

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів

« Допущений до захисту »

Завідувач кафедри ЕІС та РК

к.т.н., доцент  Д. В. Костенко

“12” 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти « бакалавр »

на тему: Удосконалення системи енергопостачання підводного самохідного апарата зі стабілізацією вихідної напруги

Виконав: студент 4 курсу, групи 4367ст3

Спеціальність:

141 « Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка »

Козак С. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Клочков О. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Новоуцький С.М.

(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв
2026 рік

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

Кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор Я. Б. Волянська

«22» 04 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр**

Студенту Козаку Сергію Анатолійовичу

1. Тема роботи: Удосконалення системи енергопостачання підводного самохідного апарата зі стабілізацією вихідної напруги

Керівник роботи: канд. техн. наук, доцент кафедри ЕІС та РК Ключков О. П.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «22.04» 20 26 року № 286 у з

2. Термін подання студентом роботи: 10 червня 2026 року

3. Вхідні дані до роботи: технічні характеристики енергетичного обладнання, самохідного підводного апарата, технічний опис схем стабілізації напруги, призначення й технічні властивості гідроакустичних приладів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Призначення та область застосування системи електропостачання самохідного підводного апарата 2 Технічні характеристики системи електропостачання самохідного підводного апарата 3 Опис та обґрунтування прийнятих рішень при удосконаленні системи енергопостачання самохідного підводного апарата 4 Розрахунки, які підтверджують працездатність системи енергопостачання самохідного підводного апарата 5. Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів (з точним зазначенням назв):

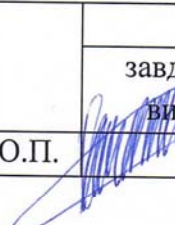
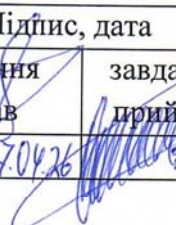
1. Титульний слайд 2. Мета і задачі роботи 3. Структура системи

енергопостачання 4. Структура стабілізатора напруги 5. Принципова схема

стабілізатора напруги 6. Алгоритмічне забезпечення системи електроживлення

7. Розрахунок максимальної потужності апарата 8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	канд. техн. наук, доцент кафедри ЕІС та РК Ключков О.П.	 17.04.26	 17.04.26

7. Дата видачі завдання 15 квітня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Призначення та область застосування	22.04.2026	вик.
2	Технічні характеристики	27.05.2026	вик.
3	Опис та обґрунтування прийнятих технічних рішень	20.05.2026	вик.
4	Розрахунки, що підтверджують працездатність	03.06.2026	вик.
5	Охорона праці	13.05.2026	вик.
6	Оформлення пояснювальної записки та супровідних документів	10.06.2026	вик.

Студент

(підпис)

Козак С. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ключков О. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Розроблено систему енергоживлення для самохідного підводного апарата зі стабілізацією вихідної напруги.

Виконано аналіз складових прив'язної підводної системи на самохідного підводного апарата, наведені основні групи споживачів електроенергії, представлені вимоги до системи енергоживлення, виконано огляд схем стабілізації напруги в мережі.

Представлено структуру та алгоритмічне забезпечення системи енергоживлення самохідного підводного апарата. Розроблено електричну принципову схему стабілізатора напруги живлення самохідного підводного апарата.

Ключові слова: стабілізація напруги, самохідний підводний апарат, кабель-трос, система енергоживлення, первинне джерело живлення.

ABSTRACT

The power supply system for a self-propelled underwater vehicle with output voltage stabilization has been developed.

An analysis of the components of a tethered underwater system for a self-propelled underwater vehicle has been performed, the main groups of electricity consumers have been listed, the requirements for the power supply system have been presented, and a review of voltage stabilization schemes in the network has been performed.

The structure and algorithmic support of the power supply system for a self-propelled underwater vehicle have been presented. An electrical schematic diagram of a self-propelled underwater vehicle power supply voltage stabilizer has been developed.

Keywords: voltage stabilization, self-propelled underwater vehicle, cable-tether, power supply system, primary power source.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	6
Вступ.....	7
1 Призначення та область застосування системи електропостачання самохідного підводного апарата.....	8
1.1 Загальні відомості про застосування самохідного підводного апарата	8
1.2 Опис споживачів електроенергії діючого макету самохідного підводного апарата.....	11
1.3 Огляд схем стабілізації напруги в мережі.....	12
2 Технічні характеристики системи електропостачання самохідного підводного апарата.....	22
2.1 Технічні характеристики системи енергоживлення самохідного підводного апарата.....	22
2.2 Технічні характеристики основних енергоспоживачів самохідного підводного апарата.....	23
3 Опис та обґрунтування прийнятих рішень при удосконаленні системи енергопостачання самохідного підводного апарата.....	28
3.1 Структура та принципи функціонування системи енергоживлення самохідного підводного апарата.....	28
3.2 Алгоритмічне забезпечення стабілізатора напруги	34
3.3 Протокол обміну даними між системою енергоживлення та керуючим комп'ютером поста енергетики та керування.....	35
4 Розрахунки, які підтверджують працездатність системи енергопостачання самохідного підводного апарата.....	38
4.1 Оцінка потужності, яка споживається апаратом в різних режимах роботи.	38
4.2 Розрахунок електричних параметрів кабель-троса.....	41
4.3 Розрахунок елементів принципової схеми стабілізатора напруги.....	43
5 Охорона праці.....	50

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які впливають на людину при роботі з підводним апаратом.....	51
5.2 Заходи техніки безпеки при роботі з самохідним підводним апаратом на відкритій палубі під час спуско-підйомних операцій.	53
Висновки.....	57
Перелік посилань.....	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦП	– аналого-цифровий перетворювач
БС	– блок сенсорів
ВДЖ	– вторинне джерело живлення
КПК	– керуючий персональний комп'ютер
МВЕ	– модуль вантажних електромагнітів
МІО	– модуль інформаційного обміну
МК	– мікроконтролер
ОК	– освітлювальний комплекс
ПА	– підводний апарат
ПДЖ	– первинне джерело живлення
ЕРК	– електро-рульовий комплекс
СЗ	– схема захисту
СК	– система керування
СН	– стабілізатор напруги
ССН	– схема стабілізації напруги

ВСТУП

Самохідні підводні апарати використовуються для виконання широкого переліку підводних робіт – від пошуку та інспекції підводних об'єктів до огляду підводних трубопроводів. Основним елементом будь-якого самохідного підводного апарата є електро-рульовий комплекс, який забезпечує рух апарата у підводному просторі.

Електро-рульовий комплекс самохідних підводних апаратів зазвичай обладнується електрорушійними пристроями на базі електродвигунів. Вони є основними споживачами електроенергії та працюють в пускових та перехідних режимах, чим значно підвищують загальне апаратне споживання.

Енергоживлення самохідного підводного апарата зазвичай здійснюється з судна забезпечення кабель-тросом, в якому є падіння напруг, що знижує коефіцієнт корисної дії двигунів та призводить до їхнього швидкого зносу. Актуальною є задача стабілізації напруги живлення самохідного підводного апарата.

Метою є розробка системи енергоживлення для самохідного підводного апарата зі стабілізацією напруги, яке забезпечується первинним джерелом електроживлення. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати склад підводної системи на базі самохідного підводного апарата, визначити основних споживачів електроенергії та вимоги до системи електроживлення;
- виконати огляд схем стабілізації напруги в мережі;
- розробити структуру та алгоритмічне забезпечення системи енергоживлення самохідного підводного апарата;
- розробити принципову схему стабілізатора напруги живлення самохідного підводного апарата.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

1.1 Загальні відомості про застосування самохідного підводного апарата

За підводною технологією самохідний підводний апарат (СПА) вирішує наступні завдання [1]:

- доставку на донну поверхню наступного гідроакустичного обладнання;
- безпечну установку Модуля-1 на донну поверхню з кутом відхилення від вертикалі не більше 15°;
- при відхиленні Модуля-1 від вертикалі більш ніж на 15° підняти його і перемістити в інше місце, де кут відхилення не буде перевищувати 15°;
- після установки Модуля-1

СПА повинен переміститися у бік на відстань 15...20 м і встановити на ґрунті платформу Модуля-2 з обладнанням, що залишається;

- по закінченні строку роботи гідроакустичного обладнання із використанням підводних відеозасобів виконати пошук розташованого на дні обладнання, зробити його згортання і підйом на поверхню.

СПА застосовується з борта СН, обладнаного спуско-підйомним пристроєм (СПП) і містить:

- керований по кабель-тросі (КТ) ненаселений самохідний прив'язний підводний апарат (ППА) із пристроєм захвата і транспортування гідроакустичного обладнання;
- кабель-трос, довжина якого забезпечує доставку корисного вантажу) на донну поверхню і пошуково-транспортні підводні операції з ним;
- розташовану на СН кабельну лебідку (КЛ) для зберігання і керованого витравлювання-вибирання кабель-троса;
- розташовану на СН систему керування СПА;
- розташований на СН щит енергетики СПА.

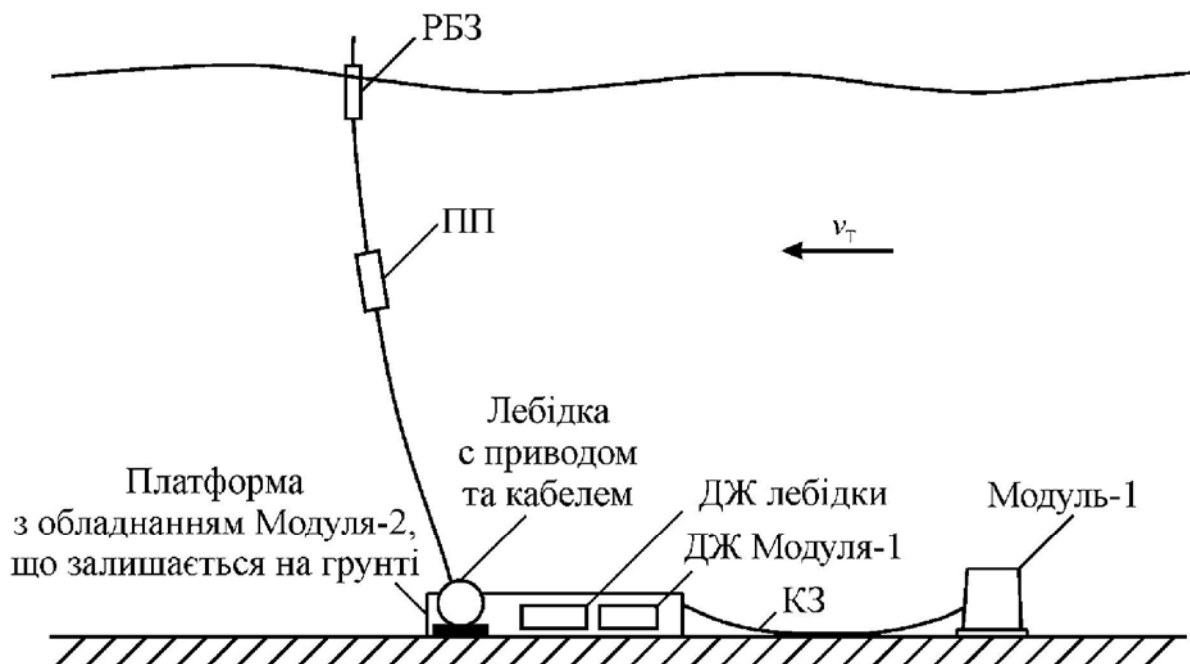
СПА реалізує дві основні підводні технології:

- установку гідроакустичного обладнання у робоче положення розгортанням його на морському дні;
- згортання гідроакустичного обладнання шляхом його установки на СПА і повернення на СН.

