ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ,
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ КОНТРОЛЬНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ГАЗОВИДОБУВНОЇ СТАНЦІЇ

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Здобувач:
Даніїл СТЕЦЕНКО
гр. АЕК 2022-1

Керівник:
Олександр ПЕТРЕНКО
проф., д.т.н.

Харків
2026

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра *електричного транспорту*
Освітньо-кваліфікаційний рівень *бакалавр*
Спеціальність 141 – *Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*
Освітньо-професійна програма Автоматизовані електротехнічні комплекси нафтогазової галузі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕТ
Микола ХВОРОСТ
17 червня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Стеценко Данііл Олександрович

1. **Тема бакалаврської роботи**: «Розробка системи дистанційного керування асинхронним електроприводом контрольно-керуючих систем газовидобувної станції»

керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи **Петренко О.М., д.т.н., проф.**

затверджені наказом університету № 440-03 від 22.05.2026 р.

2. Строк подання студентом роботи 16.06. 2026 р.

3. Вихідні дані для бакалаврської кваліфікаційної роботи: Матеріали переддипломної практики, статистичні дані, літературні джерела по експлуатації, ремонту та обслуговуванню електротехнічного обладнання.

4. Зміст пояснювальної записки

4.1. Історія газовидобутку України

4.2. Розробка принципової схеми дистанційного керування електроприводом.

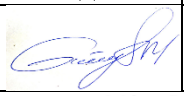
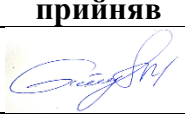
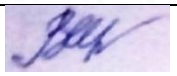
4.3. Розробка програмного забезпечення схеми дистанційного керування електроприводом

4.4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу

Слайди презентації. Аналіз системи видобутку газу, схеми електроприводу, принципові схеми дистанційного керування електроприводом, елементи програми.

6. Консультанти розділів бакалаврської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спецчастина	Петренко О.М., проф.		
Нормоконтроль	Шавкун В. М., доц.		
Антіплагіат	Левченко В. В., інж		

7. Дата видачи завдання 06.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання	Примітка
1.	*Стан питання*	01.05.2026 р.	
2.	*Технічна частина*	10.05.2026 р.	
3	*Розрахункова частина*	20.05.2026 р.	
4.	*Охорона праці*	28.05.2026 р.	
5.	*Оформлення пояснювальної записки*	05.06.2026 р.	
6.	*Оформлення презентації*	12.06.2026 р.	

ЗДОБУВАЧ Даніїл СТЕЦЕНКО

КЕРІВНИК Олександр ПЕТРЕНКО

РЕФЕРАТ

В бакалаврській роботі на тему «Розробка системи дистанційного керування асинхронним електроприводом контрольно-керуючих систем газовидобувної станції» було розглянуто В бакалаврський кваліфікаційній роботі «Розробка системи дистанційного керування асинхронним електроприводом контрольно-керуючих систем газовидобувної станції» було проведено аналіз існуючих систем керування асинхронними електродвигунами, а також вивчено мережі, що використовуються в промисловості. У роботі враховано переваги досліджених систем, розглянуто їхні особливості та виявлено недоліки.

Перший розділ роботи присвячений огляду історії розвитку газовидобутку України, проведено огляд особливостей роботи асинхронного приводу.

У другому розділі здійснено розробку принципової електричної схеми, яка включає систему керування, датчик струму, а також ланцюги живлення і управління.

У третьому розділі обрано програмне забезпечення й середовище розробки, зокрема реалізовано програмну частину.

В роботі розглянуто питання Охорони праці на підприємствах компанії Нафтогаз.

Бакалаврська робота містить:

- *рисунків* - *18;*
- *листів пояснювальної записки* - *63;*
- *таблиць* - *4.*

ЗМІСТ

Вступ 6
1. Історія газовидобутку України 8
1.1 Розвиток нафтогазової промисловості……..8
1.2 Особливості роботи асинхронного електроприводу……13
2. Розробка електричної принципової схеми дистанційного керування електроприводом …… …18
2.1. Розробка структури системи управління..... …18
2.2 Датчик струму 19
2.3 Ланцюг живлення. 23
2.4 Ланцюг управління..... 24
3. Розробка програмного забезпечення схеми дистанційного керування електроприводом ……..33
3.1. Вибір середовища розробки..... 33
3.2 Налаштування підключення системи до WiFi мережі..... 33
3.3. Робота з веб-сервером 36
3.4 Текст програми..... 40
4. ОХОРОНА ПРАЦІ……53
4.1 Аналіз нормативно-правової бази з охорони праці при експлуатації електроустановок на газовидобувних станціях…….……..53
4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів…….54
4.3 Організаційні та технічні заходи на газовидобувній станції……55
Висновок..... 61
Список використаних джерел..... 62

