

UOT 621.019

GƏMİ ELEKTRİK TƏCHİZAT SİSTEMİNDƏ GÜNƏŞ ENERJİSİNİN TƏTBİQİ İMKANLARI

Muradəliyev A.Z., Hüseynov K.Ş.

“Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutu” MMC
AZ1122, Bakı şəh., H.Zərdabi pr., 94
“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: aydin_murad@yahoo.com, kenanhuseynov885@gmail.com

Xülasə. Hazırda yaşıl gəmiçilik dünyanın ən aktual mövzularından biridir. Avropa İttifaqı 2050-ci ilə qədər karbon qazı emissiyalarını 80-95% azaltmağı hədəfləyib ki, bu da bütün nəqliyyat sektorlarının qarşısında duran son dərəcə ağır bir vəzifə olacaq. Gəmi operatorları və sahibləri, gəmiqayırma zavodları öz gəmilərində ekoloji cəhətdən təmiz olan yaşıl enerji mənbələrinin tətbiqi barədə həll yolları axtarmağa başlayırlar. Bu həll yollarından biri də bərpa olunan enerji sistemlərinin tətbiqi vasitəsilə dəniz sahəsində ekoloji cəhətdən təmiz enerjinin alınması və ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının alınmasıdır. Gəmilərdə günəş panellərinin tətbiqi yanacaq sərfini azaltmağa və karbon qazı emissiyasını azaltmağa imkan verir. Həmçinin, günəş panellərinin gəmilərdə tətbiqi gəminin elektrik təchizat sisteminin enerji səmərəliliyini artırmağa imkan verir. Bu məqalədə günəş panellərinin hazırkı vəziyyəti və gələcək modelləri haqqında məlumatlar verilməklə yanaşı, onların gəmilərdə tətbiqindən bəhs olunur. Həmçinin, məqalədə yüksək qiymətli neft məhsullarından istifadənin azaldılması və qaz emissiyalarının (tullantıların) minimuma endirilməsi məqsədi ilə günəşdən alınan enerjinin istifadəsi məsələləri də araşdırılmışdır. Bundan əlavə gəmilərdə günəş panellərinin tətbiqinin perspektivlərini təhlil edib, günəş panellərinin gəmilərdə tətbiqinin əsas üstünlüklərini və mənfə cəhətlərini nəzərdən keçirəcəyik.

Аннотация. В настоящее время более экологичное судоходство является одной из самых актуальных тем в мире. Европейский Союз стремится сократить к 2050 году выбросы углекислого газа на 80-95%, что станет чрезвычайно сложной задачей для всех транспортных секторов. Судовые операторы и судовладельцы, а также судостроительные заводы ищут пути применения на своих судах экологически чистых источников зеленой энергии. Одним из таких решений является получение экологически чистой энергии в морской зоне и предотвращение загрязнения окружающей среды за счет применения систем возобновляемой энергетики. Применение солнечных батарей на судах позволяет снизить расход топлива и снизить выбросы углекислого газа. Также применение солнечных батарей

на судах позволяет повысить энергоэффективность системы электроснабжения корабля. Помимо предоставления информации о текущем состоянии и будущих моделях солнечных батарей, в этой статье рассматривается их применение на кораблях. Также в статье рассматривается использование солнечной энергии с целью снижения использования дорогостоящих нефтепродуктов и минимизации газовых выбросов (отходов). Кроме того, мы проанализируем перспективы использования солнечных батарей на судах и рассмотрим основные преимущества и недостатки использования солнечных батарей на судах.

Abstract. Greener shipping is currently one of the most pressing issues in the world. The European Union has set a target of reducing carbon emissions by 80-95% by 2050, which will be an extremely difficult task for all transport sectors. Ship operators and owners, shipyards are starting to look for solutions to introduce environmentally friendly green energy sources on their ships. One of these solutions is to obtain environmentally friendly energy in the maritime sector and prevent environmental pollution through the use of renewable energy systems. The use of solar panels on ships allows to reduce fuel consumption and reduce carbon dioxide emissions. Also, the use of solar panels on ships allows to increase the energy efficiency of the ship's electrical supply system. This article provides information on the current state and future models of solar panels, as well as their application on ships. The article also examines the use of solar energy in order to reduce the use of high-cost petroleum products and minimize gas emissions (wastes). In addition, we will analyze the prospects for the application of solar panels on ships and consider the main advantages and disadvantages of the application of solar panels on ships.

Açar sözlər: gəmi elektrik təchizatı, dəniz nəqliyyatı, bərpa olunan enerji, günəş enerjisi, ekoloji dayanıqlılıq, hibrid enerji sistemləri

Ключевые слова: судовое электроснабжение, морской транспорт, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, экологическая устойчивость, гибридные энергетические системы

Key words: ship power supply, maritime transport, renewable energy, solar energy, environmental sustainability, hybrid energy systems