Перша підводна технологія має на меті ввести гідроакустичне обладнання в експлуатацію і містить основні режими роботи:

- перевірка працездатності СПА на палубі СН;
- захват гідроакустичного обладнання на палубі СН і його фіксація з метою транспортування під воду до місця установки на морському дні;
- опускання СПА із гідроакустичним обладнанням на воду зі СН за допомогою штатного спуско-підйомного пристрою;
- занурення СПА із гідроакустичним обладнанням на морське дно;
- позиціонування СПА із гідроакустичним обладнанням над донною поверхнею та над місцем установки гідроакустичного обладнання;
- візуальна оцінка придатності ділянки донної поверхні до установки на ньому Модуля-1 за допомогою бортового відеокomплексу;
- установка Модуля-1 на донну поверхню;
- вимір кута відхилення Модуля-1 від вертикалі;
- при відхиленні Модуля-1 від вертикалі більш ніж на 15° - його захват, відрив від ґрунту і переміщення СПА із гідроакустичним обладнанням в інше місце з візуально більш рівним ґрунтом, повторна установка Модуля-1 на донну поверхню і вимір кута відхилення Модуля-1 від вертикалі (цикл переміщення повторюється не більше трьох разів і при невдалій установці СПА із гідроакустичним обладнанням вертається до СН);
- стропування СПА і підйом на борт СН за допомогою штатного суднового спуско-підйомного пристрою.

Розташування складових частин гідроакустичного обладнання після установки на морське дно показано на рис. 1.1.



РБЗ – радіобуй зв’язку; ПП – проміжна плавучість; ДЖ – джерело живлення;

КЗ – кабель зв’язку; v_T – швидкість течії

Рисунок 1.1 – Розташування складових частин гідроакустичного обладнання після установки на морське дно

Друга підводна технологія має на меті виведення гідроакустичного обладнання із експлуатації і містить режими роботи:

- перевірка працездатності СПА на палубі СН;
- опускання СПА на воду зі СН за допомогою штатного спуско-підйомного пристрою;
- занурення СПА на морське дно;
- пошук гідроакустичного обладнання бортовими гідроакустичними засобами;
- продовження пошуку і ідентифікація гідроакустичного обладнання за допомогою бортового відеокomплексу;
- позиціонування СПА над платформою Модуля-2 з обладнанням, що залишається та перебуває на ґрунті;
- захват платформи Модуля-2 з обладнанням;

- відрив від ґрунту платформи Модуля-2 з обладнанням;
- переміщення СПА із залишає платформою, що, і обладнанням Модуля-2 до Модуля-1, що перебуває на ґрунті;
- позиціонування СПА із платформою Модуля-2 з обладнанням над Модулем-1;
- захват Модуля-1;
- відрив Модуля-1 від ґрунту;
- спливання СПА із гідроакустичним обладнанням на поверхню моря і його підхід до СН;
- стропування СПА із гідроакустичним обладнанням і підйом на борт СН за допомогою штатного суднового спуско-підйомного пристрою.
- роботи зі спуску і підйому СПА із гідроакустичним обладнанням повинні виконуватися при хвилюванні моря до 4 балів по шкалі Бофорта.

1.2 Опис споживачів електроенергії діючого макету самохідного підводного апарата

Архітектурно-конструктивний тип СПА визначає кількість електричних споживачів, що входять до його складу. Сумарна потужність споживання електричної енергії в конкретному режимі визначає площу робочої зони при роботі апарата на течії. У зв'язку з цим необхідно зробити огляд споживачів СПА з точки зору їх потужності споживання [1].

Найбільше електричної енергії споживають рушійні механізми, завдяки яким виконується переміщення СПА у водному просторі. Наступним по величині споживаної потужності виступає освітлення, а найменше споживання потужності спостерігається у платах керування, комутаційній апаратурі, слабострумній електроніці тощо.

При такому підході споживачі СПА поділяються на декілька груп, більш детальний опис яких буде наведено нижче:

- а) електрорушійний комплекс;
- б) відеокомплекс (ВК);
- в) слабострумна електроніка (ССЕ).

1.3 Огляд схем стабілізації напруги в мережі

Всі стабілізатори напруги можна поділити на 2 великі групи: параметричні та компенсаційні [2]. Параметричні стабілізатори – це пристрої, в яких стабілізація здійснюється за рахунок використання властивостей нелінійних елементів: насичених дроселів, нелінійних конденсаторів, карборундових резисторів і ін. До цього типу належать: стабілізатори з підмагнічуванням трансформатора, магнітні стабілізатори, високочастотні стабілізатори, системи з подвійним перетворенням енергії. У практичній області найбільшого поширення набули

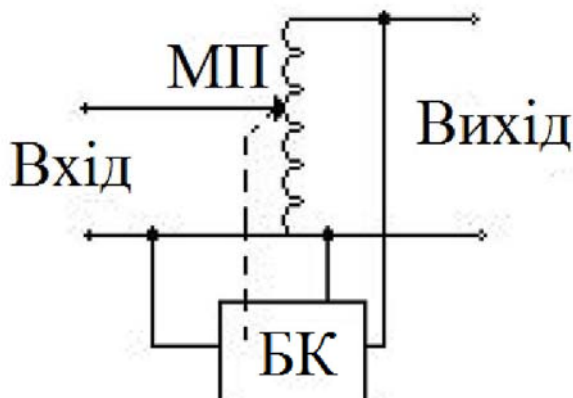
ферорезонансні стабілізатори, що використовують нелінійні властивості насиченого дроселя.

Компенсаційні стабілізатори – це пристрої, в яких стабілізація здійснюється за рахунок впливу зміни вихідної напруги на регулюючий орган через ланцюг зворотного зв'язку. Являють собою замкнуті системи автоматичного регулювання (через що їх іноді називають регуляторами напруги), де струм через регулюючий орган проходить безперервно або імпульсно. Для широкого застосування найбільшого поширення набули електромеханічні (сервоприводні, електродинамічні) стабілізатори напруги і ступінчасті коректори напруги (дискретні, ключові стабілізатори). Розглянемо принципи дії стабілізаторів детальніше.

1.3.1 Електромеханічні стабілізатори

Принцип дії електромеханічного стабілізатора (рис. 1.2) наступний: блок керування відслідковує напругу на вході стабілізатора і при його зниженні за допомогою механічного приводу переміщає "бігунок" вниз за схемою, при цьому

напруга на виході підвищується. При досягненні напруги 220В на виході стабілізатора, блок управління зупиняє "бігунок".



БК – блок управління МП – механічний привід «бігунка»

Рисунок 1.2 – Типова схема електромеханічного стабілізатора напруги

При підвищенні напруги на вході блок управління за допомогою механічного приводу переміщає "бігунок" вгору за схемою, при цьому напруга на виході буде знижуватися. Таким чином, на виході стабілізатора підтримується стабільна напруга 220В, зрозуміло, з деякою погрішністю, це показано на графіку. Похибка напруги на виході вказується в паспортних характеристиках стабілізатора.

Також в кожному стабілізаторі присутній захист від КЗ і перевантажень по струму, в деяких моделях є захист від перегріву обмоток трансформатора. Слід зазначити, що дана схема лише пояснює принцип роботи стабілізаторів напруги електромеханічного типу. У реальності схеми набагато складання, і можуть мати кілька обмоток трансформатора, більшу кількість захистів і т.п. Це визначає кожен виробник самостійно і, як правило, схемотехнічні рішення не розголошує.

1.3.2 Електронні стабілізатори

Типову схему електронного стабілізатора напруги зображено на рис. 1.3. Принцип дії електронного стабілізатора напруги заснований на перемиканні обмоток автотрансформатора, в залежності від вхідної напруги, яке відстежує блок управління. Перемикаються обмотки за допомогою електронних ключів

(сіммісторів або тиристорів), це забезпечує швидке перемикання обмоток без розриву синусоїди. Напруга на виході змінюється східчасто, але в заданому інтервалі, який вказується в паспорті стабілізатора.

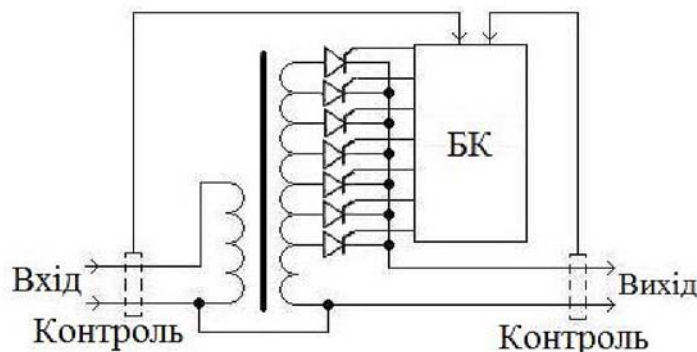
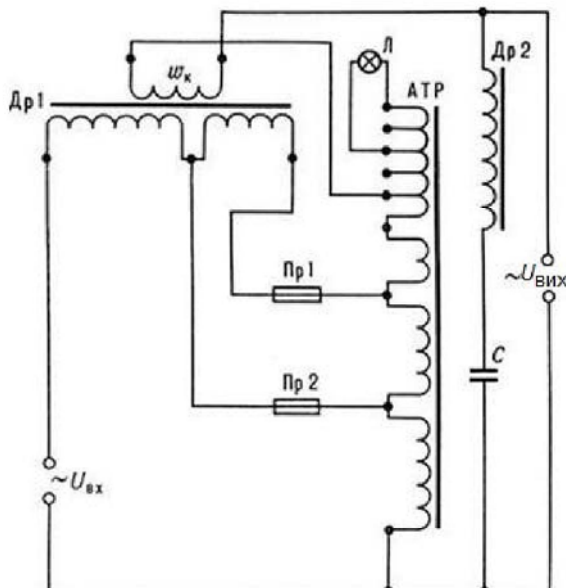


Рисунок 1.3 – Схема електронного стабілізатора напруги

Стабілізатори напруги даного типу є більш надійними тому відсутні механічні рухомі частини. Як правило, блоки управління виготовлені із застосуванням мікропроцесорів, тому у цих стабілізаторів можливо велику кількість сервісних функцій.

1.3.3 Феррорезонансні стабілізатори

В основі принципу дії такого стабілізатора (рис. 1.4) закладений принцип роботи феррорезонансного трансформатора. Феррорезонансний трансформатор являє собою сукупність двох магнітних ланцюгів зі слабкою зв'язком між ними. Вихідна ланцюг містить паралельний коливальний контур, підживлює від первинної ланцюга для компенсації потужності, що надходить в навантаження. Ненасичений дросель Др 2 і конденсатор С утворюють феррорезонансний контур, з якого знімається вихідна стабілізована напруга. Внутрішній опір стабілізатора значно менше опору номінального навантаження. Такий стабілізатор при напрузі мережі $127 \pm 19,38$ В або 220 ± 33 В (при коливаннях частоти в межах 49,5-50,5 Гц) забезпечує заданий вихідна напруга.



$U_{ВХ}$ – напруга мережі; $U_{ВЫХ}$ - стабілізована напруга; Др1 – насичений дросель; Др 2 – ненасичений дросель; АТР – автотрансформатор; С – конденсатор; Пр 1, Пр 2 - запобіжники для напруги 220 і 127 в; W_x - компенсаційна обмотка; Л – контрольна лампочка.

