

UOT 629.12.066

GƏMİ ENERJİ PAYLAMA SİSTEMLƏRİNDƏ SIEMENS S7-1200 SERİYALI PROQRAMLAŞDIRILAN MƏNTİQ KONTROLLERLƏRİNİN (PLC) TƏTBİQİ

Sultanov E.F., Əlicanov R.R.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
Az1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, ralicanov@mail.ru

Xülasə. Məqalədə müasir gəmiçilikdə enerji təhlükəsizliyini, səmərəliliyi və etibarlılığı artırmaq məqsədilə Siemens SIMATIC S7-1200 seriyalı proqramlaşdırıla bilən məntiqi kontroller (PLC) əsasında qurulmuş avtomatlaşdırılmış güc idarəetmə sistemlərindən bəhs olunur. Həmçinin məqalədə gəmi enerji sisteminin arxitekturası, S7-1200 PLC-nin texniki üstünlükləri, avtomatik idarəetmənin əsas mərhələləri, generatorların sinxronlaşması, aktiv və reaktiv yükün bölünməsi, artıq yüklənmənin qarşısının alınması və qəza hallarının idarə olunması ətrafı təhlil edilir.

Abstract. The article discusses automated power management systems based on Siemens SIMATIC S7-1200 series programmable logic controllers (PLC) to improve energy security, efficiency and reliability in modern shipping. The article also provides a detailed analysis of the ship's power system architecture, technical advantages of the S7-1200 PLC, the main stages of automatic control, generator synchronization, active and reactive load sharing, overload prevention and emergency management.

Аннотация. В статье рассматриваются автоматизированные системы управления электроснабжением на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК) Siemens SIMATIC серии S7-1200, предназначенные для повышения энергетической безопасности, эффективности и надежности современного судоходства. Также представлен подробный анализ архитектуры судовой энергосистемы, технических преимуществ ПЛК S7-1200, основных этапов автоматического управления, синхронизации генераторов, распределения активной и реактивной нагрузки, предотвращения перегрузок и управления в аварийных ситуациях.

Açar sözlər: gəmi, elektroenerji sistemi, generator, sinxronlaşma, avtomatik idarəetmə, generatorların sinxronlaşdırılması, yükün paylanması, TIA portal, PLC

Ключевые слова: Siemens S7-1200, судовая система распределения электроэнергии, автоматическое управление, система управления электропитанием (PMS), синхронизация генераторов, распределение нагрузки, портал ТИА, ПЛК

Key words: Siemens S7-1200, ship power distribution system, automatic control, power management system (PMS), generator synchronization, load distribution, TIA portal, PLC

Giriş. Hazırda bir çox inkişaf etmiş ölkələrdə vahid elektrotroenerji sistemi (VEES) və elektrik enerjisinin paylanması sabit cərəyanla olan, “Onboard DC Grid” adı verilmiş gəmilər istismara verilir. Bu gəmilərdə gəmi elektrik stansiyası BPŞ və tiristor düzləndiriciləri vasitəsilə işləyən dizel generatorlardan ibarətdir. Burada iki azipodun (elektrik mühərriki gəminin gövdəsi xaricindəki kapsulada yerləşən reduktorsuz vintli hərəkətverici sistemi) hər biri avtonom invertorlardan qidalanır [1].

Mühafizə-kommutasiya avadanlıqlarının seçilməsi və BPŞ yığma şinlərinin dinamik dayanıqlığının yoxlanılması məqsədilə qısaqapanma cərəyanlarının hesabı texniki layihələndirmə mərhələsində normativ sənədlərdən istifadə etməklə aparılır.

