

УДК 629.58

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2023.2-3\(491-492\).12](https://doi.org/10.15589/znp2023.2-3(491-492).12)DEVELOPMENT OF SHIP POWER SUPPLY AND CONTROL PANEL
OF A SELF-PROPELLED TETHERED UNDERWATER VEHICLEРОЗРОБКА СУДНОВОГО ПОСТА ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЕРУВАННЯ
САМОРУХОМИМ ПРИВ'ЯЗНИМ ПІДВОДНИМ АПАРАТОМ**Andrii M. Voitasyk**andrii.voitasyk@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9409-6108**Andriy S. Sirivchuk**sirivchuka@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2927-2600**Oleksandr P. Klochkov**oleksandr.klochkov@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-6426-3374**А. М. Войтасик,**

канд. тех. наук, доцент

А. С. Сірівчук,

канд. тех. наук, доцент

О. П. Клочков,

канд. тех. наук, доцент

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv**Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв*

Abstract. *Purpose.* Development and design of a ship power supply and control panel of a self-propelled tethered underwater vehicle with a limited access control system, which is capable of ensuring the full functioning and safe operation of a marine mobile object during the implementation of all available modes of operation. *Method.* As part of the research, the complex modeling method was used to build 3D models of the product frame and all the executive equipment proposed to be used in its composition, the method of empirical measurement of the components of energy and information signals between objects of information exchange, the method of conducting an experiment to certify the functional capabilities of the product. *Results.* Based on the use of a laptop, stepper motors, a monitor with a touch panel, a router and a list of electrical switching and protective equipment, placed in a single aluminum frame, a ship power supply and control panel of a self-propelled tethered underwater vehicle was developed, with the aim of further operating the product during various marine underwater technical works with the possibility of using attached equipment. The functioning of the product is ensured by the use of Powerline adapters, which allow rapid exchange of information at a distance of up to 300 m of cable-tether communication. *Scientific novelty.* Obtaining by the operator the necessary information for remote control of a self-propelled underwater vehicle, regarding the current technical parameters of a marine mobile object, is proposed to be implemented with the use of a power supply and control panel equipped in a stationary ship version on board a carrier vessel. The product includes a set of necessary electrical equipment combined with a limited access control system, which makes it impossible to control the marine mobile object by untrained personnel and ensures the preservation of all important data obtained during underwater technical work. Access to control is implemented by engaging the reader of programmed Smart cards, which, when activated, activate the electric mechanism for opening/closing the retractable switching platform. *Practical importance.* The developed power supply and control panel is implemented in a ship version and is intended for operation during underwater technical works using self-propelled tethered underwater vehicles that use Powerline adapters as part of the data transmission channel. The development provides reception, analysis and storage of information coming from a self-propelled tethered underwater vehicle through a cable-tether connection, which involves combining information and energy signals with common copper conductors during data transmission in half-duplex mode.

Key words: carrier ship; information exchange; access limited and control system.

Анотація. *Мета.* Розробка та проектування суднового поста енергетики та керування саморухомих прив'язних підводних апаратів з системою контролю обмеженого доступу, який здатний забезпечити повне функціонування та безпечну експлуатацію морського рухомого об'єкта під час реалізації всіх доступних режимів роботи. *Методика.* В рамках дослідження використано метод комплексного моделювання для побудови 3D моделей каркасу виробу та всього виконавчого обладнання, яке запропоновано застосувати у його складі, метод емпіричного вимірювання складових енергетичних та інформаційних сигналів між об'єктами обміну інформацією,

метод проведення експерименту для засвідчення функціональних можливостей виробу. *Результати.* На базі використання ноутбука, крокових двигунів, монітору з сенсорною панеллю, маршрутизатора та сформованого переліку електрокомутаційного і захисного обладнання, розміщених в єдиному алюмінієвому каркасі, розроблено судновий пост енергетики та керування саморухомих прив'язним підводним апаратом, з метою подальшої експлуатації виробу під час проведення різноманітних морських підводно-технічних робіт з можливістю застосування навісного обладнання. Функціонування виробу забезпечується застосуванням Powerline адаптерів, які дозволяють здійснювати швидкий обмін інформацією на відстань до 300 м кабель-тросового зв'язку. *Наукова новизна.* Отримання оператором необхідної інформації для дистанційного керування саморухомих прив'язним підводним апаратом, стосовно поточних технічних параметрів морського рухомого об'єкта, запропоновано реалізовувати з застосуванням поста енергетики та керування облаштованого у стаціонарному судновому виконанні на борту судна-носія. До складу виробу входить комплект необхідного електрообладнання об'єднаного з системою контролю обмеженого доступу, яка унеможливує доступність керування морським рухомих об'єктом не навченим персоналом і забезпечує збереженість всіх важливих даних отриманих при проведенні підводно-технічних робіт. Доступ до керування реалізовано шляхом залучення зчитувача запрограмованих Smart карток, які при спрацюванні активують електроприводний механізм відкривання/закривання висувної комутаційної платформи.

Практична значимість. Розроблений пост енергетики та керування реалізований у судновому виконанні і призначений для експлуатації при проведенні підводно-технічних робіт з застосуванням саморухомих прив'язних підводних апаратів, які використовують у складі каналу передачі даних Powerline адаптери. Розробка забезпечує прийому, аналіз і збереження інформації, що надходить від саморухомого прив'язного підводного апарата через кабель-тросовий зв'язок, який передбачає об'єднання інформаційних та енергетичних сигналів спільними мідними провідниками при передачі даних у напівдуплексному режимі.