Рисунок 1.4 – Схема ферорезонансного стабілізатора напруги

Сам процес феромагнітного резонансу цілком аналогічний резонансу в лінійних ланцюгах, що складаються з індуктивностей і ємностей. У нелінійної ланцюга, такий як ферорезонансний трансформатор, резонанс використовується для зменшення коливань напруги у вторинному ланцюзі.

У ферорезонансному трансформаторі одне з магнітних кіл (вихідне) знаходиться в режимі насичення, а інше (вхідне) не досягає насичення. Вони мають нейтралізуючу обмотку, спеціально призначену для зменшення гармонійних спотворень вихідної напруги. Нейтралізуюча обмотка влаштована так, що в ній генеруються гармоніки, що знаходяться в протифазі до гармонік в основній вихідній обмотці.

Правильний підбір числа витків і магнітних опорів дозволяє повністю компенсувати гармонійні спотворення. Більш того, застосування феррорезонансного трансформатора дозволяє майже повністю зменшити гармонійні спотворення вихідної напруги. При повному навантаженні

феррорезонансний трансформатор забезпечує стабілізацію напруги з похибкою близько 1% при зміні напруги на вході на 15% щодо номінального. Найбільші можливості феррорезонансний трансформатор надає, якщо його навантаження менше номінального. Так, при навантаженні близько 50%, діапазон вхідних напруг неймовірно розширюється: більш ніж до 50% від номінального вхідного напруги.

Особливістю вхідної характеристики трансформатора є те, що в режимі холостого ходу резонансний ланцюг феррорезонансного трансформатора знаходиться під напругою і споживає близько 10% номінальної потужності трансформатора. У тепловому відношенні режим холостого ходу є найбільш напруженим для феррорезонансного трансформатора. При зменшенні опору навантаження вихідна напруга зменшується, і трансформатор не перегрівається. Навіть при короткому замиканні вихідний струм трансформатора обмежується приблизно 150-200% від номінального струму. Сумарна потужність, споживана трансформатором від мережі під час короткого замикання, не перевищує 10% номінальної. Феррорезонансний трансформатор здатен витримувати будь-які перевантаження.

1.3.4 Стабілізатори з підмагнічуванням трансформатора

Принцип дії даного типу стабілізаторів (рис. 1.5) засновано на компенсації зміни напруги мережі шляхом регулювання коефіцієнта трансформації за рахунок локального подмагнічivanja стрижнів автотрансформаторів із спеціально виконаним магнітопроводом і системою обмоток. Підмагнічування здійснюється за допомогою тиристорного регулятора. Стабілізатори даного типу використовують як регулюючий елемент дросель насичення. Головна особливість цих стабілізаторів – залежність інерційності від комутованої потужності. Вхідна напруга надходить на клеми $U_{вх}$ і відповідно на обмотки $\omega 1$ і дросель насичення $Dr1$. Навантаження підключається до івих. Паралельно трансформатору включається контур з послідовно з'єднаних дроселя $Dr2$ і конденсатора $C1$.

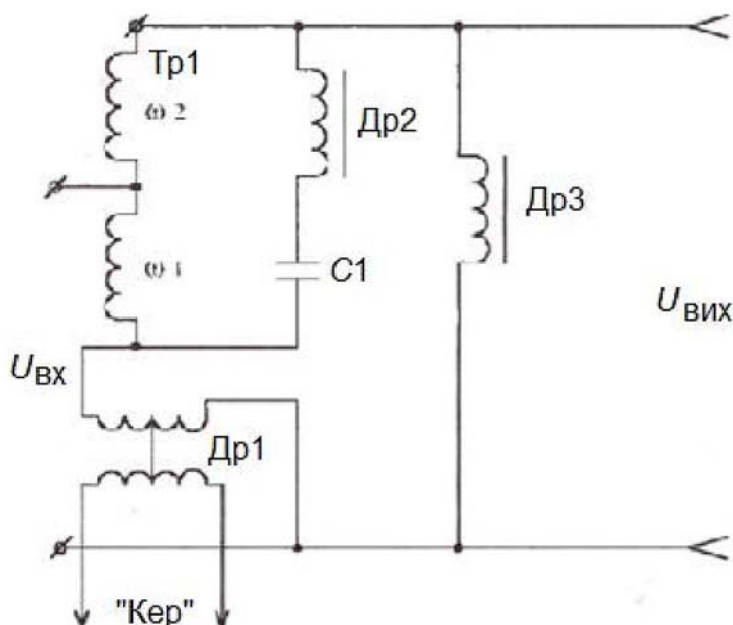


Рисунок 1.5 – Схема стабілізатора з підмагнічуванням трансформатора

Контур налаштований на третю гармоніку мережі і служить для поліпшення форми кривої стабілізованої напруги. паралельно навантаженню ($U_{\text{ВХ}}$) включений дросель ДР3, який розширює діапазон стабілізації напруги при зміні струму навантаження. До обмотки управління («Кер») підключається електронний блок управління. При збільшенні, наприклад, вхідної напруги або зменшенні струму навантаження, його вихідна напруга прагнути, так само збільшитися. З електронного блоку надходить сигнал, що збільшує насичення дроселя ДР1 і тим самим зменшує величину вихідної напруги. При зменшенні вхідної напруги процес йде зі зменшенням струму насичення дроселя. Таким чином, здійснюється стабілізація вихідної напруги. Такі стабілізатори характеризуються високими перевантажувальними здібностями, але мають обмежений діапазон регулювання і підвищений коефіцієнт спотворення вихідної напруги в порівнянні зі східчастими коректорами напруги.

1.3.5 Стабілізатори з подвійним перетворенням енергії

Стабілізатори даного типу містять випрямляч і транзисторний інвертор з ШІМ керуванням, що забезпечує стабільну синусоїдальну напругу з частотою 50 Гц. В даний час знаходяться в стадії промислового освоєння. Стабілізатори

напруги з високочастотним транзисторним регулюванням засновані на використанні швидкодіючих силових транзисторів, комутованих з високою частотою на кожному періоді напруги.

В останні роки робляться інтенсивні спроби створення високочастотних стабілізаторів (далі, ВЧ-стабілізатори) на базі сучасних силових транзисторів. Прикладом для розробників є успішне використання високочастотних приводів для керування асинхронними електродвигунами, побудованих на схожій елементній базі. Спробам створення ВЧ-стабілізаторів сприяє також загальна тенденція здешевлення електронних комплектуючих і зростання цін на сировину, що використовується у виробництві низькочастотних стабілізаторів (мідь, електротехнічне залізо і т.п.).

Крім того, ВЧ-стабілізаторам притаманний цілий ряд важливих переваг: вони легші за звичайні, у них більш висока швидкість стабілізації, вище точність стабілізації вихідної напруги. Однак аж до останнього часу стабілізатори не набули широкого поширення. Цьому є одна основна причина: практично всі спроби побудови ВЧ-стабілізаторів використовують схему з ланкою постійного струму. Як наслідок, такі прилади мають ККД набагато нижче традиційних приладів (тому, що використовується подвійне перетворення енергії). Крім того, навантаження при підключенні до ВЧ-стабілізатора з ланкою постійного струму гальванічно розв'язане від ланки живлення, що унеможливорює поаертання реактивної енергії в мережу.

Проте, останнім часом вдалося створити ВЧ-стабілізатор без ланки постійного струму.

Ці прилади виробляються і продаються під торговою маркою LEGAT. Коротко можна перерахувати їх наступні переваги:

1. Стабілізатори майже в два рази легше традиційних.
 2. Забезпечують дуже високу точність стабілізації вихідної напруги: $\pm 1 - 2$ В.
- Чи мають високу швидкість реакції на скачки вхідної напруги.

3. Забезпечують збереження 100% потужності в дуже широкому діапазоні вхідних напруг: 120 - 280 В.

4. В діапазоні вхідних напруг 100 - 120 В працюють із деяким падінням потужності.

5. Не мають гальванічної розв'язки, що дозволяє підключати будь-які типи активних і реактивних навантажень.

6. Дозволяють регулювати вихідну напругу (180 - 240 В) і затримку на повторний пуск (3 - 999 сек.).

7. Забезпечують короткочасне збільшення струму (до 10 сек.) Для забезпечення пуску електродвигунні навантажень.

8. Зберігають працездатність в широкому діапазоні температур: -20; +40 С.

Підводячи підсумки, можна сказати, що розвиток стабілізаторів, мабуть, буде відбуватися в бік збільшення кількості ВЧ-приладів.

Визначальним тут є те, що, як уже зазначалося, ціни на основну сировину для виробництва звичайних низькочастотних стабілізаторів постійно зростають, що викликає зростання ціни самих виробів. У той же час, вартість електронних комплектуючих тільки падає.

Тому можна очікувати, що з часом ВЧ-стабілізатори стануть дешевшими за традиційні низькочастотних приладів. Зазначені системи регулювання мають ряд власних переваг і недоліків, які зведено до табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння принципів стабілізації мережевої напруги

Тип	Переваги	Недоліки
Ступінчасте регулювання	– висока швидкодія; – широкий діапазон вхідної напруги; – можливість роботи в неробочому русі; – відсутність викривлень форми вихідної напруги; – високе значення ККД.	ступінчаста зміна вихідної напруги знижує точність стабілізації
Феррорезонансні стабілізатори	– висока швидкодія; – великий ресурс роботи.	– високий рівень шумів; – викривлення форми вихідної напруги; – недопустимість роботи в режимах холостого ходу та при перевантаженні; – залежність вихідної напруги від частоти мережі живлення; – низьке значення ККД.
Електромеханічні стабілізатори	– висока точність регулювання; – відсутність завад; – висока перевантажувальна здатність; – широкий діапазон регулювання.	– низька швидкодія; – обмежений строк використання при наявності вимог до проведення регламентних робіт; – наявність відкритого рухомого електричного контакту, що обмежує сферу використання

Підмагнічування трансформатора	висока перевантажувальна здатність	– обмежений діапазон регулювання; – підвищений коефіцієнт викривлення форми сигналу порівняно зі ступінчастими схемами
Подвійне перетворення енергії	широкий діапазон регулювання	– підвищений коефіцієнт викривлення форми вихідної напруги; – мала потужність пристрою (до 10 кВА).
Високочастотне транзисторне регулювання	– широкий діапазон регулювання; – висока швидкодія.	мала потужність пристрою (до 10 кВА)

Проаналізовано структуру вантажного самохідного підводного носія та склад споживачів електроенергії апарата. Виявлено, що найбільшим навантаженням для системи енергоживлення апарата є рушійно-рульовий комплекс, а також освітлювальний комплекс.

Виконано огляд сучасних схем стабілізації мережевої напруги. Визначено, що найбільш перспективним є використання схем стабілізації на базі напівпровідникових елементів.

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

2.1 Технічні характеристики системи енергоживлення самохідного підводного апарата

Система енергоживлення діючого макету вантажного самохідного підводного носія складається з блоку комутації, кабель-тросу та стабілізатора напруги. Зовнішній вигляд блоку комутації та кабель-тросу зображено на рис. 2.1, а технічні характеристики системи електроживлення приведені в табл. 2.1.