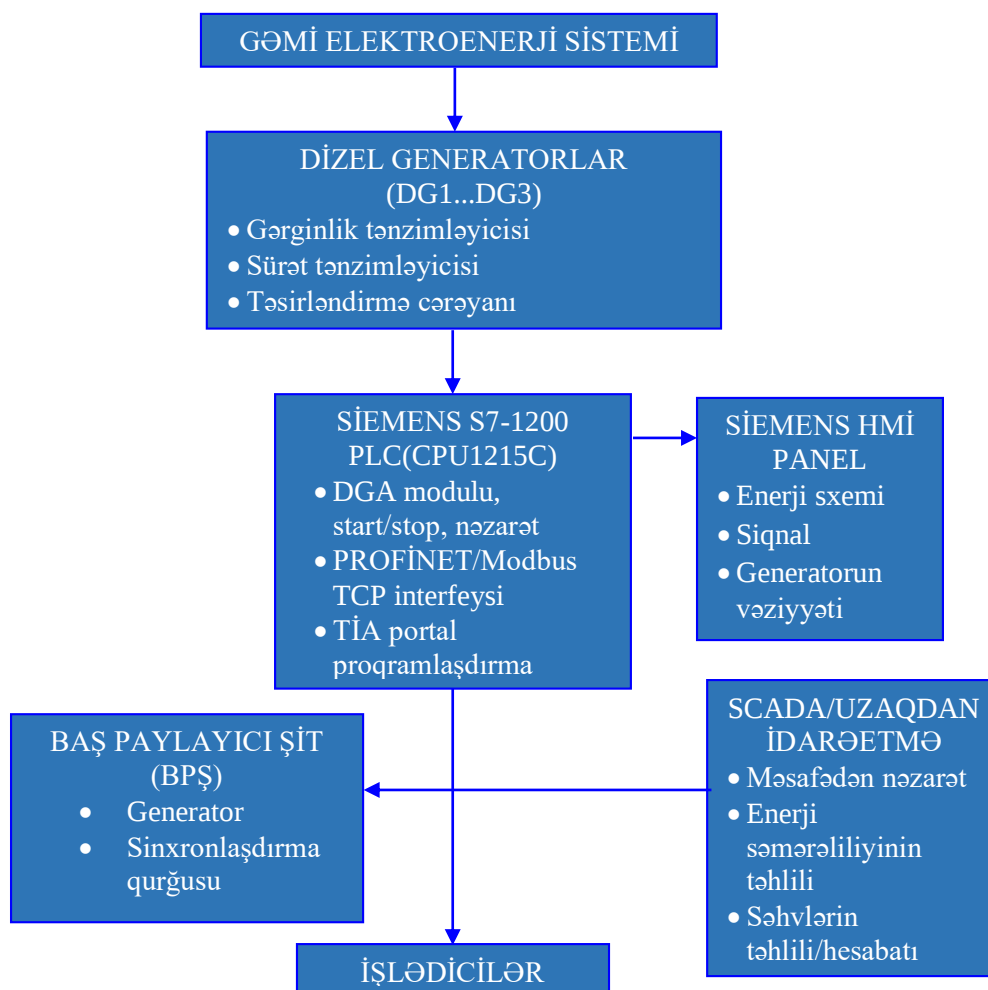
Müasir gəmiçilik sənayesi Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının (BDT) tələblərinə uyğun olaraq yüksək təhlükəsizlik, ekoloji norma və əməliyyat səmərəliliyi standartlarına cavab verməlidir. Bu kontekstdə gəminin bütün həyati sistemlərini qidalandıran elektrik enerji sisteminin fasiləsiz və stabil işləməsi kritik əhəmiyyət kəsb edir. Gəminin hərəkəti, naviqasiyası, təhlükəsizlik avadanlıqları və köməkçi mexanizmləri tamamilə elektrik enerjisindən asılıdır. Enerji sistemində baş verə biləcək ən kiçik bir nasazlıq və ya enerji itməsi hadisəsi ağır maliyyə itkilərinə və hətta gəmi heyətinin həyatı üçün təhlükələrə səbəb ola bilər [1].