ВСТУП

Сьогодні ми спостерігаємо бурхливий розвиток мережевих технологій та активне впровадження концепції "Інтернету речей". На ринку доступна безліч пристроїв, що дозволяють керувати процесами віддалено або контролювати фізичні параметри. Технології дистанційного управління вже давно застосовуються для контролю будь-яких фізичних процесів. Спочатку вони знайшли своє місце в промисловості, а згодом стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя.

Бездротові мережеві технології, такі як GSM, Bluetooth та Wi-Fi, стрімко розвиваються. Сучасні промислові гіганти активно використовують усі новинки мережевої індустрії, що дозволяє їм підвищувати надійність, гнучкість та, що найважливіше, ефективність своїх виробництв. Наразі багато підприємств вже мають системи диспетчеризації, де об'єкти промислової мережі з'єднані за допомогою традиційних кабельних зв'язків.

Розробка електроприводу асинхронного двигуна з можливістю дистанційного керування покликана спростити створення локальних систем диспетчеризації. Вона надає простий доступ до управління асинхронним електродвигуном через бездротовий зв'язок Wi-Fi, що суттєво економить час на впровадження системи, адже не потрібно прокладати мережеві кабелі.

Пристрої з Wi-Fi інтерфейсами об'єднуються в мережі за допомогою спеціальних пристроїв – роутерів. Функції роутера може виконувати й інший пристрій, який забезпечить необхідну функціональність.

Як диспетчерський пост може виступати не тільки стаціонарний комп'ютер чи ноутбук, але й будь-який інший мобільний пристрій під управлінням будь-якої операційної системи. Головна умова – наявність Wi-Fi інтерфейсу. Планшет або смартфон також можуть стати зручним інструментом для керування портативною системою.

Кінцевою метою цієї роботи є розробка портативної системи для дистанційного управління асинхронним електродвигуном для потреб контрольно-керуючої апаратури газовидобувної станції.

1 ІСТОРЯ ГАЗОВИДОБУТКУ УКРАЇНИ

1.1 Розвиток нафтогазової промисловості

Нафтогазова промисловість України має цікаву та багатогранну історію свого розвитку, яка є невід‘ємною частиною історії становлення та розбудови паливно-енергетичного комплексу України.

З давніх-давен на території сучасної України здійснювався видобуток та використання вуглеводневої сировини - нафти і газу. За свідченням літописів, ще у III столітті нашої ери на Кримському півострові видобували нафту та використовували її для господарських потреб.

Проте особливе місце у становленні та розвитку нафтогазової індустрії України посідає Прикарпаття. Власне тут постали перші в Європі і в Україні нафтові промисли, спочатку примітивні, пізніше індустріальні. З 1771 року – або чверть тисячоліття тому – почалася промислова розробка нафти на промислі Слобода-Рунгурська (Івано-Франківська область). Півсторіччя потому, у 1820 році, інтенсивний видобуток нафти розпочався у районі міста Борислав.

Дашавське родовище стало одним з найпотужніших на той час газових родовищ світу, а з 1924 р. почалася промислова експлуатація родовища, що по праву вважається роком народження газової промисловості України.

Введення в промислову розробку покладів Дашавського родовища дало поштовх розвитку не тільки видобуванню, а й транспортуванню природного газу в нашій країні. В ці роки були збудовані газопроводи Дашава – Стрий – Дрогобич (1927 р.), Стрий – Миколаїв – Львів (1929 р.).

Рисунок 1.1 – Будова газопроводу Дашавського родовища

Перший магістральний газопровід в Україні - Дашава – Київ, діаметром 500 мм та завдовжки 509 км, збудований у повоєнному 1948 році, на той час був найпотужнішим і найдовшим в Європі.

Саме 1948 рік вважається точкою відліку, з якої почалось формування, становлення та розвиток сучасної магістральної газотранспортної системи України.