а)



б)

а) блок комутації; б) кабель-трос

Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд складових системи енергоживлення

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики системи енергоживлення

Найменування характеристики	Значення
Напруга живлення, В	220 В,
Частота мережу, Гц	50 Гц
Максимальна потужність на посту/на ПА, кВт	5,5/3,5
Максимальний струм на посту/на ПА, А	25/16
Допустима довжина КТ, м	не більше 300 м

2.2 Технічні характеристики основних енергоспоживачів самохідного підводного апарата

2.2.1 Технічні характеристики електродвигуна

Рушійно-рульовий комплекс діючого макету вантажного самохідного підводного носія складається з восьми електрорушійних пристроїв, які виконано на базі асинхронних трифазних електродвигунів виробництва НУК ім. адм. Макарова. Зовнішній вигляд електродвигуна зображено на рис. 2.2, а технічні характеристики зведено до табл. 2.2.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд електродвигуна самохідного підводного апарата

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики електродвигуна

№ з / п	Найменування характеристики	Значення
1.	Матеріал корпусу	Алюміній/Капролон
2.	Електроживлення	220 В, 50 Гц змінного струму
3.	Момент, Н·м	1,25
4.	Струм, А	1,1
5.	Ковзання	0,1
6.	Повна потужність, Вт	263
7.	Корисна потужність, Вт	176
8.	ККД, %	0,67
9.	Маса, кг	6,5/4,9

2.2.2 Технічні характеристики регулятора частоти

Керування електродвигунами здійснюється за допомогою регуляторів частоти, зовнішній вигляд яких зображено на рис. 2.3. Технічні характеристики регуляторів частоти представлено в табл. 2.3

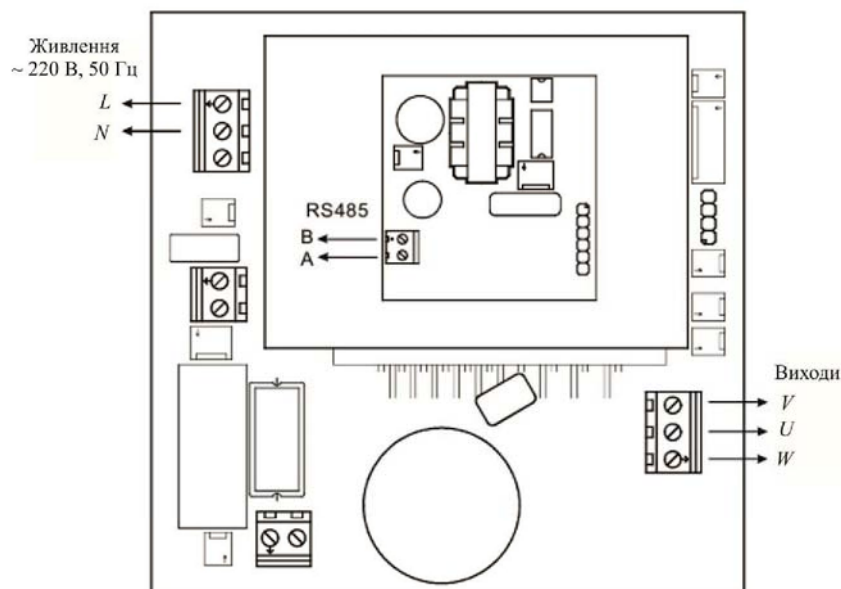


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд регулятора частоти
самохідного підводного апарата

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики регулятора частоти

№ з / п	Найменування характеристики	Значення
1.	Напруга живлення, В	220
2.	Максимальна вихідна потужність, Вт	750
3.	Діапазон вихідних частот, Гц	0...127
4.	Дискретність регулювання частоти, Гц	0,5
5.	Плавний пуск/гальмування	є
6.	Діапазон періоду плавного пуску/гальмування, с	0.1...1.5
7.	Інтерфейс цифрового керування	RS-485
8.	Принцип керування частотою	Скалярний

9.	Способи керування частотою	аналоговий сигнал; цифрові команди;
10.	Швидкість інформаційного обміну, кбод/с	115,2
11.	Захист силових елементів від	надмірної напруги живлення; недостатньої напруги живлення; перевантаження; короткого замикання; перегріву силового модуля;
12.	Габарити (ДхШхВ), мм	110x108x70

2.2.3 Технічні характеристики підводного світильника

Для системи освітлення вантажного самохідного підводного носія застосовано два однотипних світильника підводного виконання розробки НУК ім. адм. Макарова. Підводні світильники здатні забезпечувати оптимальну освітленість підводного середовища.

Технічні характеристики підводного світильника (рис. 2.4), що застосовується в системі освітлення вантажного самохідного підводного носія наведено в табл. 2.4.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд підводного світильника
самохідного підводного апарата

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики підводного світильника

№ з / п	Найменування характеристики	Значення
1.	Випромінюючий елемент	<i>LED</i> матриця
2.	Споживана потужність випромінюючого елемента, Вт	30
3.	Діапазон напруг живлення, В	35...48
4.	Світловий потік, Лм	3600
5.	Кут випромінювання, град	115
6.	Діапазон робочих температур, °C	0...85
7.	Глибина занурення, м	300

2.2.4 Технічні характеристики джерела живлення підводного світильника

В якості джерел живлення для системи освітлення були використані однотипні драйвери керування *APC-35-700*, виробництва компанії “*MeanWell*” (табл. 2.5). Даний пристрій є стабілізованим джерелом струму.

Зовнішній вигляд пристрою наведено на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд драйвера керування *APC-35-700*

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики *LED*-драйвера

№ з / п	Найменування характеристики	Значення
1.	Максимальна вихідна напруга, В	50
2.	Номінальний вихідний струм, А	0,7
3.	Діапазон постійного значення струму, В	15 – 50
4.	Діапазон напруг живлення, В	90 – 305
5.	Номінальний споживаний змінний струм, А	0,3
6.	Струм витоку, мА	< 0,75
7.	Рівень пульсацій, не більше, В	0,35
8.	Коефіцієнт корисної дії, не менше, %	84
9.	Напрацювання на відмову, не менше, тис. год.	518,9
10.	Захисні механізми	від перевантаження за струмом та напругою, від перегріву, від к.з.

Наведено технічні характеристики системи енергоживлення самохідного підводного апарата та основних споживачів електроенергії, які входять до його складу.

3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

3.1 Структура та принципи функціонування системи енергоживлення самохідного підводного апарата

Структуру системи енергопостачання макета самохідного підводного апарата зображено на рис. 3.1.

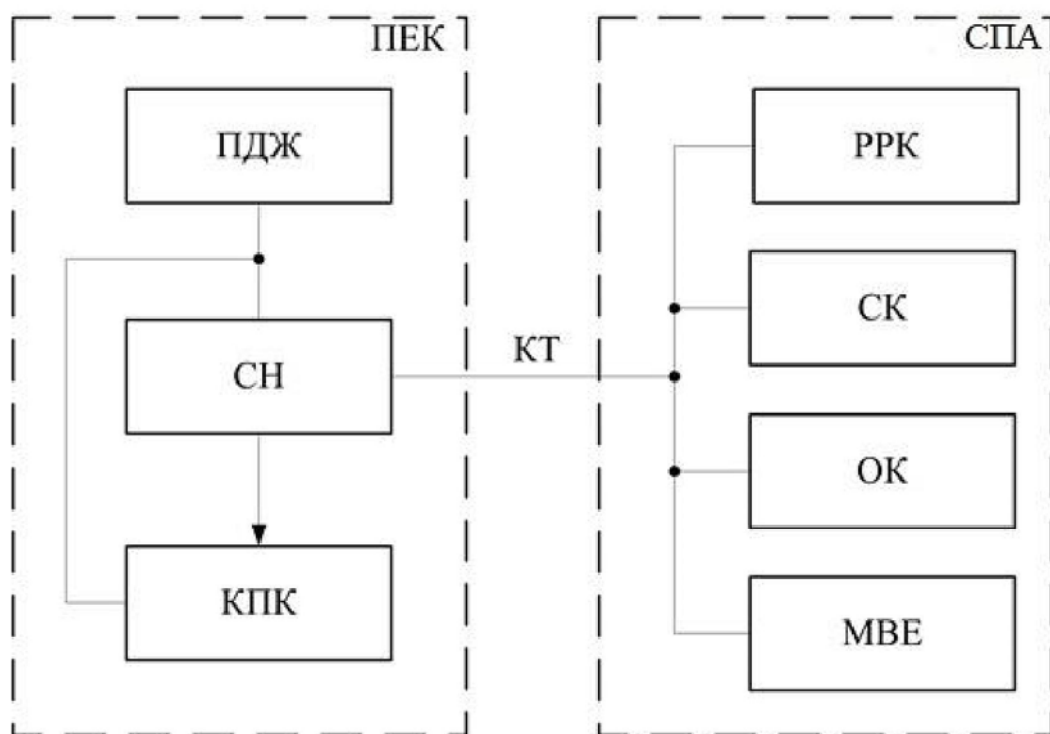


Рисунок 3.1 – Узагальнена структура системи енергоживлення

Змінний струм від первинного джерела живлення (ПДЖ) надходить до стабілізатора напруги (СН). Завданням даного пристрою є стабілізація діючого значення напруги на ходовому кінці кабель-тросу (КТ) в процесі споживання апаратом струму. Варто враховувати, що інформаційний обмін між обладнанням поста керування та СПА здійснюється з використанням технології Powerline, яка в

якості середовища передачі даних використовує силові лінії КТ. Тому нестабільність напруги живлення не повинна перевищувати 10 %.

Зворотні зв'язки від СН надходять до керуючого персонального комп'ютера (КПК), який призначено для моніторингу робочих параметрів системи електроживлення та споживачів СПА. Ланцюги живлення КПК та вихідний ланцюг СН є гальванічно ізольованими для запобігання пошкодження КПК у разі відмови СН.

Електроенергія з СН через КТ надається споживачам СПА, до числа яких входять:

- рушійно-рульовий комплекс (РРК) – 8 електрорушійних пристроїв потужністю 263 Вт кожен з регуляторами частоти;
- система керування (СК) – мікропроцесорна система, яка вирішує задачі визначення навігаційних параметрів СПА та формування сигналів керування виконавчими пристроями;
- освітлювальний комплекс – набір підводних світильників, які забезпечують оптимальну освітленість підводного простору;
- модуль вантажних електромагнітів – модуль, завданням якого є від'єднання, приєднання та перенесення корисного вантажу.

Структуру СН зображено на рис. 3.2.