Ключові слова: судно-носії; інформаційний обмін; система керування і контролю обмеженого доступу.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В залежності від виду виконуваних робіт саморухомих прив'язні підводні апарати (СППА) можуть мати різні конфігурації рушійно-кермових комплексів та різні кількості застосованих бортових систем, а також навісного обладнання. Характерною відмінністю СППА від автономних підводних апаратів є наявність кабель-тросового (КТ) зв'язку.

Електрична енергія та сигнали керування, що надходять через цей зв'язок до СППА є основою роботи всього застосованого на ньому обладнання. Зазвичай це гарантується застосуванням поста енергетики та керування (ПЕК), який здатен забезпечити:

- керування СППА під час проведення підводно-технічних робіт (ПТР);
- контроль працездатності СППА на всіх режимах роботи;
- блокування неприпустимих режимів роботи, що можуть призвести до аварійної ситуації;
- захист від несанкціонованих або неправильних дій оператора.

Виконання такого типу обладнання може бути реалізовано у мобільному, або стаціонарному виконанні. Мобільний варіант більш практичний і підходить для проведення короткотривалих ПТР з застосуванням СППА на певній місцевості, що має берегову лінію (робота на малих глибинах). При цьому, ПЕК може розміщуватися на березі, на причалі, в автотранспорті і т.п. Стаціонарне ж виконання виробу призначається під конкретні умови розміщення та може забезпечити більші можливості застосування СППА (робота в морському середовищі, на середніх

та великих глибинах, реалізація довготривалих ПТР). Однак, у такому випадку варто виконувати розміщення виробу на борту судна-носія, в комфортному та безпечному для оператора підводного апарата приміщенні, облаштованому необхідними енергетичними та ергономічними комунікаціями.

Тому, набуває актуальності задача розробки та проектування суднового ПЕК СППА з можливістю забезпечення обмеженого доступу до його обладнання екіпажем судна. Застосування системи контролю обмеженого доступу не лише унеможливить керування СППА не навченим персоналом, а й забезпечить надійну збереженість всіх важливих даних отриманих при проведенні ПТР.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Спектр завдань, для вирішення яких може бути задіяна сучасна підводна техніка, досить широкий. Починаючи від простого виконання пошуково-оглядових завдань і закінчуючи виконанням складних маніпуляційних операцій з технологічним обладнанням [1]. Ефективність будь-яких підводно-технічних робіт залежить від технічних можливостей використовуваних СППА [2], електроенергетичних параметрів живлення [3] та способу керування морським рухомих об'єктом [4, 5]. До складу класичної прив'язної підводної системи входить підводний апарат, ПЕК та КТ, і така система може мати різні конструктивні та функціональні особливості відповідно до застосованого обладнання та прийнятих технічних рішень [6-8]. Функціональне обладнання

СППА може розділятися на базове та спеціальне, яке обирається під конкретну задачу [9]. До базового обладнання належать рушійно-кермовий комплекс, базова навігаційна система, пристрої штучного освітлення та відеокамери. Спеціальне обладнання може складатись з маніпуляторів, різаків та пристроїв підводного зварювання, гідролокаторів та іншого обладнання. Важливу роль відіграє застосований варіант організації бортового енергоживлення СППА [10, 11].

Сучасні системи інформаційного обміну між СППА та ПЕК можуть будувати на базі маршрутизатора (МР) та ноутбука (НК) з типовою операційною системою і набором засобів введення-виведення та накопичення інформації. При цьому, застосовують технологію передачі даних Ethernet [12, 13]. Альтернативою мережі Ethernet можуть слугувати розповсюджені в промисловості інтерфейси RS-422/RS-485. В ролі пристроїв керування використовують ігрові маніпулятори [14-16]. В якості пристроїв індикації найчастіше виступає монітор, а в якості головного пристрою документування – жорсткий диск ноутбука. Проте, для цього можуть бути задіяні смартфон та окуляри віртуальної реальності [17]. Принцип організації системи керування СППА залежить від його технічної оснащеності та показників точності керування, що висувуються до конкретних ПТР, які підводний апарат має реалізувати [18, 19].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Типові зразки ПЕК, які представлені на світовому ринку, здатні забезпечити роботу СППА у суднових умовах експлуатації, за умови передачі сигналів керування та електроживлення різними каналами кабель-тросового зв'язку. Проте, у разі зменшення кількості окремих провідникових ліній та об'єднання енергетичних та керуючих сигналів відповідно до технології реалізованої з застосуванням Powerline адаптерів, аналогічного виробу, призначеного для суднового розміщення і який в повній мірі міг би забезпечити всі функціональні можливості застосування СППА та ще й з можливістю обмеженого доступу наразі немає. У той же час, як СППА розробки НУК ім. адм. Макарова, побудовані з застосуванням Powerline адаптерів вже існують, успішно себе зарекомендували у багатьох ПТР та підготовлені до серійного виробництва [20].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є розробка суднового поста енергетики та керування саморухомим прив'язним підводним апаратом, який призначений для прийому, аналізу і збереження інформації, що надходить від підводного апарата, який використовує у складі каналу передачі даних Powerline адаптери.

ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості *об'єкта дослідження* обрано технологічні процеси, які здатен реалізовувати саморухомий прив'язний підводний апарат з усіма його складовими елементами: конструкцією виконання, навігаційним обладнанням, системою відеоспостереження, системою освітлення, рушійно-кермовим комплексом, програмним забезпеченням та іншими компонентами.

Предметом дослідження є моделі та методи аналізу для запровадження необхідної точності та надійності роботи бортових системи керування саморухомого прив'язного підводного апарата, розробка та реалізація алгоритмічного забезпечення для безпечної експлуатації поста енергетики та керування, забезпечення комунікації та сумісності застосованого електрообладнання, створення 3D моделі виробу.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Судновий ПЕК СППА запропоновано розміщувати на рівній поверхні стіни, в комфортному та безпечному для оператора підводного апарата приміщенні, облаштованому необхідними енергетичними та ергономічними комунікаціями. У якості центральної інформаційної панелі запропоновано застосувати 50 дюймовий монітор з вбудованими динаміками та сенсорною панеллю. Візуально, інформаційну панель можна розподілити на окремі зони:

- інструментальну зону;
- зону змінного начіпного обладнання;
- зону гідроакустичного моніторингу;
- зону керування камерами зовнішнього огляду акваторії навколо судна.

Серед критеріїв за якими виконано побудову 3D моделі суднового ПЕК СППА, можна відзначити:

1) Прямокутна форма конструкції. Використання прямокутної форми рамної конструкції передбачено з метою кріплення конструкції на стіну та щільного прилягання задньої частини суднового ПЕК до площини стіни.

2) Алюмінієвий каркас. Створення алюмінієвого каркасу надає можливість зменшити масогабаритні показники виробу. Також, такий каркас забезпечуватиме необхідну міцність виробу в процесі його експлуатації.

3) Спосіб з'єднання алюмінієвих елементів каркасу – зварювання. Технічний процес реалізується за допомогою аргондугового зварювання. Перевагою даного способу з'єднання алюмінієвих елементів є підвищення жорсткості конструкції рами, виключення розгвинчування відповідальних вузлів та зменшення кількості кріпильних виробів.

4) Використання більшої частини об'єму суднового ПЕК СППА. Реалізується з урахування габаритних розмірів найбільшого елемента електрообладнання. Це дозволить по максимуму використовувати

внутрішній простір суднового ПЕК для розміщення вибраного електрообладнання та додаткового при подальшій модернізації виробу.

5) Модульність конструкції. Для швидкої заміни компонентів електрокомутаційного обладнання їх монтаж виконується за допомогою *DIN*-рейок.

6) Обмежений доступ. Доступ до суднового ПЕК СППА повинен бути лише у оператора, тому передбачено систему керування віддаленим доступом. Застосування даної системи дозволяє виконувати розгортання та згортання суднового ПЕК лише оператором і тільки при наявності *Smart* картки.

Зовнішній вигляд 3D моделі алюмінієвого каркасу суднового ПЕК СППА наведено на рис. 1.

Розроблену 3D модель алюмінієвого каркасу суднового ПЕК виконано з врахуванням матеріалу, що буде використаний в подальшому для виготовлення (товщина 2 мм).

Алюмінієвий каркас має прямокутну форму та виготовлений із алюмінієвих кутників. Каркас умовно поділено на дві частини:

- нерухома стаціонарна основа, що закріплена на стіні;
- висувна комутаційна платформа;

На *DIN*-рейках (рис. 1, 1) розміщують всі елементи електрообладнання, що входять до складу висувної комутаційної платформи.

Направляюча фурнітура (рис. 1, 2) залучена стандартна, на базі застосування підшипників кочення. Основна функція, яку вона виконує це центрування всієї висувної комутаційної платформи (рис. 1, 7).

Також, висувна комутаційна платформа з'єднана з нерухомою стаціонарною основою (рис. 1, 5) за рахунок вузлових точок з'єднання (рис. 1, 3).

Механізм передачі руху (рис. 1, 4) передбачений для передачі обертового руху отриманого від крокових двигунів через вал обертання (рис. 2, 5). Згідно до проведених розрахунків, для електропривода висувного механізму суднового ПЕК СППА достатньо застосувати два крокові електродвигуни потужність 100 Вт кожен.

За допомогою кронштейна для кріплення монітору можна регулювати кут нахилу інформаційної панелі (рис. 3).

На підставці (рис. 4, 8) розміщують один Powerline адаптер, який установлюють за допомогою двох алюмінієвих хомутів. Powerline адаптер необхідний для передачі цифрових сигналів керування між СППА та судновим ПЕК.