Giriş. Dünyada daim baş verən təbii proseslər nəticəsində yaranan enerji resursları dedikdə, bərpa olunan enerji mənbələri başa düşülür. Bərpa olunan enerji mənbələri əsasən günəş, külək, geotermal, hidroenerji, biokütlə, dalğa enerjisi, qabarma və çəkilmə enerjisi kimi qruplaşdırılır. Bərpa olunan enerjini təbii mənbələrdən əldə edilə bilən və özünü daim yeniləyən bir enerji mənbəyi olaraq adlandırmaq mümkündür. Həmçinin, bərpa olunan enerji növləri ətraf mühitə zərər verən karbon emissiyalarını azaldır və enerji məsələsində xaricdən asılılığın azaldılması kimi məqamlar baxımından olduqca əhəmiyyətlidir. Beynəlxalq və regional təşkilatların hesabatları göstərir ki, bərpa olunan enerji bu sahədə ciddi miqdarda investisiya qoyuluşu təmin edilir və qlobal enerji sistemində bərpa olunan enerji mənbələrinin payı gündən-günə sürətlə artmaqdadır. Bərpa olunan enerji hazırda dünyada quraşdırılmış ümumi enerji istehsalının üçdə birini təşkil edir. 2018-ci ildə təbii qaz və bərpa olunan enerji mənbələrinin hesabına ilkin enerji istehlakı sürətlə artıb. Bununla bərabər, karbon emissiyaları 7 il ərzində ən yüksək artımla müşahidə olunub [1].

Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə enerji artımına ikinci ən böyük töhfə hesab olunur. 2018-ci ildə bərpa olunan enerji həcmində əvvəlki illərə nisbətən 14.5% artım qeyd edilmişdir. BDT (Beynəlxalq Dəniz Təşkilatı) ətraf mühitin mühafizəsi və dənizin çirklənməsinin qarşısının alınması ilə əlaqədar bir sıra ciddi ekoloji qaydalar hazırlayıb. Bu qaydalara misal olaraq yeni gəmilər üçün EEDİ (Enerji Effektivliyi Dizayn İndeksi) və ümumi tutumu 400-dən çox olan bütün gəmilər üçün GEEİP (Gəmi Enerji Effektivliyinin İdarəetmə Planı) və s. göstərmək olar. Günəş enerjisini əldə etmək üçün məşhur vasitələrdən olan günəş panelləri demək olar ki, bütün ölkələrdə geniş tətbiq olunur və ekoloji cəhətdən təmiz enerjinin alınmasında böyük əhəmiyyətə malikdir. Günəş panelləri günəş işığından alınan enerjini elektrik enerjisinə çevirir. Günəş işığı günəş panelinə dəydikdə,

elektronlarla qarşılıqlı əlaqədə olur, bu da elektronların mənfi qütbədən müsbət qütbə köçürülməsinə səbəb olur. Bu proses, iki qütb arasında potensial yük fərqi səbəb olur və nəticə olaraq elektronlar günəş batareyasına qoşulmuş keçiricilərin yaratdığı elektrik dövrəsinə doğru istiqamətlənməyə başlayır [2].

- Bu zaman günəş enerjisi elektrik enerjisinə çevrilir. Bu enerji gəmilərdə istifadə olunan elektrik avadanlığını gücləndirmək üçün istifadə oluna bilər. Günəş panellərinin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.
- **Səmərəlilik:** bu xüsusiyyət bir çox amillərdən asılıdır, misal olaraq, günəş işığının intensivliyi, batareyanın səthinə düşən şüaların düşmə bucağı, ətraf mühitin temperaturu və s.
- **Güc:** Günəş panellərinin gücü dedikdə onun müəyyən müddət ərzində istehsal edə biləcəyi elektrik enerjisinin miqdarı nəzərdə tutulur və Vatt (W) ilə ölçülür.
- **Gərginlik:** Günəş panellərinin gərginliyi tətbiq sahəsindən asılı olaraq dəyişir. Bu panellərin işə başlamazdan əvvəlki gərginliyi 30-40 V, işləmə gərginliyi isə 18-22 V olur. Panellərin standart olaraq 12 V, 24 V və ya 48 V gərginlikləri istifadə olunur. Bu gərginlikləri əldə etmək üçün bir neçə günəş paneli bir biri ilə birləşdirilməlidir.
- **Ölçülər və forma:** Günəş panellərinin ölçüsü və forması konstruktiv icrasından və quraşdırılma yerindən asılıdır.ən geniş yayılmış günəş panelləri 60 və 72 hüceyrəli panellərdir. Formasına görə günəş panelləri düzbucaqlı, yumru, bütün həcmli və s. olurlar. Ən geniş yayılan forma düzbucaqlı panellərdir.

Gəmilərdə istifadə olunan günəş panelləri aşağıda qeyd olunan məqsədlər üçün istifadə oluna bilər:

- Elektrik işıqlanmasında və gəmidə istifadə olunan elektrik avadanlıqlarını enerji ilə təmin etmək üçün;
- Gəminin naviqasiya, kommunikasiya sistemini qidalandırmaq üçün;
- Gəmilərdə soyutma və havalandırma sistemlərinin işləməsinə təmin etmək üçün;
- Sərnişin daşıyan kiçik və irihəcmli gəmilərdə istilik və sərinlətmə sistemlərinin qidalanmasını təmin etmək üçün;
- Quru yük, konteyner, neft və neft məhsulları daşıyan gəmilərdə, kran gəmilərində kiçik və orta güc tələb edən enerji tələbatçıları elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün.

