

## LİMANLARDA SAHİLDƏN ELEKTRİK TƏCHİZATI VƏ IEC 61850 ƏSASLI RƏQƏMSAL İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN İNTEQRASIYASI

**Elnur Abbasov**

<https://orcid.org/0009-0002-6687-6892>

**Elşən Sultanov**

<https://orcid.org/0009-0002-0002-7038>

**Sahib İsmayilov**

<https://orcid.org/009-0000-2667-3973>

**Fərid Qədirov**

<https://orcid.org/0009-0005-8918-7899>

**Xülasə.** Məqalədə limanlarda gəmilərin sahildən elektrik təchizatı (SET) sistemləri, SCADA əsaslı rəqəmsal idarəetmə və bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyası sistem səviyyəsində icmal metodu ilə araşdırılmışdır. Araşdırma IEC/IEEE 80005 standartlar seriyasına, IEC 61850 rabitə standartına və “Ağıllı Liman” konsepsiyası üzrə aparılmış elmi tədqiqatlara əsaslanır. Təhlillər göstərir ki, SET sistemlərinin uyğunluğu yalnız nominal gərginliyin eyniliyi ilə məhdudlaşmır; beynəlxalq standartlaşdırma baxmayaraq, konnektor tipləri və kabel idarəetmə sistemləri arasında hələ də uyğunsuzluqlar mövcuddur. Rəqəmsal idarəetmə və bərpa olunan enerjinin integrasiyası liman administrasiyasının əlaqələndirici rolu və vahid enerji strategiyası çərçivəsində təmin edilməlidir. Məqalədə bu integrasiyanı təmin edən 3 mərhələli mühəndis qiymətləndirmə çərçivəsi təklif olunmuşdur.

**Açar sözlər:** sahil, elektrik təchizatı, gəmi, ağıllı liman, rəqəmsal idarəetmə, bərpa olunan enerji mənbələri, enerji saxlama sistemləri

<sup>1</sup>Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent, Bakı, Azərbaycan

<sup>2</sup>Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent, Bakı, Azərbaycan

<sup>3</sup>Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, doktorant, Bakı, Azərbaycan

<sup>4</sup>Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, magistrant, Bakı, Azərbaycan

Məsul müəllif. E-poçt: [elnur.abbasov@adda.edu.az](mailto:elnur.abbasov@adda.edu.az)

Daxil oldu: 05 aprel 2026; Qəbul edildi: 17 iyul 2026; Onlayn dərc edildi: 30 sentyabr 2026

## INTEGRATION OF SHORE-SIDE POWER SUPPLY AND IEC 61850-BASED DIGITAL CONTROL SYSTEMS IN PORTS

**Elnur Abbasov**

<https://orcid.org/0009-0002-6687-6892>

**Elshan Sultanov**

<https://orcid.org/0009-0002-0002-7038>

**Sahib Ismayilov**

<https://orcid.org/009-0000-2667-3973>

**Farid Gadirov**

<https://orcid.org/0009-0005-8918-7899>

**Abstract.** This article examines port-based shore-to-ship power (SSP) systems, SCADA-based digital control, and the integration of renewable energy sources using a system-level review approach. The study is based on the IEC/IEEE 80005 series of standards, the IEC 61850 communication standard, and research conducted on the "Smart Port" concept. Analyses indicate that the compatibility of SSP systems extends beyond mere nominal voltage alignment; despite

*international standardization, inconsistencies regarding connector types and cable management systems persist. Digital control and renewable energy integration must be implemented within a unified energy strategy, facilitated by the coordinating role of the port administration. The article proposes a three-stage engineering assessment framework to achieve this integration.*

**Keywords:** shore, power supply, ship, smart port, digital control, renewable energy sources, energy storage systems

## Giriş

Gəminin limanda dayandığı müddətdə köməkçi generatorların işləməsi yerli hava keyfiyyətinə və səs-küy səviyyəsinə mənfi təsir göstərir. SET, (digər adı ilə “cold ironing” və ya OPS-Onshore power supply) gəminin sahil elektrik şəbəkəsindən qidalanmasına imkan verərək bu mənfi təsirləri əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və bir sıra müasir limanlarda ekoloji normativlərə cavab vermək üçün mütləq şərtə çevrilir. Liman administrasiyaları bu prosesdə enerji istehsalının, istehlakının və infrastruktur investisiyalarının əsas əlaqələndiricisi rolunu oynayır (Sultanov və Cəlilov, 2018).