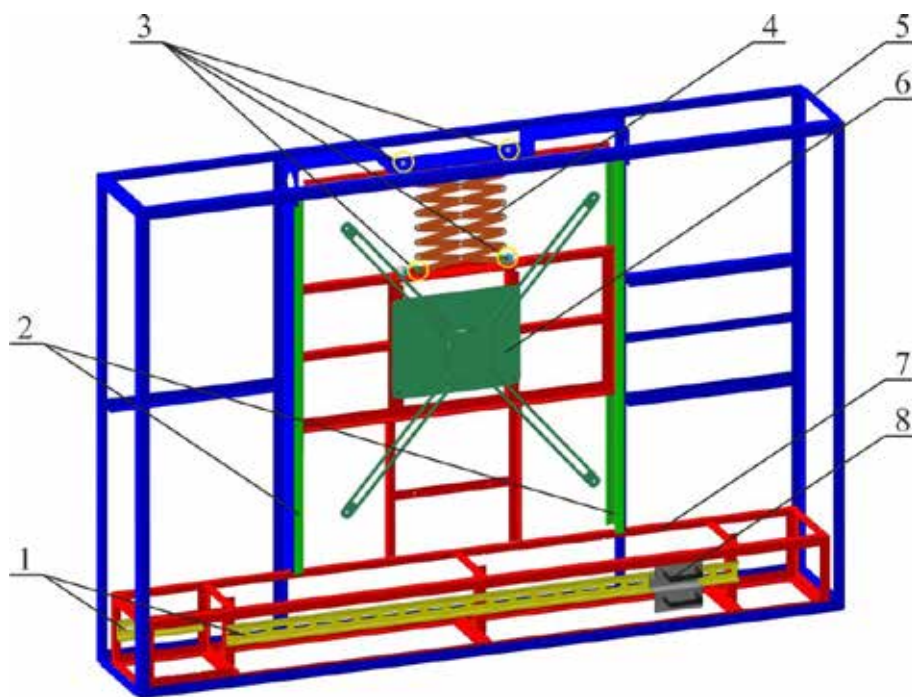


Рис. 1. 3D модель каркасу ПЕК СППА (вид попереду)

1) – *DIN*-рейки; 2) – направляюча фурнітура; 3) – вузлові точки з'єднання механізму передачі руху; 4) – механізм передачі руху; 5) – нерухома стаціонарна основа; 6) – кронштейн для кріплення монітору; 7) – висувна комутаційна платформа; 8) – підставка під *Powerline* адаптер

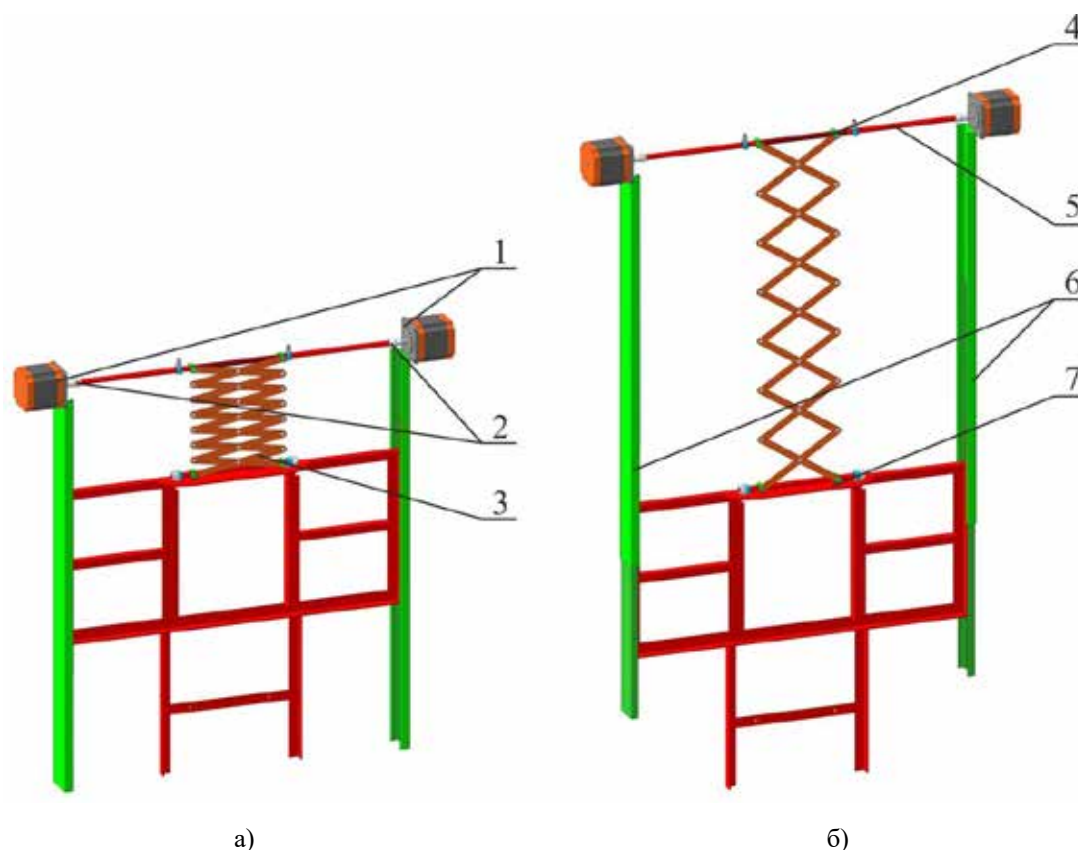


Рис. 2. 3D модель електропривода висувного механізму

а) – у закритому стані; б) – у відкритому стані; 1) – крокові двигуна; 2) – з'єднуючі муфти; 3) – механізм передачі руху; 4) – різьбове з'єднання; 5) – вал обертання; 6) – направляюча фурнітура; 7) – рама платформи для установки електрообладнання ПЕК



Рис. 3. 3D модель кронштейну для кріплення монітору

а) – вид збоку при куті нахилу 90° ; б) – вид збоку при куті нахилу 82° ;

Зовнішній вигляд 3D моделі висувної комутаційної платформи суднового ПЕК СППА з електрообладнанням наведено на рис. 4.