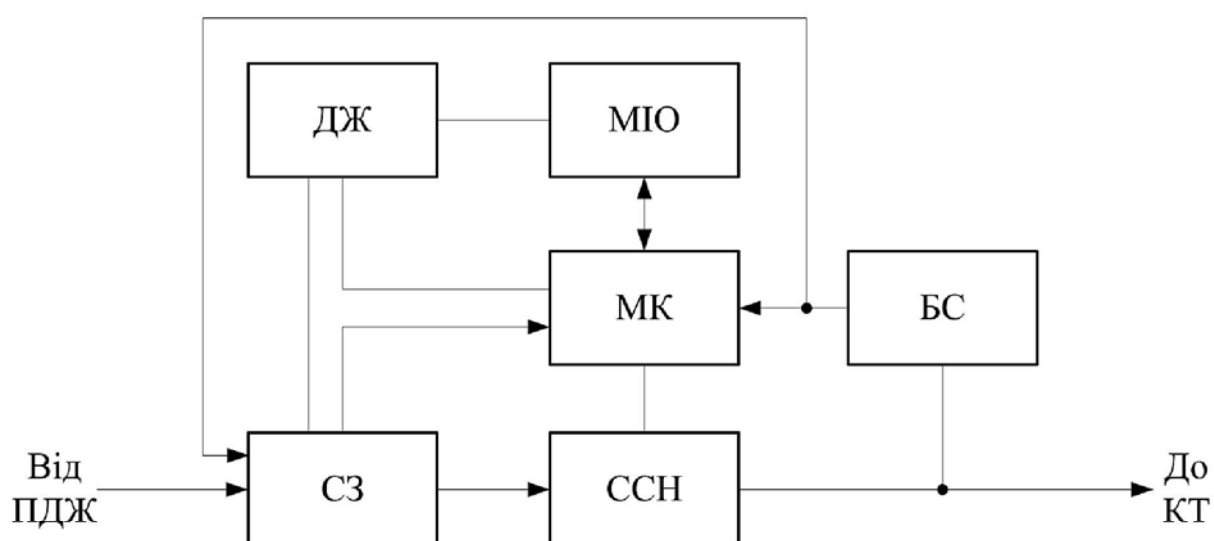


Рисунок 3.2 – Структура стабілізатора напруги

Основним елементом стабілізатора є схема стабілізації напруги (ССН), яка вимірює різницю між дійсною та необхідною напругами живлення та формує сигнал керування, який компенсує цю різницю. Вихідна напруга, споживаний струм, а також температура силових елементів вимірюються блоком сенсорів (БС) та надається мікроконтролерові (МК), завданням якого є перетворення отриманих даних до цифрового вигляду та передавання їх до КПК. Також БС надає інформацію про стан ССН схемі захисту (СЗ), яку призначено для відключення СН від ПДЖ в разі виникнення аварійної ситуації. Сигнал від СЗ також надходить до МК. Зв'язок між МК та КПК реалізовано за допомогою модуля інформаційного обміну, який реалізовано на базі інтерфейсу RS-485. Всі елементи схеми живляться від джерела живлення (ДЖ), яке надає постійний струм.

Для вимірювання вихідної напруги оберемо сенсор ДНХ600 RMS. Зовнішній вигляд сенсора зображено на рис. 3.3, а технічні характеристики наведено в табл. 3.1



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд сенсора напруги

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики сенсора напруги

№ з / п	Найменування характеристики	Значення
1.	Діапазон вимірюваної напруги, В	0-600
2.	Вхідний номінальний струм, мА	10
3.	Робоча температура, °С	-20 ... +70
4.	Основна приведена погрішність, %, не більше	1

5.	Нелінійність вихідної характеристики, %, не більше	0,1
6.	Габарити, мм	74×53×39
7.	Вага, кг	0,1
8.	Живлення, В	15

Вимірювання споживаного струму будемо здійснювати за допомогою сенсора ДТХ-5-30. Зовнішній вигляд сенсора зображено на рис. 3.4, а його технічні характеристики представлено в табл. 3.2.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд сенсора струму

Таблица 3.2 – Технічні характеристики сенсора струму

№ з / п	Найменування характеристики	Значення
1.	Діапазон вимірюваних струмів, А	0-30
2.	Робоча температура, °С	-20 ... +70
3.	Основна приведена погрішність, %, не більше	1
4.	Нелінійність вихідної характеристики, %, не більше	0,1
5.	Габарити, мм	33×33×22
6.	Вага, кг	0,1
7.	Живлення, В	15
8.	Максимальна потужність споживання, Вт	0.6
9.	Вихідний сигнал, В	0-10

Трансформатори серій ТС для використання в пристрої потребують доопрацювання. Для цього їх доведеться розібрати. Спочатку знімається стяжні кріплення. З'єднання первинних двох обмоток слід зберегти, перемалював виводи. Розібрані половинки U-образних сердечників не повинні мінятися місцями, це призведе до гудіння трансформатора після складання. Оскільки торці сердечників при заводській збірці підфарбовують і при розбиранні погано розділяються, можна злегка постукати молотком по торця однієї з половинок. Стара фарба зі стиків зачищається ножом. Вторинні обмотки видаляються. У накальній обмотці (6,3 В) попередньо перераховується кількість витків і, виходячи з цих даних, проводом ПЕЛ 01,78 .. .2 мм намотуються нові обмотки замість вилучених, по витків в три рази більше накальної.

Трансформатор збирається в зворотному порядку (виводи первинної обмотки повинні перебувати з одного боку, як і раніше). Каркаси з обмотками встановлюються на U-образні сердечники, торці половинок сердечників "профарбовуються" навіть загуслою фарбою (крім нітрофарби). Через півгодини в каркаси вставляються верхні половинки, встановлюються і затягуються стягнуті шпильки. Після повного складання первинна обмотка підключається до електромережі (з дотриманням техніки безпеки), вольтметром змінної напруги вимірюється напруга вторинних обмоток (повинно бути в межах 12...18 В в кожній). Сумарна напруга двох послідовно з'єднаних вторинних обмоток – 24...36 В.

Для отримання підвищеної в порівнянні з мережевою вторинної напруги вивід 1 первинної обмотки Т1 з'єднується послідовно з крайнім виводом 7 вторинної обмотки. Напруга між виводом 6 Т1 і вільним кінцем 9 вторинної обмотки має бути вище мережевого на величину сумарної напруги вторинних обмоток. Налагодження схеми полягає в установці меж стабілізації вихідної напруги. З огляду на розкид параметрів потужного польового транзистора його початковий зсув можна підкоригувати підбором опору R5. При верхньому положенні движка R8 струм стоку транзистора повинен бути близько 1,2 А.

3.2 Алгоритмічне забезпечення стабілізатора напруги

Алгоритм функціонування стабілізатора напруги зображено на рис. 3.6.

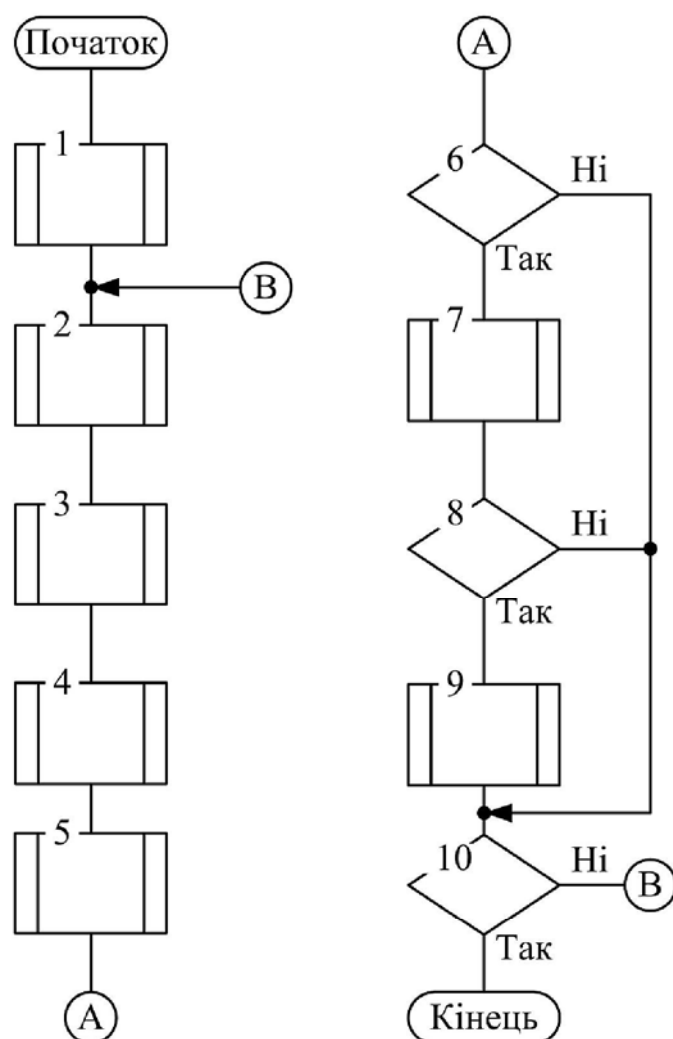


Рисунок 3.6 – Блок-схема алгоритму функціонування стабілізатор напруги

У блок-схемі на рис. 3.2 позначено:

Блок 1 – Init;

Блок 2 – GetCurrent(Current);

Блок 3 – GetVoltage(Voltage);

Блок 4 – GetTemperature(Temperature);

Блок 5 – CheckProtection(ProtectionPins);

Блок 6 – PacketReceived = true;

Блок 7 – `CheckIntegrity(Packet);`

Блок 8 – `Valid = true;`

Блок 9 – `GenerateAndSendFeedback(Current, Voltage, Temperature, Protection);`

Блок 10 – `Exit = true.`

Після подачі живлення СН виконує процедуру ініціалізації (блок 1), завданням якої є підготовка всіх задіяних модулів мікроконтролера до роботи. По закінченні процедури ініціалізації програмне забезпечення СН переходить до виконання основного робочого циклу.

Виконання основного циклу починається з опитування сенсорів та визначення факту наявності аварійної ситуації. Функція `GetCurrent` (блок 2) отримує показання від сенсора струму та зберігає їх до пам'яті. Аналогічним чином виконуються функції `GetVoltage` та `GetTemperature` (блоки 3-4).

Функція `CheckProtection` (блок 5) перевіряє систему на предмет спрацьовування апаратного захисту (за струмом, напругою або температурою) і також зберігає отримані дані до пам'яті.

По завершенні розрахунків перевіряється наявність запиту від системи керування (блок 6). Якщо запит `Packet` отримано (флаг `PacketReceived` встановлено), виконується перевірка його цілісності (блок 7). Якщо цілісність отриманого пакету не порушена (блок 8), стабілізатор напруги з показань `Current`, `Voltage`, `Temperature`, `Protection` формує пакет `Feedback` та надсилає його системі керування у відповідь на отриманий запит (блок 9). Виконання основного циклу продовжується до моменту подачі запиту на припинення роботи (блок 10).

3.3 Протокол обміну даними між системою енергоживлення та керуючим комп'ютером поста енергетики та керування

Інформаційний обмін між системою енергоживлення та системою керування підводним апаратом організовано на базі архітектури «ведучий –

підпорядкований». В якості ведучого пристрою виступає система керування апаратом, в якості підпорядкованого – стабілізатор напруги. Для отримання навігаційних даних ведучий має надіслати підпорядкованому запит. У відповідь на запит, у разі коли його цілісність не порушено, підпорядкований пристрій надсилає ведучому пакет з навігаційними даними. Узагальнений формат пакета (як запиту так і відповіді) зображено на рис. 3.7.

Розмір поля, байт	1	1	*	2
Назва поля	ADDR	COMMAND	DATA	CRC

*) розмір поля залежить від коду команди

Рисунок 3.7 – Узагальнений формат пакета

Поле ADDR представляє адресу підпорядкованого пристрою, яка записана в енергонезалежній пам'яті СН. Дана адреса може бути змінена користувачем. Значення даного поля за замовчуванням дорівнює «1». Якщо фактична адреса підлеглого не співпадає зі значенням поля ADDR в пакеті, відповідний пакет буде проігноровано.

Поле COMMAND містить код команди, яку має виконати підпорядкований пристрій перед надсиланням пакету з відповіддю. Стабілізатором напруги підтримуються наступні коди команд:

- 1 – ідентифікація пристрою;
- 2 – зміна адреси пристрою;
- 3 – читання телеметричної інформації.

Поле DATA містить додаткові дані, які необхідні підпорядкованому для правильного виконання команди. Для запиту з командою 0 дане поле складається з одного зарезервованого байта. Значення даного байта бажано скидати до 0.