“Ağıllı Liman” konsepsiyasına dair tədqiqatlarda enerji saxlama sistemləri, çevik elektrik yükləri, SET sistemləri və rəqəmsal enerji idarəetməsi vahid inteqrasiya olunmuş sistemin tərkib hissələri kimi qəbul edilir (Acciaro et al, 2014). Limanların enerji qovşaqlarına (hub) transformasiyası bərpa olunan enerji mənbələrinin (günəş, külək), saxlama texnologiyalarının və rəqəmsal şəbəkə infrastrukturunun inteqrasiyasını zəruri edir.

Araşdırmanın əsas məqsədi üç fundamental suala cavab verməkdir:

- 1.SET sistemlərinin arxitekturası və texniki uyğunluq tələbləri hansı beynəlxalq standartlarla tənzimlənir?
- 2.SCADA və IEC 61850 əsaslı rəqəmsal idarəetmə və monitoring sistemləri SET və liman şəbəkəsinin işində hansı funksiyaları yerinə yetirir?
- 3.SET və rəqəmsal idarəetmə texnologiyalarının liman enerji sisteminə kompleks inteqrasiyası hansı mühəndis qiymətləndirmə mərhələləri üzrə həyata keçirilməlidir?

## Metodlar

Araşdırmada sistem səviyyəli məqsədyönlü icmal metodu tətbiq edilmişdir. İstifadə olunan elmi-texniki mənbələr üç əsas qrupa bölünmüşdür:

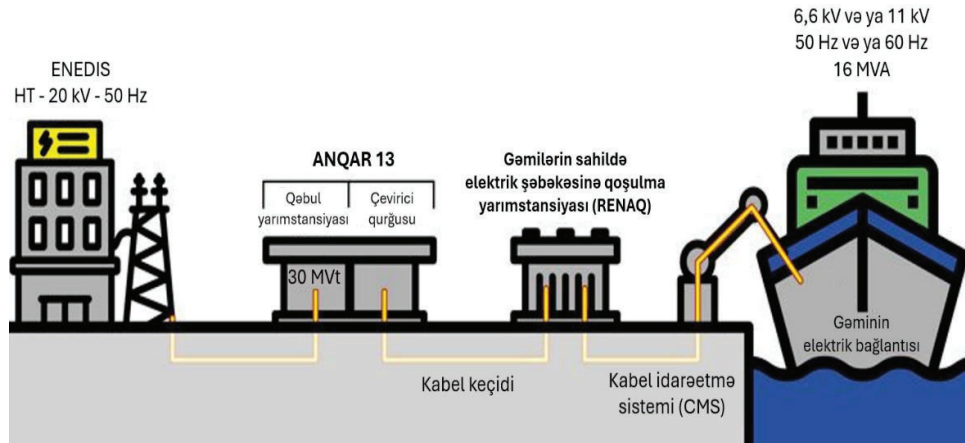
- 1.Beynəlxalq normativ standartlar: SET sistemlərini tənzimləyən IEC/IEEE 80005 standartlar seriyası (o cümlədən aşağı gərginlikli sistemlər üzrə (IEC/IEEE 2025).
- 2.Rəqəmsallaşma və rabitə standartları: Enerji avtomatlaşdırma sistemlərində rabitəni və məlumat mübadiləsini tənzimləyən IEC 61850 standartı və yarımstansiya avtomatlaşdırılması üzrə tədqiqatlar.
- 3.Akademik nəşrlər və hesabatlar: Liman enerji idarəetməsi, SET-in ekoloji səmərəliliyi, “Ağıllı Liman” konsepsiyası və port mikroşəbəkələri üzrə resenziyalı elmi məqalələr və rəsmi hesabatlar (Kanellos et al, 2023).

Beynəlxalq standartlar texniki interfeyslərin (gərginlik, tezlik, konnektorlar, rabitə protokolları) müəyyənləşdirilməsi üçün, elmi ədəbiyyat isə bu tələblərin praktiki tətbiqinin, iqtisadi və ekoloji nəticələrinin izahı üçün təhlil olunmuşdur.