Зовнішній вигляд 3D моделі алюмінієвого каркасу суднового ПЕК СППА з електрообладнанням наведено на рис. 5.

Судновий ПЕК СППА передбачає два можливих положення:

1) закрите положення – всі силові кабелі відключені, висувний механізм знаходиться в початковому положенні. В такому положенні доступ до даних, що зберігаються в архіві ноутбуку неможливий навіть при повторному підключенні силових роз'ємів і подачі живлення на вхідний силовий роз'єм ПЕК. Лише наявність *Smart* карти оператора дозволить увімкнути висувний механізм бортового ПЕК ПА.

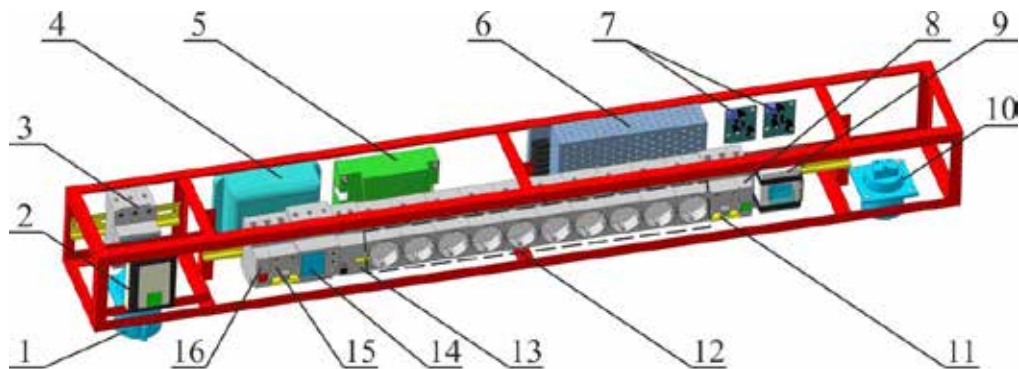


Рис. 4. 3D модель висувної комутаційної платформи ПЕК СППА з електрообладнанням (вид попереду)

1) – силовий роз’єм №1; 2) – зчитувач *Smart* картки; 3) – двоканальний контактор; 4) – система керування віддаленим доступом; 5) – джерело живлення маршрутизатора; 6) – джерело живлення систем керування; 7) – плати керування кроковими двигунами; 8) – сигнальний індикатор №2; 9) – Powerline адаптер; 10) – силовий роз’єм №2; 11) – автоматичний вимикач №2; 12) – розетки; 13) – диференціальне реле; 14) – реле напруги; 15) – автоматичний вимикач №1; 16) – сигнальний індикатор №1

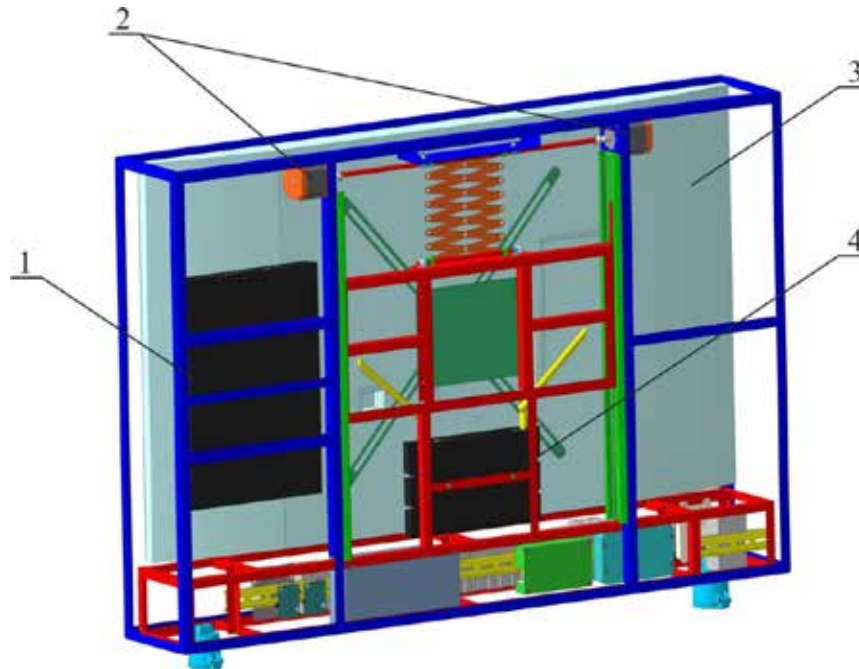


Рис. 5. 3D модель корпусу суднового ПЕК СППА з електрообладнанням (вид позаду)

1) – ноутбук; 2) – крокові двигуни; 3) – монітор з сенсорною панеллю; 4) – маршрутизатор

2) відкрите положення – відкритий доступ до автоматичних вимикачів, розеток, реле, індикаторів та сенсорної панелі 50 дюймового монітору. В такому положенні відкрито доступ до архіву ноутбука, програмного забезпечення та джойстика керування СППА.

Вигляд 3D моделі алюмінієвого каркасу суднового ПЕК СППА із захисними стінками ізоляційного матеріалу наведено на рис. 6.

Основні технічні характеристики розробки представлені у табл. 1.