Gəmilərdə günəş panellərinin istifadəsi, ənənəvi enerji mənbələrinə nisbətən iqtisadi cəhətdən əlverişlidir. Günəş panelləri, əlavə yanacaq və enerji ehtiyatlarını minimuma endirərək, gəminin ümumi iqtisadi xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salır. Gəmidə ehtiyat qida mənbəyi kimi istifadə olunan akkumulyator batareyalarını dolurmaq üçün günəş panellərindən əldə olunan enerjinin istifadə etmək olar. Bu xüsusiyyət əsasən uzun müddətli səyahətlərdə olan və dəniz ekspedisiyaları gəmilərdə daha çox faydalı ola bilər. Bununla yanaşı günəş panellərinin istifadə yanacaq sərfiyyatına qənaət etməklə xərclərin dahada azalmasına gətirib çıxarır. Günəş enerjisindən istifadə edərək yanacaqa qənaət edilməsi kiçik bərələrə nisbətən böyük həcmli gəmilərdə nisbətən daha azdır. Bu məsələdən sonra tədqiqatçılar və texnologiya tərtibatçıları yanacaq sərfiyyatını azaldılması üçün hibrid sistemləri araşdırmağa başladılar. Baxmayaraq ki, hibrid sistemlər üçün müxtəlif konsepsiyalar və ideyalar 1990-cı ildən etibarən inkişaf etdi bu günə qədər heç bir ticarət okeanı gəmisində bu sistem tətbiq edilməmişdir [3].

Əsas hissə. Günəş enerjisinin dəniz əməliyyatlarına inteqrasiyası gəmilərin dənizlərdə naviqasiya üsullarında əsas dəyişikliyi göstərir. Əvvəllər emissiyaların və ətraf mühitə zərərin sinonimi olan gəmilər qeyri-adi transformasiyaya məruz qalmışdır. İndi günəşin yayılan gücü ilə onlar heç vaxt olmadığı kimi ekoloji davamlılığı qəbul edirlər. Müasir gəmilər göyertələrində və strukturlarında strateji olaraq yerləşdirilmiş, günəş işığını təmiz bərpa olunan enerjiyə çevirən günəş panellərini nümayiş etdirirlər. Günəş texnologiyasının bu şəkildə tətbiqi ənənəvi yanacaq mənbələrindən qəti şəkildə uzaqlaşmaq deməkdir, təkcə xərclərə qənaət deyil, həm də ətraf mühitə

təsinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılması vəd edir. Günəş enerjisinin gəmi elektrik təchizatında istifadəsini mümkün edən əsas texnologiyalar bunlardır:

Hibrid sistemlər – dizel generatorları ilə birlikdə istifadə edilən kombinasiya olunmuş enerji sistemləri. Belə sistemlər günəş enerjisindən maksimum səmərə əldə etmək üçün müxtəlif enerji mənbələrinin sintezini təmin edir. Hibrid enerji sistemləri həmçinin elektrik akkumulyatorları ilə birləşdirilərək enerji saxlanması və sabit enerji təminatını mümkün edir.

Termal günəş sistemləri – suyun istiliyinin təmin olunması. Gəmilərdə isti su təminatı və bəzi istilik prosesləri üçün istifadə olunur. Bu sistemlər günəş enerjisindən istifadə edərək suyun qızdırılmasını təmin edir və bu yolla ənənəvi yanacaq sərfiyyatını azaldır.

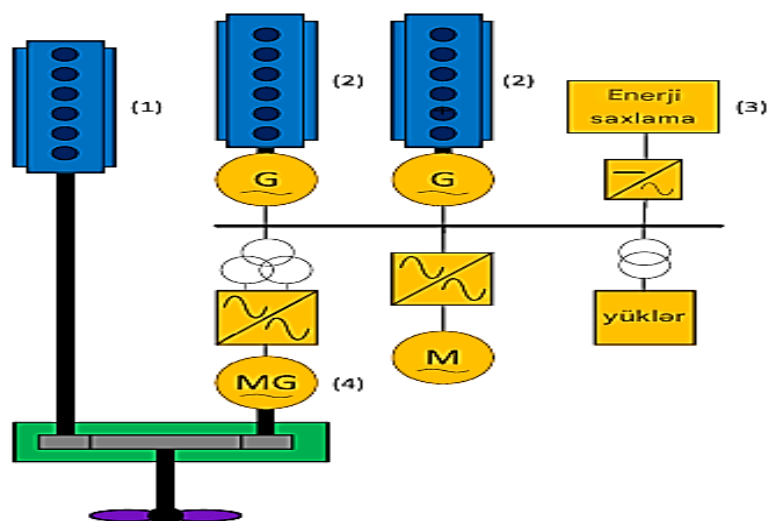
Fotovoltaik (PV) panellər – gündəlik enerji istehlakını qarşılamaq üçün. Bu panellər günəş işığını elektrik enerjisinə çevirərək, gəmi elektrik şəbəkəsinə qoşula bilər. Hazırda silisium əsaslı panellər daha geniş yayılmışdır, lakin yeni nəsil tandem və perovskit əsaslı panellər daha yüksək səmərəliliyə malikdir .

Günəş enerjisini dəniz gəmilərində alternativ yanacaq kimi tətbiq edərkən, panellərin effektiv yerləşdirilməsi və əlverişsiz hava şəraitində performans kimi texniki problemlər müəyyən edilmişdir. Böyük yük gəmilərində günəş integrasiyasının iqtisadi səmərəliliyi müzakirə mövzusu olaraq qalır [4].