Необхідно зазначити, що саме з території України почали здійснюватися і перші у світі міждержавні експортні поставки природного газу. У 1945 році, під час повоєнного відновлення Європи, український газ з Дашавського та Опарського родовищ почав постачатись до Польщі. Також у певний період газ з українських родовищ постачався до Росії, Білорусі, Чехословаччини, Австрії.

Історія розвитку нафтогазової промисловості Криму почалась у 1960 році, коли було відкрито перше газове родовище на суходолі – Задорненське. А через 11 років вже на шельфі Чорного моря було відкрито перше “морське” газоконденсатне родовище – Голіцинське.

З 1964 року починається історія підземного зберігання газу в Україні. Тоді розпочалась закачування природного газу у перше українське газосховище -

Олишівське. У 1983 році було введено в експлуатацію Більче-Волицьке підземне сховище газу, яке і тепер є одним з найбільших у світі.

У 1981 році на Новотроїцькому газоконденсатному родовищі вперше у Європі почалось впровадження прогресивної технології – сайклінг-процесу, що дозволяє значно підвищувати коефіцієнт конденсатовилучення.

У 1996 році на газотранспортній системі було розпочато впровадження внутрішньотрубної діагностики магістральних газопроводів за допомогою так званих “інтелектуальних” поршнів, що дозволяє забезпечувати високу надійність експлуатації газопроводів.

Вражаючою і захоплюючою є майже 200-річна історія розвитку нафтової і газової промисловості України, яка зробила нашу державу сьогодні визначною країною у світовій енергетичній індустрії.