Bu səbəbdən, ənənəvi əl ilə idarəetmə metodları avtomatlaşdırılmış güc idarəetmə sistemləri (AGİS) ilə əvəz olunur. Belə sistemlər enerji istehsalı (generatorlar) və işlədiciilər arasında dinamik balans təmin edir, qəza hallarını proqnozlaşdırır və onlara saniyələr içində reaksiya verir. Məqalənin əsas məqsədi, kiçik və orta həcmli gəmilər üçün sərfəli, etibarlı və çevik həll olan Siemens S7-1200 PLC əsasında qurulmuş avtomatik enerji paylama sisteminin arxitekturasını, alqoritmini və tətbiqi üstünlüklərini hərtərəfli araşdırmaqdır. Şəkil 1-də Siemens S7-1200 PLC əsaslı gəmi enerji paylama sisteminin struktur sxemi göstərilmişdir [5,6].

Əsas hissə. Gəmi elektrik stansiyası aşağıdakı əsas hissələrdən ibarətdir:

- **Dizel-generator aqreqatları (DGA):** Adətən 2-4 ədəd olmaqla gəminin əsas enerji mənbəyidir. Onlar paralel işləyərək tələb olunan gücü təmin edirlər.
- **Baş paylayıcı şit (BPŞ):** Generatorlardan gələn enerjini qəbul edən və gəminin bütün işlədiciilərinə paylayan mərkəzi qovşaqdır. Üzərində mühafizə avtomatları, ölçü cihazları və idarəetmə elementləri yerləşir.
- **Qəza paylayıcı şiti (QPŞ):** Əsas enerji mənbəyi sıradan çıxdıqda naviqasiya, rabitə, qəza işıqlandırması kimi həyati vacib sistemləri qidalandıрмаq üçün qəza generatorundan və ya akkumulyator batareyalarından qidalanır.
- **İşlədiciilər (Yüklər):** Böyük güclü (baş mühərrikin köməkçi nasosları, sükan mexanizmi, kranlar) və kiçik güclü (ışıqlandırma, məişət texnikası, naviqasiya) olmaqla iki qrupa bölünür.

Gəminin manevr etməsi, limana daxil olması və ya yük əməliyyatları zamanı enerji tələbatı kəskin şəkildə dəyişir. Avtomatik güc idarəetmə sistemləri bu dəyişikliklərə uyğun olaraq generatorları avtomatik işə salmalı və ya dayandırılmalıdır. Bir generatorun sıradan çıxması və ya qısaqapanma halında sistemin tam sönməsinin qarşısını almaq üçün dərhal tədbirlər görülməlidir. Generatorların optimal yük rejimində (adətən nominal gücün 75-85%-i) işlədilməsi yanacaq sərfiyyatını azaldır. AİS lazımsız generatorları söndürərək bu səmərəliliyi təmin etməlidir [1,2,3].

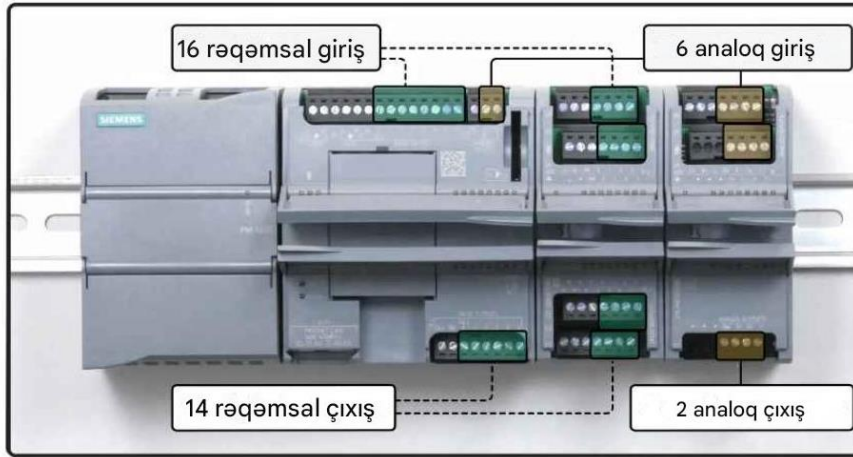


Şəkil 1. Siemens S7-1200 PLC əsaslı gəmi enerji paylama sisteminin strukturu

Siemens S7-1200, kompakt sinifdə ən güclü və funksional PLC-lərdən biri hesab edilir. Gəmi enerji idarəetməsi üçün bu kontrollerin seçilməsinin əsas səbəbləri aşağıdakılardır:

- **Modulyar genişlənmə:** Sistemin tələblərinə uyğun olaraq siqnal (SM) və kommunikasiya (CM) modulları əlavə etməklə giriş/çıxış sayını və şəbəkə imkanlarını artırmaq mümkündür.
- **İntegrasiya olunmuş PROFINET interfeysi:** Generator idarəetmə şitləri, HMI panellər və digər intellektual cihazlarla yüksək sürətli və etibarlı əlaqə təmin edir. Modbus TCP/IP protokolu da dəstəklənir.
- **Yüksək kefiyyət:** Real vaxt rejimində sürətli məntiqi əməliyyatlar və analoq siqnalların emalı üçün güclü prosessorla malikdir. Bu, sinxronlaşma və qəza hadisəsi kimi kritik proseslər üçün vacibdir.
- **TIA Portal:** PLC, HMI və şəbəkə konfigurasiyasını vahid proqram mühitində birləşdirərək layihələndirmə və sazlama işlərini xeyli sadələşdirir.

İdarəetmə sistemi mərkəzi S7-1200 CPU-dan (məsələn, CPU 1214C və ya 1215C), generatorlardan gərginlik, cərəyan, tezlik və güc parametrlərini oxumaq üçün analoq giriş modullarından (AI), avtomatları (circuit breaker) açıb-bağlamaq və generatorlara start/stop siqnalları göndərmək üçün rəqəmsal çıxış modullarından (DQ) ibarətdir. Şəkil 2-də Siemens S7-1200 PLC və giriş-çıxış modullarının görünüşü göstərilmişdir.



Şəkil 2. Siemens S7-1200 PLC və giriş-çıxış modullarının görünüşü

İşləyən generatorun yükü müəyyən bir həddi (məs., nominal gücün 80%-i) keçdikdə, PLC ehtiyatda olan növbəti generatoru işə salmaq üçün siqnal göndərir. Generator nominal dövr sayına çatdıqdan sonra PLC aşağıdakı addımları yerinə yetirir:

1. **Gərginlik və tezliyin tənzimlənməsi:** PLC, yeni generatorun gərginlik və tezliyini əsas paylayıcı şinin (busbar) parametrlərinə bərabərləşdirmək üçün onun gərginlik tənzimləyicisinə (AVR) və dövr tənzimləyicisinə (Governor) korrektə siqnalları göndərir.
2. **Faza ardıcılığının uyğunlaşdırılması:** İki sistemin fazaları üst-üstə düşdüyü anı dəqiq təyin edir (sinxronoskop funksiyası).
3. **Avtomatın qoşulması:** Faza, gərginlik və tezlik şərtləri ödəniləndiyi anda PLC generatorun avtomatını (ACB) bağlamaq üçün icra əmri verir. Bu proses bir neçə saniyə ərzində tamamlanır.