Günəş panellərinin səmərəliliyinin və etibarlılığının yüksəldilməsi, onların reallaşdırılmasının genişləndirilməsi və performansı yaxşılaşdırmaq üçün yeni materialların tədqiqi bir çox tədqiqat və inkişafın diqqət mərkəzindədir. Bu faydalar təkcə gəminin əməliyyat səmərəliliyini artırmaqla yanaşı, daha ekoloji cəhətdən təmiz və məsuliyyətli dəniz təcrübələrinin global axtarışına mühüm töhfə verir.

Hibrid mühərriklərə yanacaq elementlərinin daxil edilməsi günəş enerjisi ilə işləyən gəmilərin etibarlılığını artırmaq üçün innovativ yanaşmadır. Oksigen və hidrogen arasındakı kimyəvi reaksiya yanacaq hüceyrələri vasitəsilə elektrik enerjisi istehsal etmək üçün əsasdır. Yanacaq elementləri günəş panelləri və/və ya külək turbinləri ilə birlikdə gəmi mühərriklərini gücləndirmək üçün istifadə edilə bilər.

Hibrid mühərriklə hərəkət edən və hibrid enerji təchizatı ilə işləyən sistemlər, birbaşa mexaniki ötürücünün (1) maksimum səmərəliliyini və əsas mühərrik(lər)dən (2) alınan yanacaq enerjisi ilə enerji saxlama sistemindən (3) alınan elektrik enerjisinin çevikliyini birləşdirir. Aşağı dartıcı gücdə gəmini irəli aparmaq üçün elektrik ötürücü (4) istifadə edilə bilər və bu zaman əsas mühərrik (1) söndürülür. Elektrik ötürücü eyni zamanda generator funksiyasını da yerinə yetirə bilər. Tipik bir arxitektura aşağıda göstərilmişdir (şəkil 1).



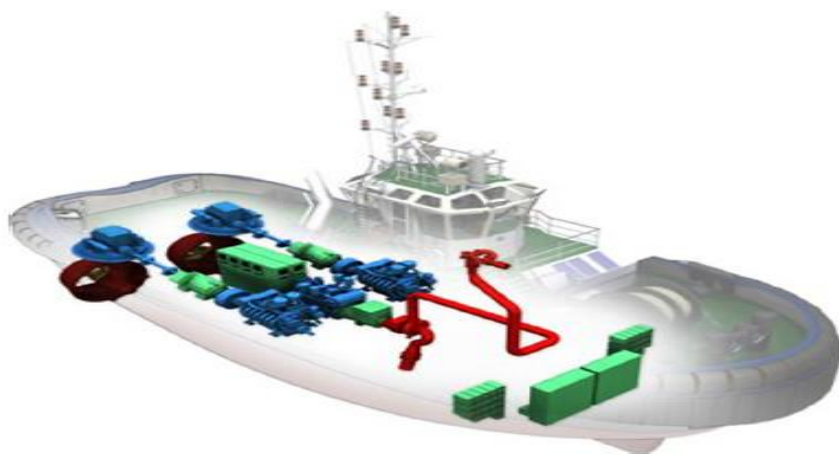
Səkil 1. Tipik hibrid hərəkət sistemində hibrid enerji təchizatı

Hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı ilk dəfə liman yedəklərində geniş şəkildə araşdırılmışdır. Bu araşdırmalardan sonra, Damen 2014-cü ildə hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı ilə ilk yedəyi təqdim etdi. Gəminin ümumi təsviri şəkil 2-də göstərilmişdir.

Əlavə olaraq, hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı Feadship tərəfindən 2015-ci ildə buraxılan Savannah yaxtasında tətbiq olunmuşdur. Müəlliflərin ən yaxşı məlumatlarına görə, hazırda yedəklər və yaxtalar hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı kombinasiyasının araşdırıldığı və ya tətbiq edildiyi yeganə tətbiqlərdir [4].

Hibrid enerji sistemlərinin bir neçə növü vardır. *Günəş və dizel hibrid enerji sistemləri* günəş enerjisini və dizel generatorlarını birləşdirərək enerji təmin edir. *Külək və günəş hibrid enerji sistemləri* külək turbinləri və günəş panellərini birləşdirərək sabit enerji istehsalını təmin edir. Elektrik və daxili yanma mühərrikləri hibrid sistemləri avtomobillərdə və gəmilərdə istifadə olunur və yanacaq istehlakını azaldır. Bərpa olunan enerji və enerji saxlama hibrid sistemləri isə enerji saxlama cihazları ilə birləşdirilərək enerji təchizatının sabitliyini təmin edir.

Bu sistemlərin bir çox üstünlüyü vardır. Birincisi, müxtəlif enerji mənbələrinin birləşməsi sistemin səmərəliliyini artırır. İkincisi, bərpa olunan enerji mənbələri ilə ətraf mühitə təsir azalır. Üçüncüsü, hibrid sistemlər enerji təchizatının dayanıqlığını artırır və şəbəkə üzərindəki yükləri azaldır. Dördüncüsü, bu sistemlər uzun müddət ərzində əməliyyat xərclərini azaldır. Hibrid enerji sistemləri müxtəlif sahələrdə tətbiq olunur.