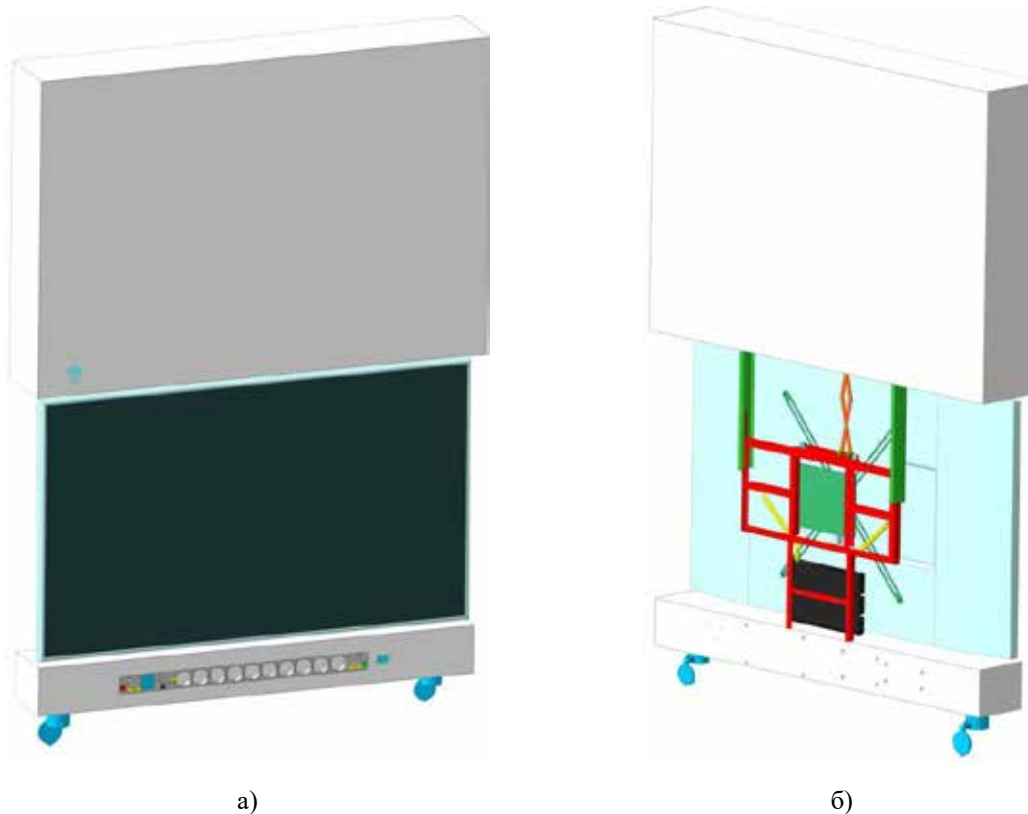


Рис. 6. 3D модель суднового ПЕК СППА у відкритому положенні
а) – вид спереду; б) – вид ззаду

Таблиця 1. Основні технічні характеристики розробки

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	220
2	Частота мережу, Гц	50
3	Максимальна потужність на посту/на ППА, кВт	5,5/3,5
4	Максимальний струм на посту/на ППА, А	25/16
5	Допустима довжина кабель-троса, м	< 600
6	Клас захисту	IP44
7	Гармонічний склад напруги	ГОСТ 13109-97
8	Джойстик керування	F710
9	Ноутбук	Lifebook U904
10	Маршрутизатор	TL-WDR4300
11	Powerline адаптер	TL-PA4010
12	Плата керування електроприводом висувного механізму	SMD60-7
13	Кроковий електродвигун (КЕД)	23HS6404 – 2 шт.
14	Сумарна споживча потужність двох КЕД, Вт	200
15	Габаритні розміри у відкритому/ закритому положеннях, мм	1148×188×1622, 1148×188×788
16	Маса виробу, кг	116

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

В якості вузла вводу і виводу електроенергії на ПЕК застосовано силові роз'єми. Для початку роботи з виробом необхідно застосувати Smart карту. Після підтвердження особи оператора система керування віддаленим доступом активує контактор та замикає силові контакти змінного струму. Напруга в мережі суднового ПЕК становитиме 220 В, 50 Гц. Система керування віддаленим доступом передбачає застосування джерела живлення постійної напруги 24 В. Одночасно з запуском контактора активуються канали живлення двох драйверів керування для двох крокових електродвигунів. Таким чином розпочинається процес розгортання ПЕК у робоче положення. Розгортання виробу буде зупинено при спрацьовуванні кінцевих вимикачів, або при перевищенні струмів споживання крокових електродвигунів.

ВИСНОВКИ

1. Розроблений пост енергетики та керування реалізований у судновому виконанні і призначений для експлуатації при проведенні підводно-технічних робіт з застосуванням саморухомих прив'язних підводних апаратів, які використовують у складі каналу передачі даних Powerline адаптери.

2. Розробка забезпечує прийому, аналіз і збереження інформації, що надходить від саморухомого прив'язного підводного апарата через кабель-тросовий зв'язок, який передбачає об'єднання інформаційних та енергетичних сигналів спільними мідними провідниками при передачі даних у напівдуплексному режимі.