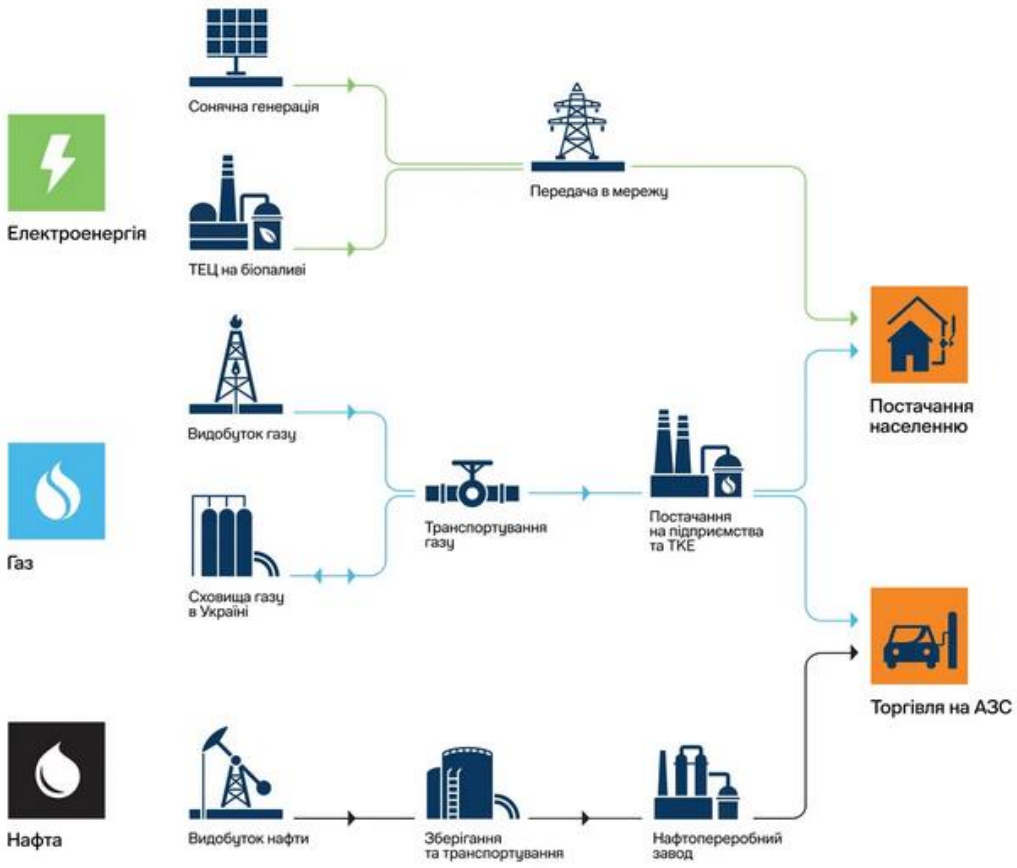


Рисунок 1.2 – Виробничий цикл промислової групи Нафтогаз

ГАЗОРОЗПОДІ́ЛЬНА СТА́НЦІЯ (ГРС) — об’єкт, що входить до складу магістрального або промислового (міжпромислового) газопроводу. Розрахований на роботу при робочому тиску від 1,2 до 7,4 МПа. Призначений для забезпечення газом промислових, комунально-побутових підприємств і населення, а також власних потреб підприємств газонафтового комплексу; очищення природного газу від механічних домішок і рідини; редукування (зниження) тиску газу до заданої величини (0,3–1,2 МПа) і підтримання його з необхідною точністю; вимірювання кількості газу, поданого споживачам; одоризації природного газу (надання йому специфічного запаху) перед подачею споживачам.

ГРС перебувають на балансі спеціалізованих газотранспортних чи газовидобувних підприємств і згідно з чинним законодавством України є державною власністю. В Україні в експлуатації перебуває 1478 ГРС, які розміщені на території усіх областей.

Перші ГРС були побудовані в Україні 1924, коли розпочато розробку Дашавського газового родовища (Львівська обл.). Залежно від призначення ГРС мають різну конструкцію і продуктивність. За своєю конструкцією їх поділяють на станції індивідуального проектування (побудовані за індивідуальними проектами) і типового проектування (побудовані за типовими проектами). Продуктивність ГРС в межах від 1 тис. нормальних м3 за годину до 700 тис. нормальних м3 за годину. Всі станції призначені для експлуатації на відкритому повітрі в районах із сейсмічністю до 7-ми балів за шкалою Ріхтера і при температурі повітря від — 40°С до +50°С.

Основними складовими ГРС є вузли перемикання, очищення, підігрівання, редукування, вимірювання та одоризації газу. Допоміжні вузли і системи ГРС: будинок ГРС або окремі блоки у формі спеціальних шаф, системи вентиляції і опалення, засобів технологічного зв’язку і телемеханіки; системи захисту від грози і корозії, лінії електропередач, під’їзні автомобільні дороги тощо.

Технологічна схема ГРС забезпечує надійну їх роботу без втручання обслуговчого персоналу, для чого до її складу входять додаткові захисні пристрої,

які забезпечують безперебійну роботу ГРС у разі виходу з ладу основних регулювальних засобів.

Укргазвидобування впроваджує програму будівництва малогабаритних дотискних компресорних станцій (МДКС), спрямовану на стабілізацію видобутку газу на виснажених родовищах.

Завдяки введенню в експлуатацію 8-ми об’єктів компанія отримає додатково 42 млн куб. м газу протягом наступного року.

Чотири компресорні станції уже почали роботу на Розумівському, Максальському родовищах, на 5-й установці комплексної підготовки газу Шебелинського родовища, а також на УКПГ Східного блоку Юліївського родовища. Разом вони дають додатково 60 тис. куб. м газу на добу.

Для стабілізації видобутку на виснажених родовищах модернізація та будівництво нової наземної інфраструктури вкрай важливе. Влітку ми запустили оновлену Яблунівську дотискну компресорну станцію, триває оновлення ключових, найпотужніших ДКС. Паралельно ми працюємо над широким впровадженням малогабаритних компресорних станцій, що підвищують темп вилучення газу на найбільш виснажених родовищах. Наступного року плануємо запустити ще десять МДКС, на базі моделі роботи складної газозбірної системи в PipeSim, та щонайменше чотири для подолання проблеми сезонної нерівномірності видобутку зокрема на Свидницькому та Борівському родовищах», – зазначив Олег Толмачев, заступник директора дивізіону «Нафтогаз Розвідка та Видобування» з питань видобування.

Головними перевагами МДКС над стаціонарними дотискними компресорними станціями є здатність компримувати газ при значно нижчих тисках, швидкість розгортання обладнання і можливість досліджень свердловин на низьких робочих тисках. До кінця року компанія закінчить роботи з будівництва ще чотирьох МДКС на Кобзівському, Гороцівському, Юлівському та Новоселівському родовищах. Наразі триває розробка проектної документації та підготовка до пусконалагоджувальних робіт.

Нагадаємо, що влітку 2021 року Укргазвидобування відкрило оновлену Яблунівську дотискну компресорну станцію.