Şəkil 2. Hibrid liman yedəkçisinin ümumi təsviri

Bu sistemlərin tətbiqi, gəmi sahiblərinə ətraf mühitə zərərli təsirləri azaltmaqla yanaşı, yanacaq sərfiyyatını da azaldaraq əməliyyat xərclərini optimallaşdırmağa kömək edir. Hibrid enerji sistemlərinin üstünlükləri arasında ətraf mühitin qorunması, yanacaq iqtisadiyyatı, etibarlılıq və əməliyyat xərclərinin azalması yer alır [5]. Lakin, bu texnologiyaların tətbiqi yüksək ilkin maliyyətlər və müəyyən əməliyyat çətinlikləri ilə əlaqədardır, xüsusilə enerji mənbələrinin mövcudluğu ilə bağlı məhdudiyyətlər yarana bilər. Buna baxmayaraq, gələcəkdə hibrid enerji sistemlərinin gəmi sənayesində daha geniş istifadə olunacağı və bu sahənin inkişafına mühüm təsir edəcəyi proqnozlaşdırılır.

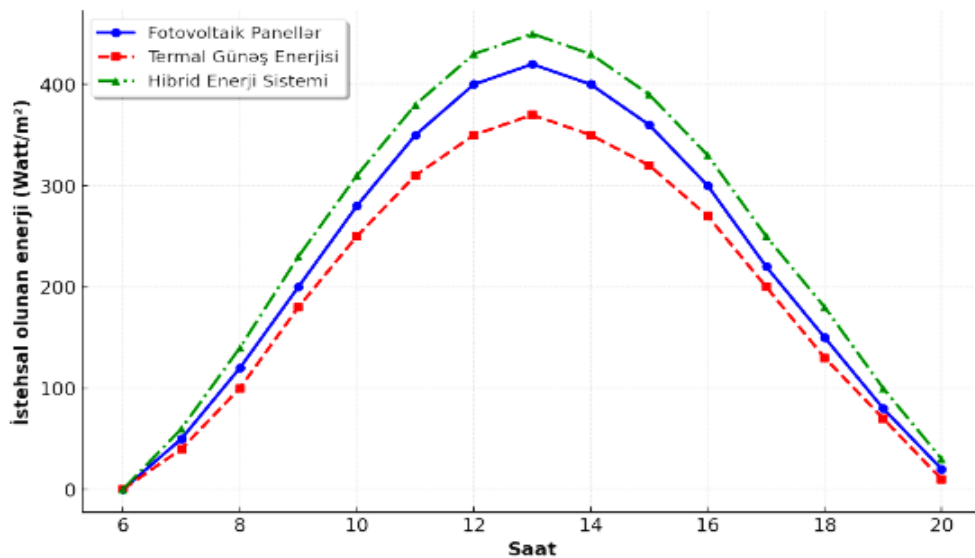
Termal günəş sistemləri günəş enerjisindən istifadə edərək istilik istehsal edən texnologiyalardır. Bu sistemlər, əsasən, isti su təminatı, istilik təchizatı və sənaye tətbiqlərində istifadə olunur. Bu tədqiqat işində termal günəş sistemlərinin işləmə prinsipləri, növləri və enerji effektivliyi araşdırılmışdır.

Termal günəş sistemləri günəş kollektorlarından ibarətdir. Bu kollektorlar günəş radiasiyasını qəbul edərək istiliyə çevirir və xüsusi istilik daşıyıcı maye vasitəsilə enerji saxlanma çəninə ötürür. İstilik saxlanma çəni qızdırılmış mayeni müəyyən müddət ərzində saxlayaraq isti su və ya istilik təminatında istifadə edir. İstilik daşıyıcı maye sistemdən asılı olaraq su, antifriz və ya hava ola bilər.

Sistemlər əsasən açıq və ya qapalı dövrəli ola bilər. Açıq sistemlərdə su birbaşa günəş kollektorlarında qızdırılır və istifadə edilir. Qapalı dövrəli sistemlərdə isə istilik antifriz mayesi ilə ötürülərək suyun qızdırılmasını təmin edir.

Termal günəş sistemləri passiv, aktiv, konsentrasiya edilmiş günəş enerjisi (CSP) sistemləri və hava əsaslı termal sistemlər olmaqla dörd əsas növə bölünür. Passiv sistemlərdə suyun və ya istilik daşıyıcı mayenin dövrəni cazibə qüvvəsi hesabına baş verir. Aktiv sistemlərdə istilik daşıyıcı mayenin dövrəni nasos və elektron idarəetmə sistemləri vasitəsilə təmin edilir. Konsentrasiya edilmiş günəş enerjisi sistemləri günəş enerjisini güzgülər və linzalar vasitəsilə bir nöqtəyə cəmləyərək yüksək temperatur əldə edir. Hava əsaslı termal sistemlər isə istilik daşıyıcı mühit olaraq hava istifadə edir və istiliyin ötürülməsi üçün ventilyasiya sistemləri ilə birləşdirilə bilər.