REFERENCES

- [1] Jin-Kyu Choi, Eiichiro Araki, Katsuyoshi Kawaguchi (2020) Cable Laying Using an ROV. *Marine Technology Society Journal*, 54(5):84-90. DOI: 10.4031/MTSJ.54.5.12
- [2] Oscar Adrian Aguirre-Castro, Everardo Inzunza Gonzalez, E. E. García-Guerrero, E. E. García-Guerrero, Esteban Tlelo-Cuautle, Oscar Roberto Lopez-Bonilla, Jesús Everardo Olguín Tiznado, J. R. Cárdenas-Valdez (2019) Design and Construction of an ROV for Underwater Exploration, *Sensors*, 19(24):5387. DOI: 10.3390/s19245387
- [3] H.W. Wu, W.J. Yang, Y.J. Yu, H.C. Ou, Y.C. Hsueh (2010) The development of the technology of the electricity power and signal transmission for anti-current underwater ROV. *Journal of Taiwan Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 29(3):147-153
- [4] Ralph Gerard Sangalang, Diether Jhay Solito Masangcay, Cleo Martin R. Torino, Diane Jelyn C. Gutierrez (2022) Design of a Control Architecture for an Underwater Remotely Operated Vehicle used for Search and Rescue Operations. *Kybernetika, Praha*, 58(2):237-253. DOI: 10.14736/kyb-2022-2-0237
- [5] Miao Yang, Zhibin Sheng, Ge Yin, Haiwen Wang (2022) A recurrent neural network based fuzzy sliding mode control for 4-DOF ROV movements. *Ocean Engineering*, 256(3):111509. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2022.111509
- [6] Yasser M. Ahmed, Omar Yaakob, Bong K. Sun (2014) Design of a new low cost ROV vehicle. *Jurnal Teknologi*, 69(7) DOI: 10.11113/jt.v69.3262
- [7] Rahimuddin Rahimuddin, Hasnawiya Hasan, Haryanti Rivai, Yanu Iskandar, Claudio Yanal Pirri Hermanses (2018) Design of Omni Directional Remotely Operated Vehicle. *Journal of Physics Conference*, 962(1):012017. DOI: 10.1088/1742-6596/962/1/012017
- [8] Samson Nitonye, Sidum Adumene, C.U. Orji, Anietie Effiong Udo (2021) Operational failure assessment of Remotely Operated Vehicle in harsh offshore environments. *Pomorstvo*, 35(2):275-286. DOI: 10.31217/p.35.2.10
- [9] Ygor fernandes Dos santos manhães Corrêa, Andre luiz Bevilacqua Santana, Douglas oliveira Correa De souza, Ricardo Nascimento deslandes Junior, Hugo Martins Schueng (2023) Subsea Tool for Hose Retermination Using ROV. *Offshore Technology Conference*. DOI: 10.4043/32216-MS
- [10] Alireza Nazem, Mohd Rizal Arshad (2012) Frequency modulated power supply used to navigate the Remotely Operated Vehicle. *4th International Conference on Intelligent & Advanced Systems*. DOI: 10.1109/ICIAS.2012.6306191
- [11] Muhammad Ikhsan Sani, Simon Siregar, Muchlis Kurnia, Dzikri Hasbiallyh (2019) An electrical power control system for explorer-class remotely operated underwater vehicle. *Telecommunication Computing Electronics and Control*, 17(2):928. DOI: 10.12928/telkomnika.v17i2.11757
- [12] Alireza Marzbanrad, Jalil Sharafi, M. Eghtesad, R. Kamali (2011) Design, Construction and Control of a Remotely Operated Vehicle. *International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 7. DOI: 10.1115/IMECE2011-65645
- [13] Casey Glenn (2023) Next Generation Building Blocks of an Autonomous Subsea Vehicle. *Offshore Technology Conference*. DOI: 10.4043/32520-MS
- [14] Jee-Hwan Ryu, Dong-Soo Kwon, Pan-Mook Lee (2001) Control of underwater manipulators mounted on an ROV using base force information. *International Conference on Robotics and Automation*, 4:3238 – 3243 vol.4
- [15] Hyungwon Shim, Bong-Huan Jun, Pan-Mook Lee, Banghyun Kim (2013) Dynamic workspace control method for underwater manipulator of floating ROV. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 14(3) DOI: 10.1007/s12541-013-0054-6
- [16] Wael Bakr (2019) Innovative ROV Manipulator Powered by Artificial Intelligence to Decrease Risk in Subsea Operations. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference*. DOI: 10.2118/197265-MS
- [17] Pengxiang Xia, Kevin P. McSweeney, Zhuoyuan Song, Eric Du (2023) ROV Teleoperation based on Sensory Augmentation and Digital Twins. *Offshore Technology Conference*. DOI: 10.4043/32376-MS

- [18] M. A Malleswari, B Venkata Rao, Narasimha Rao Kolipaka (2021) Solar powered ROV electric propulsion and control. *Gedrag en Organisatie*, 34(01):33-39. DOI: 10.37896/GOR34.01/004
- [19] Zhijie Tang, LuoJun and Qingbo He (2010) A Fuzzy-PID Depth Control Method with overshoot Suppression for Underwater Vehicle, Part II, LNCS 6329, pp 218-224.
- [20] Blintsov V.S. (2020) Підводні апарати: рекламно-інформаційне видання. Миколаїв: НДЧ НУК ім. адм. Макарова. URL: <https://nuos.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/Pidvodni-aparati-UA.pdf>

