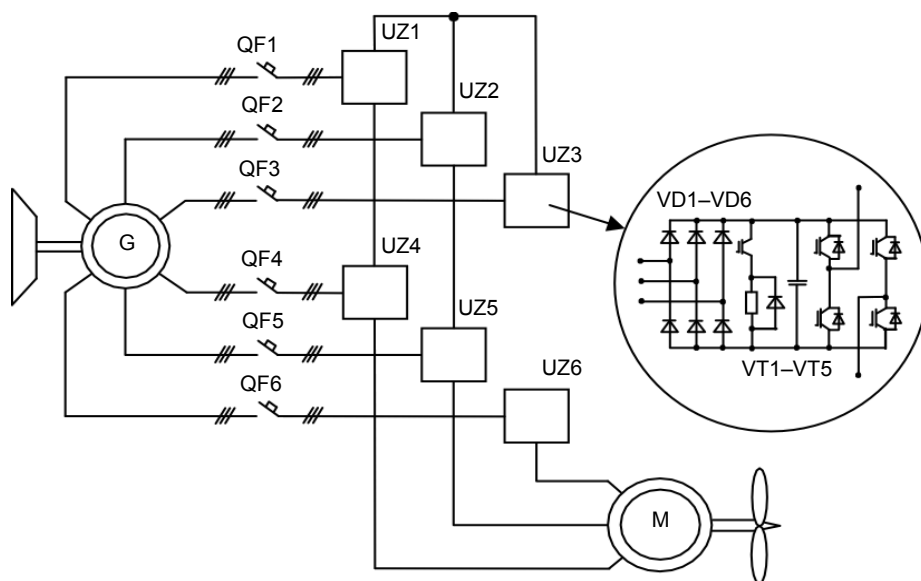
gərginlikli elektron açarlar bazasında hazırlanır. Lakin bir fazalı tezlik çeviricilərinin hər biri üçün galvanik olaraq əlaqəsi olmayan elektrik enerjisi mənbələri tələb olunur. Galvanik izolyasiya üçün adətən çox dolaqlı transformatorlar istifadə olunur. Kaskad elektrik çeviricisinin hər bir çıxış fazasının yuvası və çıxış terminalları ardıcıl birləşdirilir və faza çıxışlarını təşkil edir, kaskad elektrik çeviricisinin fazalarının şərti başlanğıcları bir-birinə bağlanır, fazaların şərti çıxışları isə yükə bağlıdır. Yuvalar ardıcıl olaraq bağlandığından, kaskad elektrik çeviricisinin gücünün artırılması cərəyan deyil, onun çıxış gərginliyinin artması səbəbindən baş verir. Kaskad çeviricinin çıxışında modulyasiyalanmış gərginlik çoxsəviyyəlidir və yüksək keyfiyyətlidir.

Baxlan elektrik çeviricilərinin müqayisəli təhlili belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verir: böyük güclü avar elektrik intiqallarında kaskad çeviricidən istifadə edilməsi böyük üstünlüklərə malikdir.

Elektrik mühərriki kompleksinin strukturunun seçimi. Gəminin elektroenergetik sistemini layihələndirərkən, elektrik stansiyası və hərəkətverici kompleksin elektrik intiqalı adətən ayrıca layihələndirilir. Buna görə də, əlaqələndirici transformatorlardan, mürəkkəb paylayıcı qurğulardan istifadə etmək zəruriyyəti yaranır və onların mövcudluğu avar elektrik intiqalının strukturunun ən böyük çatışmazlığıdır (bax. Şəkil 1). Bu çatışmazlığı aradan qaldırmaq üçün elektrik stansiyasını və avar kompleksinin elektrik intiqalını bir vahid kompleks kimi nəzərə almaq təklif olunur. Eyni zamanda, kaskad tezlik çeviricisinin əsas çatışmazlığı olan əlaqələndirici gərginlik transformatoru strukturdan xaric edilə bilər, əsas və ikinci dərəcəli paylayıcı qurğular əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirilə bilər.

Kaskad tezlik çeviricisinin istifadəsi güc elektron açarlarının parametrlərinə qoyulan məhdudiyyətlərlə, böyük güclü gəminin transformatorsuz hərəkət kompleksini həyata keçirməyə imkan verəcəkdir. Şəkil 4-də əlaqələndirici transformator olmadan kaskad tezlik çeviricili böyük güclü avar elektrik intiqalının həyata keçirilməsi ideyasını təqdim edir. Təqdim olunan strukturda bir-birindən galvanik olaraq təcrid olunmuş elektrik generatorunun üç fazalı dolaqlarının sayı kaskad tezlik çeviricisinin üç fazalı-bir fazalı yuvalarının sayına bərabərdir.