Fotovoltaik panellərin dəniz nəqliyyatında istifadəsi texnoloji tərəqqinin bir hissəsi olub, bir çox gəmi modelində sınıdıqdan sonra effektivliyi sübut olunmuşdur. Gəmilərin günəş enerjisi üçün geniş səth sahəsinə malik olması bu sistemlərin istifadəsini daha da cəlbədicidir. Fotovoltaik panellər gəmilərin günəşə məruz qalan hissələrinə, xüsusilə də gəmi göyörtəsinə və yaşayış sahələrinin damına quraşdırılır. Fotovoltaik sistemlər adətən batareyalarla birlikdə istifadə olunur ki, bu da gəminin gündüz topladığı enerjiden gecə saatlarında istifadə etməsinə imkan yaradır. Fotovoltaik panellər gəmilərdə dizel-elektrik sistemləri ilə birlikdə istifadə edilərək yanacaq istehlakını azalda bilər. Fotovoltaik panellərin istifadəsi karbon emissiyalarını azaldaraq dəniz ekosistemlərinin qorunmasına kömək edir. Alternativ enerji mənbəyi kimi istifadə edildikdə dizel yanacaq sərfiyyatı azalır. Fotovoltaik sistemlər səs-külsüz işlədiyi üçün dəniz məhluqlarının narahat edilməsinin qarşısını alır. Fotovoltaik panellərin istifadəsi bir çox üstünlüyə malik olsa da, bəzi problemlərlə də rəstləşir. Fotovoltaik sistemlərin hava şəraitindən asılı olması buludlu hava və ya gecə saatlarında enerji istehsalının dayanmasına səbəb olur. Bu problemi aradan qaldırmaq üçün enerjinin batareyalarda saxlanması vacibdir [6]. Böyük panellər iri gəmilər üçün üstünlük yaratdığı halda, kiçik gəmilərdə yer məhdudiyyəti problemi ortaya çıxma bilər.



Şəkil 3. Fərqli günəş enerji sistemlərinin gün ərzində istehsalı

Qrafikdə üç fərqli enerji mənbəyi vardır [7]:

- Fotovoltaik Panellər (Mavi xətt) – Günəş işığını elektrik enerjisinə çevirir.
- Termal Günəş Enerjisi (Qırmızı xətt) – Günəş istiliyindən istifadə edərək enerji istehsal edir.
- Hibrid Enerji Sistemi (Yaşıl xətt) – Hər iki sistemi birləşdirərək daha stabil və yüksək enerji istehsalı təmin edir.

Enerji İstehsalının Saatlara Görə Analizi:

- Səhər saatları (06:00 - 09:00): Hər üç sistemin istehsal etdiyi enerji azdır, çünki günəş hələ tam yüksəlməyib.
- Günorta saatları (12:00 - 15:00): Bütün sistemlər üçün pik nöqtədir, enerji istehsalı maksimum səviyyəyə çatır.
- Axşam saatları (16:00 - 20:00): Günəş batmağa başladıqca istehsal tədricən azalır.
- Gecə saatları: Fotovoltaik və termal sistemlər enerji istehsal etmir, lakin hibrid sistemlərdə enerji saxlama batareyaları vasitəsilə müəyyən dərəcədə istifadə mümkündür.

Qrafikdən aydın görünür ki, təklif edilən günəş enerji sistemləri arasında daha çox effektivlik göstərən hibrid enerji sistemidir. Hibrid enerji sistemi digər sistemlərə nisbətən aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- Daha yüksək enerji səmərəliliyi – Həm elektrik, həm də istilik enerjisi istehsal olunur.
- Yanacaq sərfiyyatının azalması – Alternativ enerji mənbələrinin istifadəsi dizel yanacağına ehtiyacı minimuma endirir.
- Çeviklik və dayanıqlılıq – Gəminin enerji tələbatına uyğun müxtəlif enerji mənbələrindən istifadə imkanı yaradır.
- Ətraf mühitə təsirin azaldılması – Karbon emissiyası və digər çirkləndirici faktorlar azalır.
- Uzunmüddətli iqtisadi fayda – Başlangıç investisiyalar yüksək olsa da, uzunmüddətli dövrdə qənaət təmin edilir.

Gəmilərdə hibrid enerji sistemlərinin quraşdırılması müxtəlif üsullarla həyata keçirilir. Bu proses gəminin ölçüsü, enerji tələbatı və istismar şəraitinə görə dəyişə bilər [8].

1. Modulyar günəş panellərinin göyərtəyə integrasiyası. Fotovoltaik panellər gəminin göyertəsinə və ya üst konstruksiyasına integrasiya edilir. Bu yanaşma aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

- mövcud sahədən səmərəli istifadə – göyertə geniş sahə təmin etdiyi üçün panellərin quraşdırılması daha rahatdır.
- aşağı texniki xidmət tələbi – günəş panelləri statik olduğu üçün onların baxımı minimaldır.
- enerji hasilatının artırılması – optimal yerləşdirmə ilə maksimum günəş işığından istifadə edilir.

2. Günəş panellərinin yelkənlərə və üst konstruksiyalara inkişafı. Bəzi gəmilərdə yelkənlər və ya digər şaquli səthlər günəş panelləri ilə təchiz edilir. Bu metod aşağıdakı üstünlükləri təmin edir:

- günəş işığından daha yaxşı istifadə – fərqli bucaqlarda günəş şüalarını qəbul etmək imkanı yaradır.
- dizayn çevikliyi – gəminin aerodinamik xüsusiyyətlərini qoruyaraq enerji istehsalını artırır.
- sabit enerji təchizatı – sürətlə hərəkət edən gəmilərdə daha effektiv ola bilər.