Для запиту на зміну пристроєм власної адреси поле DATA містить 1 байт, значення якого означає нову адресу пристрою. Значення адреси повинно знаходитись в діапазоні (0;255).

Поле CRC використовується для контролю цілісності даних, що передаються. Дане поле розраховується для всього повідомлення за алгоритмом CRC-16. Якщо результатом розрахунків є 0, пакет вважається цілісним, а стабілізатор напруги приступає до його обробки. В іншому випадку пакет вважається недійсним.

У відповіді на команду з кодом 1 поле даних містить наступний рядок:

“Type=Energy&Vendor=ML_DELTA&HW_VER=1.0&SW_VER=1.0”.

Відповідь на команду з кодом 2 повторює пакет запиту.

Поле даних відповіді на команду з кодом 3 має формат, який наведено на рис. 3.8.

Status	Temperature	Voltage	Current
--------	-------------	---------	---------

Рисунок 3.8 – Формат поля DATA у відповіді на запит з кодом 3

Поля пакету на рис. 3.8 мають наступні значення:

Current – дійсне значення споживаного струму, mA;

Voltage – дійсне значення напруги живлення, V;

Temperature – температура силового транзистора, °C;

Status – код поточного стану. Може мати наступні значення:

0 – стабілізатор функціонує нормально;

1 – спрацював захист від короткого замикання;

2 – спрацював захист від підвищеної вихідної напруги;

3 – спрацював захист від перегрівання силового транзистора.

Представлено структуру системи енергоживлення самохідного підводного апарата. Розроблено алгоритмічне забезпечення навігаційного модуля та протокол інформаційного обміну з системою керування підводним апаратом.

4 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

4.1 Оцінка потужності, яка споживається апаратом в різних режимах роботи

Робота СПА може виконуватися у наступних трьох основних режимах [3]:

1. режим маневрування;
2. режим занурення;
3. режим маневрування на течії.

Описати режими, при яких розраховується потужність, чисельні значення – посилалися на емпіричні дані, зняті в лабораторних умовах.

Максимальна сумарна потужність споживання СПА розраховується за формулою:

$$P_{\text{ПАС}} = P_{\text{ЕРКС}} + P_{\text{ВКС}} + P_{\text{ССЕΣ}}.$$

Для обчислення максимальної сумарної потужності спершу визначимо її складові: сумарну потужність електрорушійного комплексу ($P_{\text{ЕРКС}}$), сумарну потужність відеокomплексу ($P_{\text{ВКС}}$) та сумарну потужність слабострумної електроніки ($P_{\text{ССЕΣ}}$). Дані, необхідні для розрахунку представлені в табл. 4.1-4.3.

Таблиця 4.1 – Розрахунок потужності електрорушійного комплексу

Споживач	$U_{\text{ЕД}}$, В	$I_{\text{ЕД}}$, А	$P_{\text{ЕД}}$, Вт	$P_{\text{ПЧ}}$, Вт	P_{Σ} , Вт
Лівий носовий рушій	220	1,1	265	30	1180
Правий носовий рушій	220	1,1	265	30	
Лівий кормовий рушій	220	1,1	265	30	
Правий кормовий рушій	220	1,1	265	30	

Споживач	$U_{\text{ед}}, \text{В}$	$I_{\text{ед}}, \text{А}$	$P_{\text{ед}}, \text{Вт}$	$P_{\text{пч}}, \text{Вт}$	$P_{\Sigma}, \text{Вт}$
Носовий вертикальний рушій	220	1,1	265	30	1180
Кормовий вертикальний рушій	220	1,1	265	30	
Лівий вертикальний рушій	220	1,1	265	30	
Правий вертикальний рушій	220	1,1	265	30	

Таблиця 4.2 – Розрахунок потужності відеокomплексу

Споживач	Кількість, од.	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$P_{\text{од}}, \text{Вт}$	$P_{\Sigma}, \text{Вт}$	$P_{\text{вкс}}, \text{Вт}$
Драйвер світлодіода	2	230	0,3	45	90	150
Комутатор	1	48	1,25	60	60	

Таблиця 4.3 – Розрахунок потужності слабострумної електроніки

Споживач	Кількість, од.	$P_{\text{с}}, \text{Вт}$	$P_{\text{ссес}}, \text{Вт}$
Плата керування світлодіодами	1	10	25
Навігаційна плата	1	5	
Керуюча плата Cerebot	1	5	
Powerline адаптер TP-Link	1	5	

Підставляємо чисельні значення і отримуємо сумарну споживану потужність СПА.

$$P_{\text{шпаса}} = 2 \cdot 1180 + 150 + 25 = 2535 \text{ Вт.}$$

В режимі маневрування ППА на малій течії, коли увімкнено повне освітлення, ЕРК працює в середньому на 40% відсотків споживаної потужності:

$$P_{\text{ППА}\Sigma} = 0,4 \cdot 2 \cdot 1180 + 150 + 25 = 1119 \text{ Вт.}$$

В режимі маневрування з половинним освітленням:

$$P_{\text{М2_ППА}\Sigma} = 0,4 \cdot 2 \cdot 1180 + 75 + 25 = 1044 \text{ Вт.}$$

В режимі маневрування за відсутності освітлення:

$$P_{\text{М3_ППА}\Sigma} = 0,4 \cdot 2 \cdot 1180 + 25 = 969 \text{ Вт.}$$

У режимі занурення вертикальні рушії апарата працюють на повну, а маршові рушії споживають лише чверть від повної своєї споживаної потужності. При режимі занурення при повному освітленні потужність складатиме:

$$P_{\text{З1_ППА}\Sigma} = 1,25 \cdot 1180 + 150 + 25 = 1650 \text{ Вт.}$$

В режимі занурення з половинним освітленням:

$$P_{\text{З2_ПА}\Sigma} = 1,25 \cdot 1180 + 75 + 25 = 1575 \text{ Вт.}$$

В режимі занурення за відсутності освітлення:

$$P_{\text{З3_ППА}\Sigma} = 1,25 \cdot 1180 + 25 = 1500 \text{ Вт.}$$

Режим руху на течії характеризується роботою маршових рушіїв на повну потужність, а вертикальних – на 50%. В режимі руху на течії при повному освітленні потужність становитиме:

$$P_{T1_ПП\Lambda} = 1,25 \cdot 1180 + 150 + 25 = 1650 \text{ Вт.}$$

В режимі руху на течії з половинним освітленням:

$$P_{T2_П\Lambda} = 1,25 \cdot 1180 + 75 + 25 = 1575 \text{ Вт.}$$

В режимі руху на течії за відсутності освітлення:

$$P_{T3_П\Lambda} = 1,25 \cdot 1180 + 25 = 1500 \text{ Вт.}$$

З оглянутих режимів обираємо найбільший за споживаною потужністю. Таким режимом є рух на течії з повним освітленням. При цьому наведений параметр дорівнює 1650 Вт.

4.2 Розрахунок електричних параметрів кабель-троса

СПА отримує електроживлення від поста енергетики та керування за допомогою КТ. Від вибору конфігурації кабелю залежать експлуатаційні параметри СПА [4,5] – чим більша потужність передається до СПА, тим більші упори може розвивати його ЕРК і робоча зона ПА стає більшою, але тим більшим стає діаметр КТ і робоча зона СПА зменшується.

Діаметр КТ визначається кількістю та діаметром силових та інформаційних жил в ньому, а також їх компоновкою. Вантажний самохідний підводний носій побудовано таким чином, що в ролі інформаційного каналу в КТ можна застосовувати оптичне волокно, а в ролі силових жил – два мідних провідника в ізоляції для забезпечення живлення змінним струмом (220 В) або постійним струмом (310 В).

Розглядається робота споживачів у найбільш важкому випадку, коли споживана потужність є найбільшою.

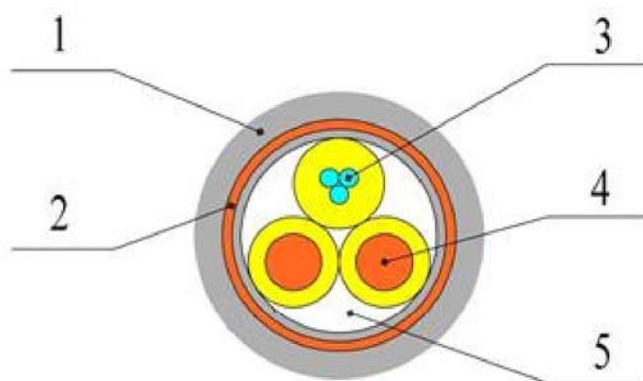
Таким випадком будемо вважати режим роботи ПА проекту «СПА», коли відбувається маневрування на течії, тобто рух вперед з одночасним зануренням, який відбувається проти течії та при цьому ввімкнено всі елементи ВК.

Також необхідно враховувати падіння напруги в КТ.

Для розрахунку діаметру КТ задаємося наступними параметрами:

1. $L_{КТ} = 200$ м – довжина КТ
2. $U_{П} = 290$ В – постійна напруга електроживлення ППА (на ходовому кінці КТ з врахуванням падіння напруги в силових жилах)
3. $P = 1650$ Вт – споживана потужність при найбільш важкому режимі роботи (на течії з повним освітленням)
4. $K_p = 0,1$ – відносне значення потужності, яке розсіюється в КТ
5. $R_0 = 0,0175$ Ом·мм²/м – питомий опір мідного провідника

При живленні ПА з суднового джерела енергії КТ має містити силові жили, а також оптоволоконний елемент для забезпечення інформаційного обміну, вантажонесучий елемент для забезпечення роботи ППА в умовах течії та захисну оболонку, яка в тому числі забезпечує його необхідну плавучість. Конструкція такого кабелю представлена на рис. 4.1.



- 1) – зовнішня плавуча оболонка кабель-троса, 2) – вантажонесучий елемент, 3) – оптоволоконна компонента, 4) – силова жила,
5) – гідрофобний наповнювач

Рисунок 4.1 – Конструкція кабель-троса

Розраховуємо допустимі втрати потужності в кабелі:

$$P_{\text{КТ}_P} = P \cdot K_P = 165 \text{ Вт.}$$

Вважаємо, що апарат живиться по двом силовим мідним жилам – загальна довжина мідного провідника складатиме подвійну довжину КТ $L = 400 \text{ м.}$

Струм, що проходить через КТ визначається формулою:

$$I = P / U_{\Pi} = 5,69 \text{ А.}$$

Для розрахунку перерізу мідної жили визначимо спочатку падіння напруги у кабелі:

$$U_{\text{КТ}} = P_{\text{КТ}_P} / I = 29 \text{ В.}$$

Виходячи з даних попередньої формули, опір КТ складатиме:

$$R_{\text{КТ}} = U_{\text{КТ}} / I = 5,1 \text{ Ом.}$$

Використовуючи питомий опір міді визначаємося з перерізом силової жили:

$$s = R_0 \cdot L / R_{\text{КТ}} = 0,75 \text{ мм}^2.$$

4.3 Розрахунок елементів принципової схеми стабілізатора напруги

Принципову схему стабілізатора напруги зображено на рис. 4.2.

Стабілізатор напруги виконано на базі мікроконтролера *DD1* моделі PIC24FJ64GB202 виробництва компанії Microchip.