1.2 Особливості роботи асинхронного електроприводу

В даний час асинхронні електродвигуни знаходять широке застосування у виробничій сфері, що зумовлено їх позитивними експлуатаційними характеристиками. До основних переваг даного типу електромашин відносяться технологічність виготовлення і високий ресурс експлуатації. Зазначені переваги досягаються за рахунок безколекторної схеми виконання електродвигуна. Структурна схема асинхронного електродвигуна представлена на рис. 1.3.

Рисунок 1.3 – Конструкція асинхронного електродвигуна

Враховуючи високий рівень затребуваності і значний ринковий попит на асинхронні електродвигуни, існує широкий асортимент пристроїв для управління ними. У промислових умовах регулювання роботи асинхронних електродвигунів використовуються частотні перетворювачі (ЧП), пристрої плавного пуску, і навіть

пускачі у комплекті з тепловими реле. При цьому ЧП позиціонується як найбільш надійне і гнучке рішення в галузі управління асинхронними електродвигунами.

Сучасні частотні перетворювачі (ЧП) дають змогу контролювати широкий спектр робочих параметрів електродвигуна. Вони забезпечують плавний запуск, при якому пусковий струм поступово збільшується, а також плавне гальмування двигуна. Завдяки цим функціям значно підвищується ресурс роботи електродвигуна. Керування сучасними ЧП може здійснюватися як безпосередньо через панель управління на корпусі пристрою, так і за допомогою додаткових дискретних або аналогових входів. Це дозволяє розміщувати ЧП поруч із електродвигуном, а органи керування винести на диспетчерський пункт. Крім того, деякі моделі обладнані мережевим інтерфейсом RS-485 із підтримкою протоколу Modbus, що дає змогу об’єднувати кілька пристроїв у єдину мережу з централізованим управлінням. Приклад частотного перетворювача наведено на рисунку 1.4. Незважаючи на численні переваги, основним недоліком таких пристроїв є їх висока вартість, яка часто перевищує ціну самого електродвигуна у декілька разів.

Рисунок 1.4 – Частотний перетворювач (ЧП)

Пускачі є одними з найбільш доступних та простих у використанні пристроїв для управління електродвигунами. Їх ключовими перевагами є низька вартість та зручність експлуатації. Інтеграція пускача з тепловим реле дозволяє реалізувати функцію захисту електродвигуна від перегріву. Приклад такого рішення показано на рисунку 1.5а.

а) пускач із тепловим реле б) влаштування плавного пуску

Рисунок 1.5 – Пускачі

Цей метод керування не забезпечує плавний запуск, що негативно впливає на роботу асинхронного електродвигуна. Для організації управління пускачами через виробничу мережу необхідне додаткове обладнання. Найчастіше для цього застосовують промислові програмовані логічні контролери (ПЛК). ПЛК – це пристрої, які дозволяють реалізувати задану логіку роботи та інтегрувати керування електродвигуном у промислову мережу за умови наявності відповідного інтерфейсу зв’язку.

Пристрої плавного пуску займають проміжне цінове положення між пускачами та частотними перетворювачами (ЧП). Їх перевага полягає у забезпеченні поступового збільшення струму під час запуску асинхронного двигуна, що сприяє подовженню терміну експлуатації обладнання. Приклад такого пристрою наведено на рисунку 1.5б.

Керування цими пристроями здійснюється за допомогою подачі дискретного сигналу певного рівня напруги на їхній вхід, що ускладнює можливість дистанційного управління через промислову мережу без додаткових компонентів. Враховуючи високу вартість самого пристрою та необхідність придбання додаткового мережевого обладнання, загальна ціна системи значно зростає.

Сьогодні промислові мережі мають велике значення, оскільки вони є ключовим елементом будь-якого сучасного виробництва. Всі виробничі мережі, як правило, локальні. Для їх побудови використовують різноманітні пристрої. Найпоширенішою архітектурою є об’єднання ПЛК та низькорівневих пристроїв (НП) у мережу RS-485, а диспетчерські комп’ютери підключаються через Ethernet. Зв’язок між цими двома мережами забезпечує сервер із відповідним обладнанням та програмним забезпеченням, що дозволяє виконувати поставлені завдання. Недоліком такої системи є велика кількість необхідного мережевого обладнання та спеціалізованих кабелів.