3. Termal günəş kollektorlarının quraşdırılması. Termal günəş enerjisi sistemləri əsasən aşağıdakı üsullarla quraşdırılır:

- günəş kollektoru panelləri – gəminin göyertəsində yerləşdirilir və suyun qızdırılması üçün istifadə olunur.
- integrasiya olunmuş istilik dəyişdiriciləri – günəşdən alınan istilik gəminin isitmə və su təchizatı sistemlərinə yönəldilir.
- buxar turbinləri ilə birləşmə – günəş enerjisi ilə əldə edilən istilik turbinlərin işlədilməsi üçün istifadə oluna bilər.

4. Hibrid enerji idarəetmə sistemi. Hibrid enerji sistemlərinin səmərəli işləməsi üçün müasir idarəetmə sistemləri tətbiq edilir. Bu sistemlər aşağıdakı funksiyalara malikdir:

- avtomatik enerji balanslaşdırma – hansı enerji mənbəyinin daha səmərəli istifadə ediləcəyini müəyyənləşdirir.
- real vaxt rejimində enerji istehlakının izlənməsi – gəminin enerji ehtiyaclarına uyğun tənzimlənir.
- batareya sistemləri ilə integrasiya – artıq enerji akkumulyatorlarda saxlanılır və ehtiyac olduqda istifadə olunur.

Gəmilərdə hibrid enerji sistemlərinin, xüsusilə **termal günəş enerjisi və fotovoltaiq panellərin birlikdə istifadəsi**, enerji səmərəliliyini artıraraq yanacaq sərfiyyatını azaldır və ekoloji təsirləri minimuma endirir [9]. Gələcəkdə bu texnologiyanın inkişafı və geniş tətbiqi dəniz nəqliyyatında ekoloji dayanıqlılığını təmin etməyə kömək edəcəkdir.

Gəmilərdə günəş panellərinin quraşdırılması zamanı elektrik quraşdırma işləri. Bir gəmidə günəş panellərinin quraşdırılması yalnız ixtisaslı işçilər tərəfindən həyata keçirilə bilən elektrik işlərini tələb edir. Bu zaman gəmidə titrəmələr, havanın və suyun duzluluğu, temperaturun dəyişməsi və başqaları kimi quraşdırma xüsusiyyətlərini nəzərə almaq lazımdır.

Gəmidə günəş panellərinin quraşdırılmasına hazırlıq daxildir [10]:

- Quraşdırma dizaynının və təhlükəsizlik tələblərinin öyrənilməsi.
- Gəmidə günəş panellərinin harada quraşdırılacağına müəyyən edilməsi.
- Lazımi avadanlıq və materialların seçilməsi və sifarişi.

Gəmidə günəş panellərinin quraşdırılması aşağıdakı addımları əhatə edir:

- Səthin quraşdırılması üçün hazırlanması. Günəş panellərini quraşdırmadan əvvəl onların quraşdırılması üçün səthi hazırlamaq lazımdır. Bunu etmək üçün səthi kirdən və örtüklərdən təmizləmək, bərkidicilərin və batareyaların özlərinin yaxşı yapışmasını təmin etmək lazımdır.
- Bağlayıcıların və günəş panellərinin quraşdırılması. Səthi hazırladıqdan sonra bağlayıcıları və günəş panellərini quraşdırmağa başlaya bilərsiniz. Bağlayıcılar batareyaların gəmiyə etibarlı və etibarlı şəkildə bağlanmasını təmin etməlidir. Günəş panellərini quraşdırarkən, onların qayıqda harada quraşdırılacağını, həmçinin maksimum işləmə səmərəliliyi üçün istiqamət və meyl bucağını nəzərə almaq lazımdır.
- Şarj tənzimləyiciləri, çeviricilər, batareyalar kimi əlavə elementlərin quraşdırılması. Gəmidə günəş panellərinin səmərəli işləməsi üçün şarj tənzimləyiciləri, çeviricilər və batareyalar kimi əlavə elementlərin quraşdırılması tələb oluna bilər. Doldurma tənzimləyiciləri batareyanın doldurulmasına nəzarəti təmin edir, invertorlar günəş panellərindən birbaşa cərəyanı qayıqın elektrik avadanlığını gücləndirmək üçün istifadə edilə bilən alternativ cərəyana çevirir və batareyalar gecə və ya pis hava şəraitində qayığa etibarlı, fasiləsiz enerji verir.

Günəş panellərinin birləşdirilməsi aşağıdakı addımları əhatə edir:

- Günəş panellərinin şarj tənzimləyicisinə qoşulması. Günəş panellərini şarj tənzimləyicisinə qoşmaq üçün müvafiq kəsikli kabellərdən istifadə etməlisiniz. Bundan əlavə, kabellərin gəmidə etibarlı və etibarlı şəkildə bağlanmasını təmin etmək lazımdır.
- Yük tənzimləyicisinin gəminin enerji təchizatı sistemində qoşulması. Günəş panellərini şarj tənzimləyicisinə birləşdirdikdən sonra, şarj tənzimləyicisini gəminin enerji təchizatı sistemində qoşmaq lazımdır. Bu, etibarlı və təhlükəsiz əlaqəni təmin etmək üçün əlavə elektrik işləri tələb edə bilər.