## Nəticələr

*SET sistem arxitekturası və beynəlxalq standartlaşdırma.* Tam SET sistemi enerji təchizatçısı ilə qoşulma interfeysi, transformator, tezlik çeviricisi, sahil paylayıcı lövhəsi, rele mühafizəsi və

torpaqlama avadanlıqları, kabel idarəetmə sistemi (CMS), birləşdirici qurğular və gəmi paylayıcı lövhəsi arasında koordinasiyalı idarəetmədən ibarətdir (Preston et all, 2019). Şəkil 1-də liman elektrik təchizatı sisteminin ümumi sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 1. Liman elektrik təchizatı sisteminin ümumi sxemi

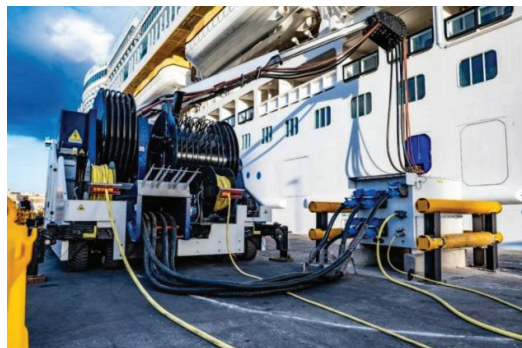
Beynəlxalq normativ bazaya əsasən:

- 1.IEC/IEEE 80005-1: Yüksək gərginlikli SET sistemlərini tənzimləyir;
- 2.IEC/IEEE 80005-2: Monitoring və idarəetmə üçün məlumat mübadiləsi axınına müəyyən edir;
- 3.IEC/IEEE 80005-3:2025: Aşağı gərginlikli sahil qoşulma sistemlərini tənzimləyir.

Sahil tərəfindəki transformator 20-100 kV gərginlik səviyyəsini 6.6 kV və ya 11 kV-a qədər endirir və qalvanik təcridi təmin edir. Tezlik uyğunsuzluğu olduqda (məsələn, 50 Hz sahil şəbəkəsindən 60 Hz gəmi şəbəkəsinə keçid) statik tezlik çeviricilərindən istifadə olunur (Yoo et all, 2011).

*Texniki uyğunluq və standartlaşdırma boşluqları.* Gəmi və sahil sistemlərinin uyğunluğu yalnız nominal gərginliyin eyniliyi ilə məhdudlaşmır. Layihələndirmə zamanı gəminin iş tezliyi, fazaların ardıcılığı, torpaqlama prinsipi, qısaqapanma cərəyanları, rele mühafizəsinin koordinasiyası və enerji ötürülməsinin ardıcılığı nəzərə alınmalıdır (Navigating Safety and Compliance in High-Voltage Shore Connection Systems, 2024). Son araşdırmalar göstərir ki, IEC/IEEE 80005 seriyasına baxmayaraq, müxtəlif istehsalçıların konnektor tipləri və kabel idarəetmə sistemləri arasında hələ də tam harmonizasiya yoxdur. Böyük gəmilərin (məsələn, kruiz və ya konteyner gəmiləri) SET sistemində qoşulması liman şəbəkəsində ani böyük yük yaradır; bu səbəbdən gərginlik düşməsi və transformator yüklənməsi hesablamaları əvvəlcədən aparılmalıdır (U.S. Environmental Protection Agency, 2022; Plugging into Onshore Power Supply System Innovation, 2025).

Şəkil 2-də limanda sahilə gələn SET sisteminin xarici görünüşü verilmişdir.



Şəkil 2. Limanda sahilə gələn elektrik təchizatı (SET) sistemi

SCADA və IEC 61850 əsaslı rəqəmsal idarəetmə. SCADA və Enerji İdarəetmə Sistemləri (EİS) liman şəbəkəsinin operativ izlənməsini təmin edir (Review on key technologies of green power supply for port micro grid, 2023).