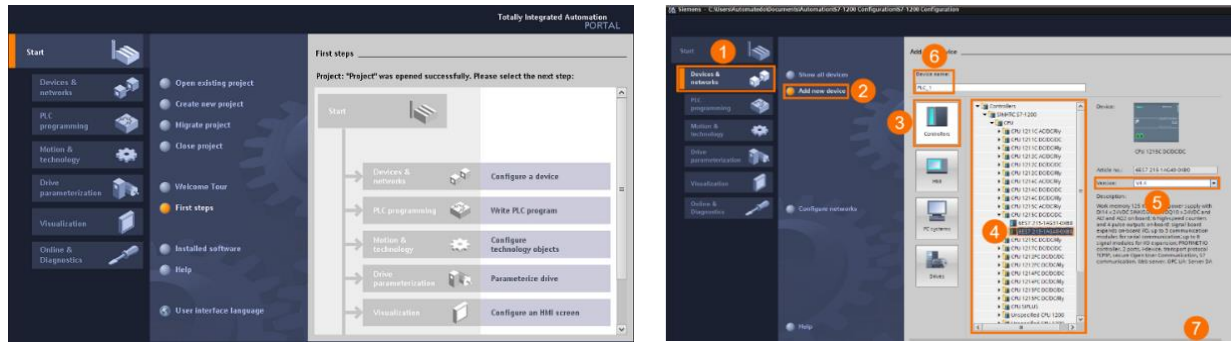
Generatorlar paralel qoşulduqdan sonra onlar arasında bölünən yük bərabər və ya əvvəlcədən təyin olunmuş nisbətdə olmalıdır. PLC hər bir generatorun aktiv gücünü izləyir və mühərriklərin dövr tənzimləyicilərinə siqnallar göndərərək yükləri balanslaşdırır. Gərginliyin sabitliyini təmin etmək üçün PLC generatorların gərginlik tənzimləyicilərinə (AGT) təsir edərək reaktiv gücü tənzimləyir [1,4,5].

Sistemdə artıq yüklənmə və ya generatorlardan birinin qəza səbəbindən dayanması baş verdikdə, PLC "qəza"-nın qarşısını almaq üçün dərhal reaksiya verir. Bunun üçün yüklər əhəmiyyət dərəcəsinə görə qruplara bölünür:

- **1-ci dərəcəli:** Sükan, naviqasiya, qəza yanğın nasosu, quruducu nasos, rabitə (söndürülmür).
- **2-ci dərəcəli:** Yük nasosları, maşın şobəsi ventilyasiyası.
- **3-cü dərəcəli:** Kondisioner, kambuz avadanlıqları, kayut işıqlandırması.

Qəza anında PLC milisaniyələr ərzində ən aşağı kateqoriyalı (kateqoriya 3) yükləri şəbəkədən ayırır. Problem davam edərsə, növbəti kateqoriyalı qrupu ayırır və beləliklə, ən vacib sistemlərin fasiləsiz işini təmin edir.

Sistemin bütün məntiqi Siemens TIA Portal proqram mühitində hazırlanır. Elektrik sxemlərinə bənzədiyi üçün texniki heyət tərəfindən asan başa düşülür. Start/stop, kilidləmə kimi sadə məntiq üçün idealdır. Yükün paylanması və sinxronizasiya kimi mürəkkəb alqoritmlərin və riyazi hesablamaların reallaşdırılması üçün daha əlverişlidir. Şəkil 3-də TIA Portal proqram mühitində PLC-nin seçilmə və əlavə edilməsi ardıcılığı göstərilmişdir.

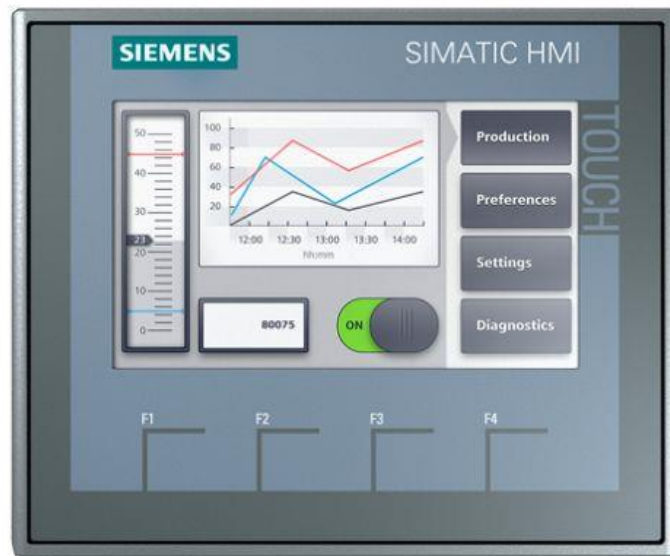


Şəkil 3. Siemens TIA Portal program mühitində PLC-nin seçilmə və əlavə edilməsi ardıcılığını əks etdirən panellər