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Jin-Kyu Choi, Eiichiro Araki, Katsuyoshi Kawaguchi (2020) Cable Laying Using an ROV. *Marine Technology Society Journal*, 54(5):84-90. DOI: 10.4031/MTSJ.54.5.12
- [2] Oscar Adrian Aguirre-Castro, Everardo Inzunza Gonzalez, E. E. García-Guerrero, E. E. García-Guerrero, Esteban Tlelo-Cuautle, Oscar Roberto Lopez-Bonilla, Jesús Everardo Olguín Tiznado, J. R. Cárdenas-Valdez (2019) Design and Construction of an ROV for Underwater Exploration, *Sensors*, 19(24):5387. DOI: 10.3390/s19245387
- [3] H.W. Wu, W.J. Yang, Y.J. Yu, H.C. Ou, Y.C. Hsueh (2010) The development of the technology of the electricity power and signal transmission for anti-current underwater ROV. *Journal of Taiwan Society of Naval Architects and Marine Engineers*, 29(3):147-153
- [4] Ralph Gerard Sangalang, Diether Jhay Solito Masangcay, Cleo Martin R. Torino, Diane Jelyn C. Gutierrez (2022) Design of a Control Architecture for an Underwater Remotely Operated Vehicle used for Search and Rescue Operations. *Kybernetika, Praha*, 58(2):237-253. DOI: 10.14736/kyb-2022-2-0237
- [5] Miao Yang, Zhibin Sheng, Ge Yin, Haiwen Wang (2022) A recurrent neural network based fuzzy sliding mode control for 4-DOF ROV movements. *Ocean Engineering*, 256(3):111509. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2022.111509
- [6] Yasser M. Ahmed, Omar Yaakob, Bong K. Sun (2014) Design of a new low cost ROV vehicle. *Jurnal Teknologi*, 69(7) DOI: 10.11113/jt.v69.3262
- [7] Rahimuddin Rahimuddin, Hasnawiya Hasan, Haryanti Rivai, Yanu Iskandar, Claudio Yanal Pirri Hermanses (2018) Design of Omni Directional Remotely Operated Vehicle. *Journal of Physics Conference*, 962(1):012017. DOI: 10.1088/1742-6596/962/1/012017
- [8] Samson Nitonye, Sidum Adumene, C.U. Orji, Anietie Effiong Udo (2021) Operational failure assessment of Remotely Operated Vehicle in harsh offshore environments. *Pomorstvo*, 35(2):275-286. DOI: 10.31217/p.35.2.10
- [9] Ygor fernandes Dos santos manhães Corrêa, Andre luiz Bevilacqua Santana, Douglas oliveira Correa De souza, Ricardo Nascimento deslandes Junior, Hugo Martins Schueng (2023) Subsea Tool for Hose Retermination Using ROV. *Offshore Technology Conference*. DOI: 10.4043/32216-MS
- [10] Alireza Nazem, Mohd Rizal Arshad (2012) Frequency modulated power supply used to navigate the Remotely Operated Vehicle. *4th International Conference on Intelligent & Advanced Systems*. DOI: 10.1109/ICIAS.2012.6306191
- [11] Muhammad Ikhsan Sani, Simon Siregar, Muchlis Kurnia, Dzikri Hasbiallyh (2019) An electrical power control system for explorer-class remotely operated underwater vehicle. *Telecommunication Computing Electronics and Control*, 17(2):928. DOI: 10.12928/telkomnika.v17i2.11757
- [12] Alireza Marzbanrad, Jalil Sharafi, M. Eghtesad, R. Kamali (2011) Design, Construction and Control of a Remotely Operated Vehicle. *International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 7. DOI: 10.1115/IMECE2011-65645
- [13] Casey Glenn (2023) Next Generation Building Blocks of an Autonomous Subsea Vehicle. *Offshore Technology Conference*. DOI: 10.4043/32520-MS
- [14] Jee-Hwan Ryu, Dong-Soo Kwon, Pan-Mook Lee (2001) Control of underwater manipulators mounted on an ROV using base force information. *International Conference on Robotics and Automation*, 4:3238 – 3243 vol.4
- [15] Hyungwon Shim, Bong-Huan Jun, Pan-Mook Lee, Banghyun Kim (2013) Dynamic workspace control method for underwater manipulator of floating ROV. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 14(3) DOI: 10.1007/s12541-013-0054-6
- [16] Wael Bakr (2019) Innovative ROV Manipulator Powered by Artificial Intelligence to Decrease Risk in Subsea Operations. *Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference*. DOI: 10.2118/197265-MS
- [17] Pengxiang Xia, Kevin P. McSweeney, Zhuoyuan Song, Eric Du (2023) ROV Teleoperation based on Sensory Augmentation and Digital Twins. *Offshore Technology Conference*. DOI: 10.4043/32376-MS
- [18] M. A Malleswari, B Venkata Rao, Narasimha Rao Kolipaka (2021) Solar powered ROV electric propulsion and control. *Gedrag en Organisatie*, 34(01):33-39. DOI: 10.37896/GOR34.01/004
- [19] Zhijie Tang, LuoJun and Qingbo He (2010) A Fuzzy-PID Depth Control Method with overshoot Suppression for Underwater Vehicle, Part II, LNCS 6329, pp 218-224.
- [20] Блінцов В.С. (2020) Підводні апарати: рекламно-інформаційне видання. – Миколаїв: НДЧ НУК ім. адм. Макарова. URL: <https://nuos.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/Pidvodni-aparati-UA.pdf>