### Müzakirə

IEC 61850 standartı intellektual elektron qurğular (IEQ) arasında məlumat mübadiləsini vahid protokol əsasında formalaşdırır:

- 1.ÜOYHP (Ümumi obyekt yönümlü yarımstansiya hadisələri protokolu) kritik hadisələrin və mühafizə siqnallarının operativ ötürülməsini təmin edir;
- 2.Diskretləşdirilmiş qiymətlər (DQ) analoq cərəyan və gərginlik ölçmələrini rəqəmsal formada ötürür.

İMS (İstehsalat mesajlaşma spesifikasiyası) əməliyyat və dispetçer səviyyələri arasında rabitə mübadiləsini həyata keçirir. Bu standart çoxsaylı istehsalçıların avadanlıqlarının qarşılıqlı uyğunluğunu təmin edir. Süni intellekt və böyük məlumat analitikası gəmilərin yanalma qrafikini və enerji tələbatını proqnozlaşdırmağa imkan verir. Lakin kritik elektrik mühafizəsi dərəcəsində olan qərarlar süni intellektə həvalə olunmamalı, yalnız mühəndis qərarlarını dəstəkləməlidir (Ports as Energy Hubs 2024; Smart, Connected, and Sustainable 2025).

### Nəticə

Nəticə olaraq qeyd edə bilərik ki, SET və SCADA/IEC 61850 əsaslı rəqəmsal idarəetmə sistemləri müasir limanların enerji infrastrukturunun ayrılmaz hissəsidir. Tədqiqatın əsas elmi nəticəsi ondan ibarətdir ki, SET, rəqəmsal idarəetmə və bərpa olunan enerji mənbələri ayrı-ayrı müstəqil texnologiyalar kimi deyil, təklif edilən 3 mərhələli mühəndis qiymətləndirmə çərçivəsi daxilində kompleks şəkildə həyata keçirilməlidir. Standartlaşdırma boşluqlarının (konnektor/kabel uyğunsuzluğu) aradan qaldırılması və rəqəmsal şəbəkənin etibarlılığı göstərir ki, texniki həllərlə yanaşı, liman administrasiyası, gəmi sahibləri və şəbəkə operatorları arasında sıx təşkilati koordinasiya uğurlu transformasiyanın əsas zəmanətidir.

### Ədəbiyyat

- Acciaro, M., Ghiara, H., & Cusano, M.I. (2014). Energy management in seaports: A new role for port authorities. *Energy Policy*, 71.
- International Electrotechnical Commission and IEEE, IEC/IEEE. (2025). *Utility connections in Port - Part 3: Low-voltage shore connection (LVSC) systems- General requirements*.
- Kanellos, F.D., Tsekouras, G.J., Nikolaidis, V.C. & Prousalidis, J.M. (2023). Toward smart green seaports: What should be done to transform seaports into intelligent and environment-friendly energy systems. *IEEE Electrification Magazine*, 11(1).
- Navigating Safety and Compliance in High-Voltage Shore Connection Systems. (2024). A Comprehensive Exploration of IEC/IEEE 80005-1 Standards and the Guidelines of Ship Classification Societies. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(2).
- Preston, R., Bevrote, L., Houston, Q., Munoz, R. (2019). Utilizing IEC 61850 for a Power Management System of an Offshore Platform. *IEEE Conference for Protective Relay Engineers (CPRE)*.
- Ports as Energy Hubs. (2024). *Renewable Energy Integration and Distribution*. DTU Research Database, Technical University of Denmark.
- Plugging into Onshore Power Supply System Innovation. (2025). *A Review from Standards and Patents to Port Deployment*. *Energies*, 18(20).

- Review on key technologies of green power supply for port microgrid. (2023). *Clean Energy Science and Technology*.
- Smart, Connected, and Sustainable. (2025). The Transformation of Maritime Ports Through Electrification, IoT, 5G, and Green Energy. *Sustainability*, 17(17).
- Sultanov, E.F., Cəlilov, T.A. (2018). *Müasir gəmi elektrik stansiyaları və şəbəkələri*. ADDA.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2022). *Shore Power Technology Assessment at U.S. Ports*.
- Yoo, B.G., Yang, H.S., Yang, S., Jeong, Y.S., Kim, W.Y. (2011). *CAN to IEC 61850 for microgrid system*.