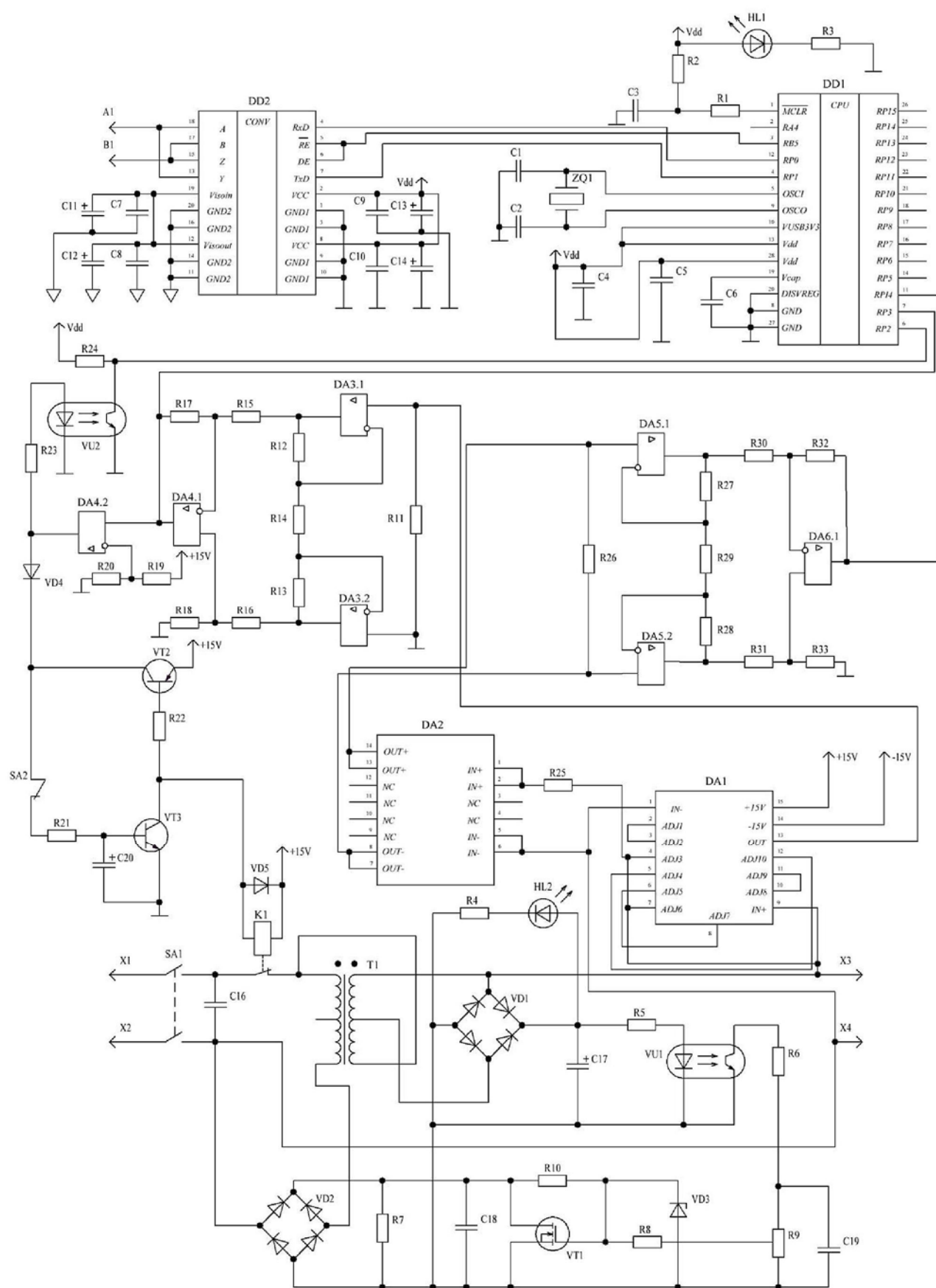


Рисунок 4.2 – Принципова електрична схема стабілізатора напруги

Використаємо схему тактового генератора на базі кварцового резонатора ZQ1 моделі КХ-3Н фірми Geyer з частотою коливань $ZQ1 = 8$ МГц., номінальна ємність навантаження якого складає 16 пФ. В схемі на рис. 4.1 в якості ємності навантаження використовуються конденсатори $C1$ та $C2$. В даному випадку ємність навантаження C_H можна визначити за виразом:

$$\frac{1}{C_H} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}.$$

З (4.1) отримаємо вираз для розрахунку $C2$ при відомій ємності $C1$:

$$C2 = \frac{C1 \cdot C_H}{C1 - C_H}.$$

Приймемо $C1 = 33$ пФ, тоді з (4.2) маємо:

$$C2 = \frac{33 \cdot 16}{33 - 16} \approx 31 \text{ пФ}.$$

За номінальним рядом Е6 оберемо:

$$C1 = C2 = 33 \text{ пФ}.$$

Резистори $R1$ та $R2$ призначені для обмеження струму, який подається на вхід скидання МК (MCLR). Номінали резисторів оберемо за рекомендаціями виробника контролера:

$$R1 = 330 \text{ Ом}; R2 = 10 \text{ кОм}.$$

Індикатор $HL1$ призначений для індикації поточного стану МК. В нормальному режимі роботи $HL1$ мерехтить з періодом 1 с. Індикатор $HL2$ сигналізує про наявність помилки, яка може виникнути в процесі обміну даними з системою керування ПА. Даний індикатор ввімкнено коли визначено помилку та вимкнено коли помилка відсутня. В якості $HL1$ обрано світлодіод КР-1608MGS зеленого кольору. Даний світлодіод розраховано на роботу з номінальним струмом $I_{HL} = 20$ мА. Тому в колі даного діоду встановлено обмежувальний резистор $R3$. Струм I_{HL} , що протікає через діод підпорядковується законові Ома та може бути розрахований з залежності:

$$I_{HL} = \frac{U_{жив.} - U_{HL}}{R_{обм}},$$

де $U_{жив.}$ – напруга живлення МК, В;

U_{HL} – пряме падіння напруги на світлодіоді, В;

$R_{обм.}$ – опір резистора, який обмежує струм в ланцюзі індикатора, Ом.

Виразимо опір $R_{обм.}$:

$$R_{обм} = \frac{U_{жив.} - U_{HL}}{I_{HL}}.$$

Для обраних світлодіодів пряме падіння напруги приймає значення $U_{HL} = 2.1$ В при прямому струмові $I_{HL} = 0.02$ А. Тоді

$$R_{обм} = \frac{3.3 - 2.1}{0.02} = 60 \text{ Ом.}$$

З номінального ряду Е6 оберемо:

$$R3 = 67 \text{ Ом.}$$

Конденсатори $C3...C6$ виконують роль фільтрів високочастотних завад, які можуть виникати як у внутрішніх структурах МК так і в інших елементах пристрою. Номінали даних елементів оберемо за рекомендацією виробника МК:

$$C3...C5 = 100 \text{ нФ;}$$

$$C6 = 10 \text{ мкФ.}$$

Інтерфейс інформаційного обміну між КПК та стабілізатором напруги організовано на базі шини RS-485. Однак, контролер з даним інтерфейсом є апаратно не сумісним. Для спряження ІО контролера з шиною RS-485 перетворювач інтерфейсів на базі мікросхеми $DD2$ моделі ADM2587E виробництва фірми Analog Devices. Дана мікросхема забезпечує перетворення сигналів між UART сумісними та сумісними зі специфікаціями RS-485 та RS-422, забезпечуючи швидкості обміну даними до 230,4 кбод/с та гальванічну ізоляцію шин обміну даними від кіл мікроконтролера.

Конденсатори $C7...C14$ також використовуються як фільтри високочастотних завад. Номінали даних елементів оберемо за рекомендацією виробника мікросхеми ADM2587E:

$$C7...C10 = 100 \text{ нФ;}$$

$$C11...C14 = 10 \text{ мкФ.}$$

Тепер розрахуємо елементи схем стабілізації напруги. Оберемо діодні мости: міст VD1 використовується в ланцюзі вимірювання похибки за напругою.

Дана похибка матиме значення:

$$\Delta U = R_{KT} \cdot I = 5,1 \cdot 5,69 = 29 \text{ В.}$$

Отже, діоди мосту мають витримувати зворотну напругу $U_{VD1R} = 2 \cdot \Delta U = 58 \text{ В}$. Оберемо міст моделі RL102. Фільтр на базі ємності C17 розраховується відносно навантаження випрямляча, яким є резистор R5. В якості розв'язувального оптрону оберемо АОТ110А. Номінальний струм відкривання даного пристрою становить 10 мА, отже маємо:

$$R5 = \frac{\Delta U - U_{VU1}}{I_{VU1}} = \frac{29 - 2}{0,01} = 2,7 \text{ кОм,}$$

де U_{VU1} – пряме падіння напруги на випромінювачі оптрону, В;

I_{VU1} – прямий струм, який проходить через випромінювач оптрону, А.

Ємність конденсатора C17 визначається виразом:

$$X_{C17} = \frac{1}{2\pi f C17} \ll R5,$$

де f – частота коливань мережевої напруги, Гц.

Прийmemo $X_{C17} = 0,1 \cdot R5$, тоді

$$C17 = \frac{1}{2\pi f R5 \cdot 0,1} = 11,8 \text{ мкФ} \approx 10 \text{ мкФ.}$$

Діодний міст VD2 включений до первинної обмотки трансформатора, а, отже, має витримувати $U_{VD2R} = 2 \cdot U_m = 2 \cdot 220 \cdot \sqrt{2} = 620 \text{ В}$. Оберемо

$$VD2 = RS805.$$

Транзистор $VT1$ має задовольняти наступним вимогам:

$$U_{CBVT1} \geq U_{VD2DR};$$

$$I_{VT1} \geq I,$$

де U_{CBVT1} – максимально допустима напруга стік-витік, В;

I_{VT1} – максимально допустимий струм, який може пройти каналом транзистора.

Виходячи з вимог, які описано вище, оберемо $VT1 = \text{IRF840}$.

Коли перехід транзистора $VT1$ ємність $C18$ має бути розряджена. Тому паралельно $C18$ включено резистор $R7$. Задамося струмом розрядження $I_p = 10 \text{ мА}$, тоді маємо:

$$R7 = \frac{U_m}{I_p} = 31 \text{ кОм.}$$

Оберемо $R7 = 33 \text{ кОм}$. Тоді маємо

$$C18 = \frac{1}{2\pi f R7 \cdot 0,1} \approx 10 \text{ мкФ.}$$

Виконано розрахунок режимів роботи системи електроживлення самохідного підводного апарата. Визначено, що найтяжчим є режим маневрування на течії. Енергоспоживання в цьому режимі склало 1650 Вт.

Розроблено принципову схему стабілізатора напруги живлення вантажного самохідного підводного носія. Стабілізація можлива для діапазону вхідних напруг 150...240 В з точністю до 10 %.

Також виконано розрахунок опору кабель-тросу, який склав 5,1 Ом.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Розглянемо деякі поняття охорони праці в галузі.

Виробнича санітарія – система організаційних і технічних заходів і засобів, які виключають або зменшують вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів.

Техніка безпеки – система організаційних і технічних заходів і засобів, які виключають вплив на працюючих небезпечних виробничих факторів.

Безпека праці – це стан умов праці, при якому виключається вплив на працюючих шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Умови праці – сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини в процесі трудової діяльності.

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі або при її виникненні забезпечуються умови для її локалізації, ліквідації, захисту людей і матеріальних цінностей.

Роботодавець – власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник – особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності працівника.