Təklif olunan strukturun üstünlüyü onun modulluğudur ki, bu da müxtəlif sayda generatorlu və mühərrikli, nominal səviyyəli gərginlik və cərəyanlı avar elektrik sisteminin qurulmasında çevikliyi təmin edir. Çevirici yuvalarının sabit cərəyan bəndində kondansatorun yüklənməsinə nəzarət elektrik generatorunun təsirlənmə sargısına təsir etməklə həyata keçirilə bilər. Bu, yumşaq işəburaxma avadanlığını istisna etməyə imkan verəcəkdir.



Şəkil 4. Böyük güclü gəminin kaskad elektrik çeviricili və çoxsərgili elektrik generatorlu avar kompleksinin quruluşu

Nəticə. Aparılmış təhlillər əsasında məlum olmuşdur ki, gəminin avar kompleksinin təklif olunan transformatorsuz quruluşu bir çox üstünlüklərə malikdir:

1. Gəminin avar elektrik intiqalının tam gücünə hesablanmış güc transformatorunun olmaması;
2. Güclü yüksək gərginlikli avar elektrik mühərrikinin idarə olunmasında, çeviricinin üç fazalı-bir fazalı yuvalarında aşağı gərginlikli elementlərin və komponentlərin istifadəsi.
3. Bütün növ elektrik çeviriciləri sırasında sintez edilmiş gərginliyin və cərəyanın daha yüksək keyfiyyəti.
4. Kiçik kütlə qabarit ölçüləri və energetik xüsusiyyətlərinə malik olan generator aqreqatının yüksək sürətli birinci mühərrikindən istifadə etmək imkanı.
5. Avar elektrik mühərrikinin valında verilən gücdə generator sayını seçmək imkanı hesabına birinci mühərriklərin yüklənmə əmsalının və resursunun artması.
6. Təklif olunan strukturun modulluğu istifadə olunan elementlərin unifikasiyasını və standartlaşdırılmasını, habelə diaqnostikanın, nasaz elementin təmirinin və dəyişdirilməsinin sadəliyini təmin edir.
7. Miqyashılıq əlavə üç fazalı-bir fazalı elementləri qoşulma imkanı olan sistemin qurulmasının çevikliyi ilə təmin edilir.

Ədəbiyyat

1. Структурные схемы гребных установок, анализ и перспективы развития / Н.А. Лазаревский, В.А. Хомяк, В.Ф. Самосейко, Ф.А. Гельвер // Судостроение. – 2012. – № 3.
2. Гребные электрические установки: учеб. пособие / А.Б. Дарьенков, Г.М. Мирясов, В.Г. Титов, М.Н. Охотников, Д.В. Умяров. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 219 с.
3. Catalog Reference list offshore vessels. Low voltage propulsion, www.siemens.no/marine. – Norway, Sector Industry Marine and Shipbuilding. – 2013. – p. 131.
4. Дьякова А.А., Дьяков О.Д. Северный морской путь: перспективы морских инноваций // Молодой ученый. – 2018. – № 44. – с. 235–239.
5. Создание систем электродвижения для судов различного назначения / В.И. Вершинин, С.В. Махонин, В.А. Паршиков, В.А. Хомяк // Труды Крылов. гос. науч. центра. – 2019. – Вып. 1(387). – с. 5–16.
6. Перспективы развития атомного ледокольного флота / М.М. Кашка, А.А. Смирнов, С.А. Головинский, В.М. Воробьев, А.В. Рыжков, Е.М. Бабич // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 3(23). – с. 98–107.
7. Посадов Д.А., Титов В.Г., Умяров Д.В., Садиков Д.Г., Частотные электроприводы систем движения судов // Труды VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. по автоматизир. электроприводу АЭП-2014; 7–9 октября 2014 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – с. 171–177.
8. Михайлов В.А., Рукавишников С.Б., Фрейдзон И.Р. Электродвижение судов и электропривод судовых механизмов. – Л.: Судостроение, 1965. – 608 с.

Мəqalə qəbul olunub: 18.04.23
Tövsiyə edib: prof. Qafarov A.M.