Ще одним суттєвим недоліком пускорегулюючого обладнання є низький рівень захисту за стандартом IP. Умови промислового середовища часто є несприятливими для роботи таких пристроїв. Для усунення цієї проблеми їх встановлюють у спеціальні електричні шафи, які забезпечують надійний захист від пилу та вологи, що гарантує стабільну роботу.

Усі зазначені недоліки призводять до того, що створення нових виробництв або впровадження промислових мереж потребує значних витрат часу та фінансів.

Для спрощення процесу створення промислових мереж пропонується використовувати бездротові мережі на базі технології Wi-fi. Основною перевагою такого підходу є зменшення кількості кабелів, що суттєво скорочує час розгортання мережі.

У цій випускній кваліфікаційній роботі пропонується розробка портативної системи дистанційного керування асинхронним електродвигуном, яка забезпечує високий рівень захисту від вологи та пилу, а також підтримує бездротове підключення до промислової мережі. Для контролю роботи двигуна система оснащена цифровим датчиком струму, а портативність забезпечується силовими роз'ємами для швидкого підключення як до живлення, так і до електродвигуна.

До складу системи входить світлова індикація, що забезпечує візуальне визначення її стану без прямого підключення до електромережі. Безпосередньо поруч із індикатором розташовується аварійний вимикач «СТОП», призначений для екстреного відключення електродвигуна у разі непередбачених ситуацій. З урахуванням перерахованих характеристик, цей пристрій є технічно завершеною системою, що відповідає сучасним виробничим стандартам.

2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

2.1 Розробка структури системи управління

Системи керування електричними пристроями функціонують як інтерфейс між джерелом енергії та кінцевим споживачем електричної енергії. Їхньою основною функцією є визначення алгоритму функціонування пристрою та забезпечення його належного контролю. Зокрема, в контексті даного дослідження, портативна система дистанційного керування асинхронним електродвигуном виконує функцію інтерфейсу між джерелом живлення, яким є трифазна п'ятипровідна мережа змінного струму, та безпосередньо асинхронним електродвигуном. Керування цим двигуном здійснюється за допомогою бездротової мережі WiFi.

Мережа WiFi є однією з найпоширеніших та найбільш швидкісних бездротових технологій передачі даних на сучасному етапі. Вона забезпечує сумісність з широким спектром пристроїв, включаючи смартфони, портативні комп'ютери, стаціонарні комп'ютери та планшети. Значною перевагою цієї мережі є її відносно проста архітектура розгортання, яка вимагає лише наявності одного маршрутизатора або іншого пристрою, що виконує відповідні функції. Конкретний маршрутизатор, задіяний у представленій роботі, показан на рис. 2.1. Ця мережа дозволяє формувати локальні мережі, які характеризуються високим рівнем безпеки.

Рисунок 2.1 – Маршрутизатор

Архітектура портативної системи управління інтегрує виконавчий пристрій та керуючу плату. Вибір пускачів як виконавчих елементів був зумовлений їхньою економічною ефективністю та високою експлуатаційною надійністю. Принциповим недоліком пускачів є пряма комутація електродвигуна, що призводить до виникнення значних пускових струмів під час запуску асинхронних двигунів. Таким чином, зазначена характеристика вимагає врахування на етапі проектування датчика струму та при визначенні номінального робочого струму асинхронного електродвигуна.

Керуюча плата містить такі структурні компоненти: ланцюг живлення, блок реле, датчик струму та плату NodeMCU з мікроконтролером ESP-12E. Ланцюг живлення призначений для забезпечення всіх компонентів керуючої плати напругою 5В.

2.2 Датчик струму

У межах даної системи дистанційного керування асинхронним електродвигуном інтегровано датчик струму, призначенням якого є моніторинг струму, що протікає у фазі L1. Оскільки асинхронний електродвигун є симетричним навантаженням, зміна моменту на його валу корелює зі симетричною зміною струму в обмотках [5]. Принципову схему зазначеного датчика струму представлено на рис. 2.2.