Закон про охорону праці визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі

праці, регулює при участі відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи або організації чи уповноваженим ним органом і працівником по питанням безпеки, гігієни праці і виробничого середовища та встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Згідно закону України про охорону праці державне управління охороною праці здійснюють такі установи:

- 1) Кабінет міністрів України;
- 2) Державний департамент промислової безпеки охорони праці та гірничого нагляду Міністерства з питань надзвичайних ситуацій України;
- 3) Міністерство та інші центральні органи державної виконавчої влади;
- 4) Місцеві державні адміністрації і ради народних депутатів.

Зважаючи на те, що здоров'я людини за Конституцією України є найціннішим надбанням держави можна зробити спостереження, яке стверджує наявність пріоритету охорони праці в галузі в утворенні законодавчих актів. Таким чином, забезпечується повний правовий захист працівника і регулювання його взаємовідносин з роботодавцем у вирішенні суперечливих питань.

Дотримання умов техніки безпеки, пожежобезпеки і санітарних правил є найважливішими вимогами по запобіганню виникнення травматизму, профзахворювань і збереження здоров'я і працездатності людини в процесі роботи на суднах.

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які впливають на людину при роботі з підводним апаратом

Судно-носій є складною інженерною технічною спорудою з великою кількістю технічного обладнання, яке виконує свої функції, діючи на оточуючих. У зв'язку з технічним удосконаленням судів поступово змінюється характер праці робітників. У нових умовах для виконання тих же завдань екіпаж докладає менше фізичних зусиль, оскільки найбільш важкі і трудомісткі роботи і процеси

обслуговування здійснюють механізми та системи автоматики. Від екіпажу вимагається хороша теоретична та практична підготовка, знання обладнання, правил його технічної експлуатації та інструкцій з обслуговування та безпечного виконання робіт, високої розумової напруженості, а отже, й організованості.

Виходячи з наведеного, кожен робітник на своєму робочому місці витримує певний вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Наведемо визначення цих факторів.

Приведемо небезпечні і шкідливі фактори, які мають відношення до робітників, що знаходяться на відкритій палубі СН під час виконання своїх обов'язків при спуско-підйомних операціях і розглянемо наслідки їх впливу на здоров'я працюючих:

1) слизька поверхня відкритої палуби судна, де безпосередньо відбувається робочий процес впливає на рівновагу робітника, що обмежує його здатність виконувати свої функції. А у разі втрати рівноваги працівник може отримати ушкодження частин тіла;

2) вплив гідрометеорологічних явищ таких як: злива, туман, шторм, гроза, смерч та інше;

3) руйнування кріплення деталей, блоків, механізмів, які перебувають під навантаженням;

4) імовірність падіння з висоти, у трюм, змиву за борт;

5) підвищена напруга в електричній мережі з можливістю ураження електричним струмом;

6) підвищена вологість і циркуляція повітря;

7) гострі задирки й шорсткість на поверхні обладнання та інструментів;

8) відсутність або недостатнє природне освітлення;

9) при відсутності лебідки для кабель-тросу судовий персонал вибирає і випускає його вручну. При довготривалому перебігу такого виду роботи у працівника виникають дискомфортні відчуття, пов'язані з онімінням пальців рук, судорогами м'язів кінцівок, незручним положенням тіла;

10) навколо СН постійно знаходиться відкрите водне середовище, що не виключає можливість потоплення плавзасобу та утоплення людей, якщо останні опиняться за бортом внаслідок недотримання правил техніки безпеки;

11) людина, що перебуває на відкритій палубі постійно витримує вплив хитавиці СН, працівник повинен враховувати рух тіла за інерцією при виконанні службових обов'язків і розташовуватися якомога ближче до пристосувань, за які можна зачепитися при різкому зміні просторового стану судна;

12) підвищена або понижена температура поверхні суднових конструкцій;

13) підвищена запиленість і загазованість робочої зони на палубах суден та робочих місцях

Вплив описаних небезпечних та шкідливих факторів знаходження на відкритій палубі СН під час проведення наведених вище робіт усувається чи зводиться до мінімуму тільки чітким дотриманням правил техніки безпеки.

5.2 Заходи техніки безпеки при роботі з самохідним підводним апаратом на відкритій палубі під час спуско-підйомних операцій

Проведення будь-яких технічних робіт на відкритій палубі СН завжди пов'язано з певною небезпекою для здоров'я і життя людини. Це пояснюється тим, що СН майже завжди перебуває у стані хитавиці і витримує крен та диферент. Людський фактор в цих умовах відіграє важливу роль, тому при допущенні персоналу судна чи обслуговуючого персоналу підводного апарата до проведення робіт на відкритій палубі дотримуються певних правил техніки безпеки, які є обов'язковими для всього персоналу.

Правила техніки безпеки при роботі на відкритій палубі мають:

1) перед початком робіт з ПА на відкритій палубі кожен працівник, який має відношення до цих робіт повинен отримати відповідний допуск;

2) всі працівники, які працюють на відкритій палубі повинні вдягати засоби для порятунку (рятувальні жилети, рятувальні пояси);

- 3) до початку проведення наведених робіт на відкритій палубі має бути призначена людина, що буде відповідальна за їх виконання і дотримання безпеки;
- 4) відповідальна людина повинна пересвідчитися, що на відкритій палубі укомплектовані засоби порятунку у випадку непередбачуваних подій (рятувальні круги, рятувальний кінець, канатна дробина, багор);
- 5) всі дії осіб, які приймають участь в операціях спуску та підйому ПА повинні здійснюватися за командою керівника спуско-підйомних робіт;
- 6) спуск та підйом ПА допускається тільки з використанням штатних засобів ПАР і судна забезпечення;
- 7) на підготовленому до спуску чи підйому ПА всі рухомі та відкидні пристрої повинні бути завалені та закріплені, рухомі механізми і гребні гвинти зупинені, вразливі частини корпусу та обладнання захищені;
- 8) під час спуску та підйому ПА СН повинно своїми маневрами найкращим чином забезпечувати захист ПА від дії хвиль, вітру, власної хитавиці і уникати навалів на апарат;
- 9) СН, що виконує операції спуску та підйому ПА при стоянці на якорі, повинно знаходитися у стані негайної готовності зняття з якоря;
- 10) при виникненні під час спуску ушкоджень корпусу ПА, ілюмінаторів, рулів, гвинтів і других технічних засобів, що мають вплив на безпеку плавання ПАР, спуск апарату повинен бути припинений;
- 11) при операціях спуску та підйому ПА учасникам робіт забороняється знаходитися на ПА, під ПА та в зоні його руху, а також перешкоджати вручну розкачуванню ПА після взяття його у захвати спуско-підйомного пристрою;
- 12) вирізи, люки, горловини, які знаходяться на відкритій палубі повинні бути закриті або мати огороження у випадку необхідності утримання їх з відкритим верхом;
- 13) будь-який працівник, що перебуває на відкритій палубі судна-носія, у разі виявлення небезпеки, що загрожує судну, людям, вантажам і технічним засобам, зобов'язаний негайно доповісти про це командирі підводних робіт чи

капітану судна;

14) при стоянці СН біля причальної стінки не дозволяється сходити з нього та входити на нього по трапах і сходнях до їх закріплення, ставати на фальшборт, причальні бруси, кранці, кнехти, а також входити або сходити з борта судна, минаючи трап або сходні, коли відбувається підйом чи спуск ПА;

15) категорично забороняється вживати на відкритій палубі СН алкогольні напої і наркотичні речовини, а тим паче приходити і знаходитися в наведеному місці у стані алкогольного та наркотичного сп'яніння. Це положення стосується і інших приміщень СН;

16) при виконанні операцій з ПА члени екіпажу не мають права палити, так як це відволікає від роботи і може призвести до виникнення пожежі, тому що у складі ПА використовується рідкий вогнебезпечний діелектрик;

17) під час проведення операцій спуску та підйому ПАР на відкритій палубі не повинно знаходитися зайвих речей та предметів.

Таким чином, можна звернути увагу на те, що правила техніки безпеки повинні вивчатися кожним працівником у повному обсязі. Це необхідно для того, щоб звести до мінімуму вплив на людину небезпечних і шкідливих факторів, котрі в свою чергу можуть призвести до тяжкого ураження навіть з летальним результатом або погіршити здоров'я з втратою працездатності на певний час.

Найбільшою проблемою з дотриманням техніки безпеки є нехтування її правилами особами, які мають великий досвід роботи чи навпаки такого не мають. Такий підхід призводить до великих неприємностей і внаслідок серйозних порушень правил техніки безпеки вимушує постійно слідкувати за їх дотриманням та створювати спеціальні комісії по розслідуванню нещасних випадків. Така ситуація на робочому місці відволікає працівників від виконання своїх прямих функціональних обов'язків в зв'язку з прийманням участі в цих комісіях.

Потрібно, щоб кожен працівник розумів, що правила техніки безпеки створювалися не одразу і за кожним новим створеним правилом стоїть

конкретний нещасний випадок або навіть втрата робочого персоналу внаслідок смерті працівника.

Можна зробити висновок, що усвідомлення життя і здоров'я людини як найціннішого об'єкту при протіканні робочого процесу дозволить працівникам більш уважніше ставитися до правил техніки безпеки та систематично вдосконалювати свої знання з цього питання.

Виконано огляд шкідливих факторів, що впливають на здоров'я і безпеку життєдіяльності людини при виконанні спуско-підйомних операцій підводного апарата на відкритій палубі судна-носія. За результатами огляду сформовано перелік правил техніки безпеки, яких має дотримуватись працівник при роботі з підводним апаратом

ВИСНОВКИ

Виконано опис призначення самохідного підводного апарата, проаналізовано склад його електричного обладнання та виконано огляд схемо технічних рішень щодо стабілізації напруги живлення електричних пристроїв.

Розроблено структуру системи енергоживлення самохідного підводного апарата та принципову схему стабілізатора напруги живлення. Система забезпечує стабілізоване живлення підводного апарата напругою 220 В з точністю до 10 %. Особливістю системи є можливість моніторингу технологічних параметрів енергоспоживання та реалізація захистів від перевантажень та короткого замикання. Зв'язок між системою електроживлення та керуючим персональним комп'ютером реалізовано на базі цифрового інтерфейсу RS-485.

Розроблено алгоритмічне забезпечення для навігаційної системи та протокол обміну даними між стабілізатором напруги та керуючим персональним комп'ютером.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Блінцов, В.С. Підводна роботизована технологія установки корисного вантажу на морське дно [Текст] / В.С. Блінцов, А.М. Войтасик // Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія. – 2016. – № 4. – С.50-59.
2. Блінцов, О.В. Синтез залежності між силою гідродинамічного опору та діаметром кабель-троса підводного апарата-робота [Текст] / Киризюк О.М. // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009. – №6 (429). – С. 55-61.
3. Блінцов, О.В. Методика визначення проектних параметрів самохідної прив'язної підводної системи для режиму усталеного руху [Електронний ресурс] / Киризюк О.М. // Електронне видання «Вісник НУК». – Миколаїв: НУК, 2010. – №3. Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua/ru/publication?publicationId=7380>
4. Schubert E. Fred. Light-Emitting Diodes. – Cambridge University Press. – 2006.
5. Winder S. Power Supplies for LED Driving. – Newnes. – 2008. – 237 p.
6. Mellinger E. Power System for New MBARI ROV: [Електронний ресурс]. – Режим доступу до стор.: <http://www.mbari.org/staff/meed/powerpaper/pwrpaper.htm>. – Назва з екрана.
7. Блінцов В.С., Магула В.Е. Проектування самохідних прив'язних підводних систем. – Київ: Наукова думка, 1997. - 140с.