Gəminin idarəetmə mərkəzində quraşdırılan Siemens SIMATIC HMI sensorlu paneli operatora sistemin vəziyyətini real vaxtda izləməyə imkan verir. HMI ekranında adətən aşağıdakı məlumatlar əks olunur:

- Enerji sisteminin birxətli sxemi (generatorların, avtomatların və şinlərin vəziyyəti).
- Hər bir generatorun gərginlik, cərəyan, tezlik, aktiv/reaktiv güc göstəriciləri.
- Aktiv qəza siqnallarının (alarmların) siyahısı və tarixi.
- Yükün dəyişməsi (qrafiklər).
- Sistemin iş rejimlərini (avtomatik/əl ilə) dəyişdirmək üçün idarəetmə düymələri.

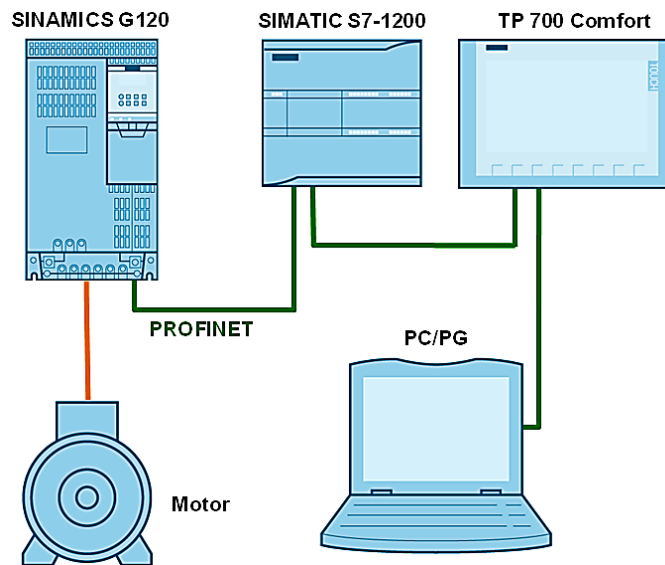
Şəkil 4-də Siemens SIMATIC HMI sensorlu paneli göstərilmişdir.



Şəkil 4. Siemens SIMATIC HMI sensorlu paneli

S7-1200 əsaslı avtomatik idarəetmə sisteminin tətbiqi insan müdaxiləsi olmadan qəza hallarının qarşısını alır, "blackout" riskini minimuma endirir. Reaksiya müddəti insandan dəfələrlə sürətlidir. Generatorları hər zaman optimal səmərəlilik səviyyəsində işlədərək yanacaq sərfiyyatını və zərərli tullantıların miqdarını azaldır [5,6,7].

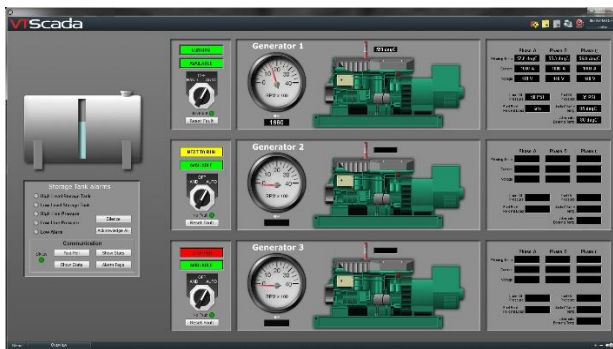
Şəkil 5-də Siemens S7-1200 PLC, SINAMICS G120 intiqal və HMI panelin PROFINET şəbəkəsi üzərindən inteqrasiyası göstərilmişdir.