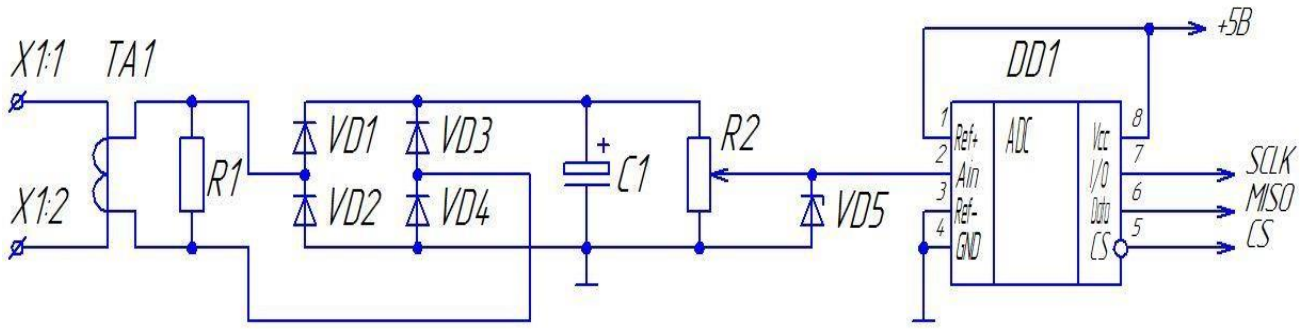


Рисунок 2.2 – Схема датчика струму

Функціонування датчика струму ґрунтується на принципі дії трансформатора струму. Основний принцип роботи трансформатора струму полягає у перетворенні електричного струму, який протікає через його первинну обмотку, на відповідний сигнал напруги [26,27]. З метою виконання поставленого завдання було обрано трансформатор моделі AC-1015 виробництва TALEMA. Зазначений вимірювальний трансформатор представлено на рис. 2.3.

Рисунок 2.3 – Вимірювальний трансформатор струму АС – 1015

Для даного трансформатора характерна значна лінійність у вимірювальному діапазоні. На рис. 2.4 представлено графік, що ілюструє залежність напруги вторинної обмотки від струму первинної обмотки при різних значеннях опору навантаження.

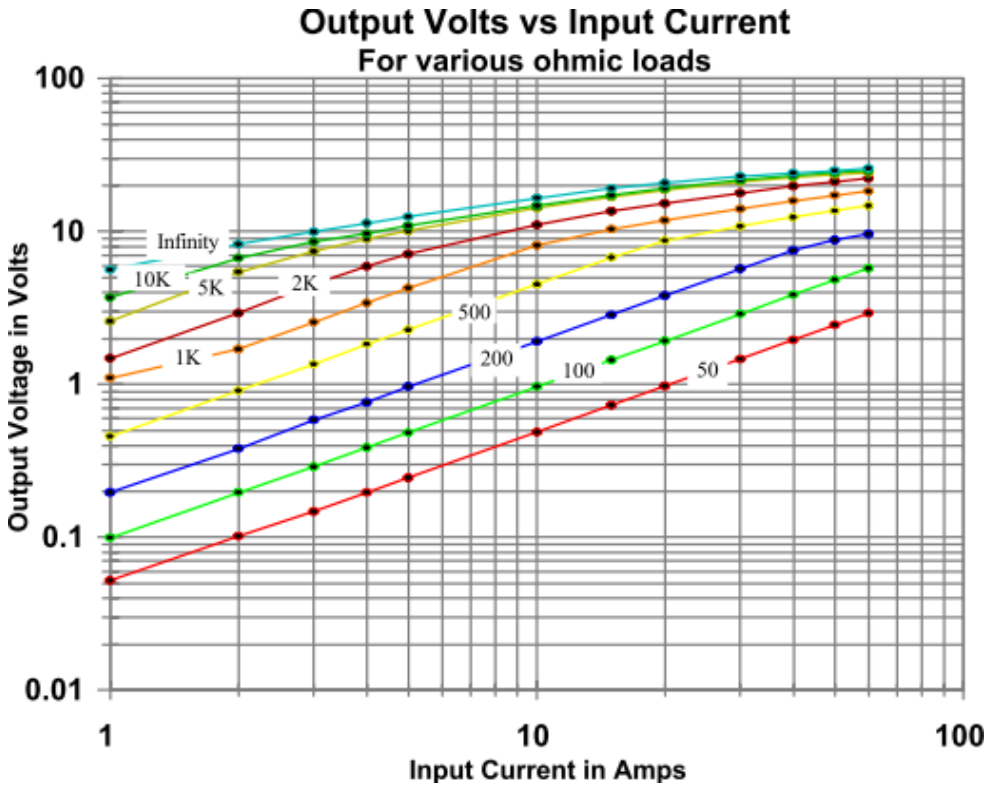


Рисунок 2.4 – Графік залежності напруги вторинної обмотки від значення вимірюваного струму при різних навантаженнях