Gəmidə günəş panelləri quraşdırarkən elektrik işləri apararkən, müvafiq qoruyucu geyim və ayaqqabı geyinmək, müvafiq alət və avadanlıqlardan istifadə etmək, avadanlığın lazımi şəkildə torpaqlanmasının təmin edilməsi kimi bütün zəruri təhlükəsizlik tədbirlərinə əməl edilməlidir. Qeyd etmək lazımdır ki, gəmidə günəş panelləri quraşdırarkən elektrik quraşdırma işləri mürəkkəbdir və peşəkar yanaşma və ixtisaslı mütəxəssislər tələb edir. Buna görə, bir gəmidə günəş panellərinin təhlükəsizliyini və etibarlılığını təmin etmək üçün yalnız təcrübəli və ixtisaslı mütəxəssislərlə əməkdaşlıq aparılmalıdır.

Nəticə. Günəş enerjisinin gəmi elektrik təchizatı sistemində inteqrasiyası, sürətlə inkişaf edən texnologiyalar sayəsində getdikcə daha effektiv və iqtisadi cəhətdən sərfəli həll yoluna çevrilir. Bu yanaşma dəniz nəqliyyatı sahəsində ekoloji təsirlərin minimuma endirilməsinə və enerji səmərəliliyinin artmasına töhfə verir. Hibrid enerji sistemlərinin tətbiqi günəş enerjisinin daha səmərəli istifadəsini mümkün edir. Belə sistemlər dizel mühərrikləri ilə günəş enerjisini birləşdirərək yanacaq sərfiyyatını azaldır, karbon emissiyasını minimuma endirir və enerji mənbələrinin daha çevik

idarə olunmasını təmin edir. Günəş panelləri ilə dəstəklənən hibrid sistemlər həm dəniz ekosisteminin qorunmasına, həm də uzunmüddətli istismarda iqtisadi səmərəliliyin artmasına səbəb olur.

Hibrid sistemlərin istifadəsi səs-küyü və vibrasiyanı azaltdığı üçün sərnəşin gəmilərində və tədqiqat gəmilərində rahatlığı artırır. Bundan əlavə, dizel mühərriklərin istismar müddəti uzandığına görə texniki xidmət xərcləri azalır. Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının (IMO) emissiya tələblərinə uyğunluq təmin edildiyi üçün bu sistemlər gələcəkdə daha geniş yayılacaqdır. Ümumilikdə, hibrid enerji sistemlərinin tətbiqi dəniz nəqliyyatında ekoloji, iqtisadi və texniki baxımdan mühüm üstünlüklər yaradır. Bu texnologiyaların inkişafı və tətbiqinin genişlənməsi yaşıl enerji keçidinə və dəniz sənayesinin davamlı inkişafına töhfə verəcəkdir.

Gələcəkdə bu texnologiyaların daha çox yayılacağı və inkişaf edəcəyi gözlənilir. Günəş enerjisi və hibrid sistemlərin birgə istifadəsi dəniz nəqliyyatında yaşıl enerji keçidini sürətləndirərək gəmiçilik sənayesində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olacaqdır.

Ədəbiyyat

1. Əmrəliyev A.B., Abdulova N.A., Abdullayeva S.C., Məmmədova Ş.T. “Azərbaycanda qeyri-ənənəvi enerji mənbələri və onların istifadəsi imkanları” // “Energetikanın Problemləri”. Bakı: 2012, №2. s.79-86.
2. Sultanov E.F., İsmayılov S.S. “Gəmilərdə alternativ enerji mənbələrindən istifadə imkanlarının araşdırılması”/ ADDA Elmi əsərlər №2, Bak; 2021, səh. 151-157
3. Internal Maritime Organization, “Marine Casualties and Incidents” Incident Data,” GISIS Mar. Casualties Incidents, March, 2020, Accessed: Oct. 19, 2020. [Online]. Available: <https://gisis.imo.org/Public/MCI/Default.aspx>.
4. T. Salameh, M. A. Abdelkareem, A. Olabi, E. T. Sayed, M. Al-Chaderchi, and H. Rezk, “Integrated standalone hybrid solar pv, fuel cell and diesel generator power system for battery or supercapacitor storage systems in khorfakkan, united arab emirates,” International Journal of Hydrogen Energy, vol. 46, no. 8, pp. 6014–6027, 2021.
5. M. M. S. Khan, M. O. Faruque, and A. Newaz, “Fuzzy logic-based energy storage management system for mvdc power system of all electric ship,” IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 32, no. 2, pp. 798–809, 2017.
6. V.J. Jimenez, H. Kim, and Z.H. Minima review of ship energy efficiency research and directions towards emission reduction in the maritime industry, Journal of Cleaner Production, 2022, 366: 132888.
7. Васильев, Ю.С. Экология использования возобновляющихся энергоисточников / Ю.С. Васильев, Н.И. Христанов. – Ленинград: Издательство ЛГУ, 1991. – 343с.
8. Применение солнечных батарей на объектах морской инфраструктуры / С.В. Кононенко [и др.] // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. - 2018. - № 3. – С.101-106.
9. Доля ветряной и солнечной энергии в производстве электроэнергии. [Электронный ресурс]. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html> (дата обращения: 12.12.2018)
10. Радченко, П.М Морской плавучий ветропарк / П.М. Радченко // Малая энергетика. - 2011.- № 3-4. - С. 28-36.

Мəqalə qəbul olunub: 15.04.25
Təvsiyə edib: dos. Sultanov E.F.