Şəkil 5. Siemens S7-1200 PLC, SINAMICS G120 intiqal və HMI panelin PROFINET şəbəkəsi üzərindən integrasiyası

PLC-nin diaqnostika funksiyaları nasazlıqların səbəbini və yerini tez bir zamanda təyin etməyə kömək edir, təmir müddətini qısaldır. Sistemin proqram təminatını dəyişməklə və ya yeni modullar əlavə etməklə gələcək tələblərə asanlıqla uyğunlaşdırmaq olar.

Sistemin SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sisteminə qoşulması, məlumatların sahildəki mərkəzi ofisdən uzaqdan monitorinqinə və bütün donanmanın enerji effektivliyinin təhlilinə imkan yaradır. Şəkil 6-da Sistemin SCADA vasitəsilə xətlərin analizi, aradan qaldırılması və idarə olunması panelləri göstərilmişdir.



Şəkil 6. Sistemin SCADA vasitəsilə xətlərin analizi, aradan qaldırılması və idarə olunması panelləri

Gələcəkdə toplanmış məlumatların (generatorların istismar saatları, temperatur, vibrasiya və s.) süni intellekt alqoritmləri ilə təhlili, potensial nasazlıqları yaranmadan əvvəl proqnozlaşdırmağa və planlı texniki xidməti optimallaşdırmağa imkan verəcək. Batariya sistemlərinin idarəetməsini də PLC-yə həvalə etməklə artıq yüklənməni kompensasiya etmək və daha yüksək enerji səmərəliliyinə nail olmaq mümkündür [5,6,7].

Nəticə. Aparılmış təhlillərdən məlum olmuşdur ki, Siemens S7-1200 seriyalı PLC-lər əsasında qurulmuş avtomatik enerji paylama sistemi müasir gəmilərin enerji infrastrukturunun idarə olunması üçün yüksək səmərəli, etibarlı və iqtisadi cəhətdən əlverişli bir həll təqdim edir. Bu sistem, generatorların işini optimallaşdıraraq, qəza hallarını effektiv şəkildə idarə edə bilir və insan əməyini minimuma endirərək, gəminin ümumi təhlükəsizliyini və əməliyyat davamlılığını

əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Texnologiyanın davamlı inkişafı ilə bu cür sistemlərin gələcəkdə daha da intellektual və yüksək idarəetmə imkanlarına sahib olacağını hədəfləyir.

Ədəbiyyat

1. E.F. Sultanov, T.A. Cəlilov “Müasir gəmi elektrik stansiyaları və şəbəkələri” Bakı, 2018, 357 səh.
2. E.F. Sultanov, S.S. İsmayılov, R.R. Əlicanov. Gəmi signal qurğularının proqramlaşdırılan məntiq kontrollerləri ilə idarə olunmasının üstünlükləri. “Elm və təhsilin əsasları”, XIII Beynəlxalq elmi konfrans, Bakı 2025, səh. 147-152.
3. E.F. Sultanov, E.M. Məmmədov, R.R. Əlicanov. Gəmi sükan elektrik intiqallarının proqramlaşdırılan məntiq kontrollerləri (PLC) vasitəsi ilə idarə olunmasının üstünlükləri. “Elm və təhsildə müasir tələblər”, XVI tezislər toplusu, Bakı 2025, səh.80-83
4. Siemens AG, “SIMATIC S7-1200 System Manual,” A5E02486680-AJ, 2023-864 p.
5. Williamson, G., & D.T. Hall. Reeds Marine Engineering Series, Vol. 7: Marine Electrical Systems and Practice. Adlard Coles, 2018-544 p.
6. IEEE Transactions on Marine Electrical Engineering and Automation, Vol. 48, Issue 2, pp. 215-228 p.
12. El-Hawary, M. E. Introduction to Marine Electrical Power Systems. CRC Press, 2017-799 p.

Məqalə qəbul olunub: 30.10.25
Təvsiyə edib: dos. İsmayılov A.Ş.