Резистор R1 в даній схемі функціонує як навантаження трансформатора з номінальним значенням 200 Ом. Цей параметр був вибраний на основі графіка, показаного на рис. 2.4, оскільки саме він характеризується найбільшою лінійністю. Щоб досягти напруги 1 В при струмі 1 А, слід виготовити первинну обмотку трансформатора. Якщо на трансформаторі намотати 10 витків, ми отримаємо коефіцієнт трансформації, рівний 10. Це означає, що при струмі 1 А на первинній обмотці вихідна напруга складе 2 В, що еквівалентно випадку з 10 А.

Діоди VD1–VD4 реалізують діодний міст, що випрямляє напругу, генеровану трансформатором струму. Оскільки значення напруги відносно невеликі (в межах одиниць вольт), в цій схемі використовуються діоди типу Шотткі 1N5817. Такий вибір обумовлений їх максимальною прямою падінням напруги, що становить 0,45 В. Максимальне зворотне напруга діода – 20 В, а максимальний струм – 1 А, що зазначається у документації виробника.

Конденсатор C1 і змінний резистор R2 формують RC ланцюг, що

згладжує пульсації випрямленої напруги. Номінальні параметри конденсатора і резистора приймаються відповідно C1=5 мкФ і R2=10 кОм [13]. З урахуванням цих значень постійна часу ланцюга становить

$$\tau = \mathrm{C1} \cdot R1 = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{3} = 0{,}05 \text{ с.}$$

При частоті живлення електродвигуна 50 Гц період становить 0,02 с. Співвідносимо постійну часу ланцюга з періодом живлення

$$\frac{\tau}{0{,}02} = \frac{0{,}05}{0{,}02} = 2{,}5.$$

Отже, за 2,5 періоду живильної мережі напруга в RC ланцюзі досягне вимірюваного рівня. Важливо також враховувати пускові струми асинхронного електродвигуна, які можуть бути у 10–15 разів більшими за номінальний струм, тому RC ланцюг також виконує функцію обмеження напруги при запуску.

Стабілітрон VD5 обмежує максимальну вихідну напругу. Разом зі змінним резистором R2 стабілітрон формує параметричний стабілізатор напруги. Регулювання змінного резистора R2 налаштовує дільник напруги з коефіцієнтом 0,99. Номінальне значення резистора R2 слухняно становить 100 Ом, що розміщується відносно катодів діодів VD1, VD3 і стабілітрона VD5. Стабілітрон VD5 підтримує напругу в вимірювальному ланцюзі на рівні 5 В. Розраховуємо максимальний струм стабілізації стабілітрону при вхідній напрузі Uвх = 5 В.

$$I_{\text{ст}} = \frac{U_{\text{вх}}}{R0} = \frac{5}{100} = 0{,}05 \text{ А.}$$

Згідно зі схемою датчика струму (схема 5), катод стабілітрона VD5 з’єднано з аналоговим входом мікросхеми DD1, яка є аналогово-цифровим перетворювачем зі SPI-послідовним інтерфейсом. Виходи 1 (Ref+) та 3 (Ref-) призначені для налаштування діапазону вимірювань. Виходи 4 (GND) і 8 (Vcc) забезпечують живлення мікросхеми, а Ref+ і Ref- відповідно підключені до джерела живлення згідно принципової схеми датчика струму. Діапазон вимірювання напруги становить від 0 до 3,3 В.

Ця схема датчика струму дозволяє впевнено вимірювати струм в діапазоні від 0,3 А до 4 А. Щоб змінити діапазон вимірювання струму, потрібно змінивши кількість витків первинної обмотки трансформатора.

2.3 Ланцюг живлення

Для забезпечення живлення портативної системи дистанційного керування асинхронним електродвигуном було застосовано типову схему. Оскільки до системи підведено трифазну мережу живлення з нульовим провідником, це дозволяє отримати фазну напругу 220 В між будь-якою з фаз та нульовим виводом. Для реалізації живлення використано фазу L3.

Схема живлення складається з понижувального трансформатора, діодного моста (діоди VD1–VD4), стабілізатора напруги та згладжувальних конденсаторів. Принципова схема живильного кола представлена на рис. 2.5.

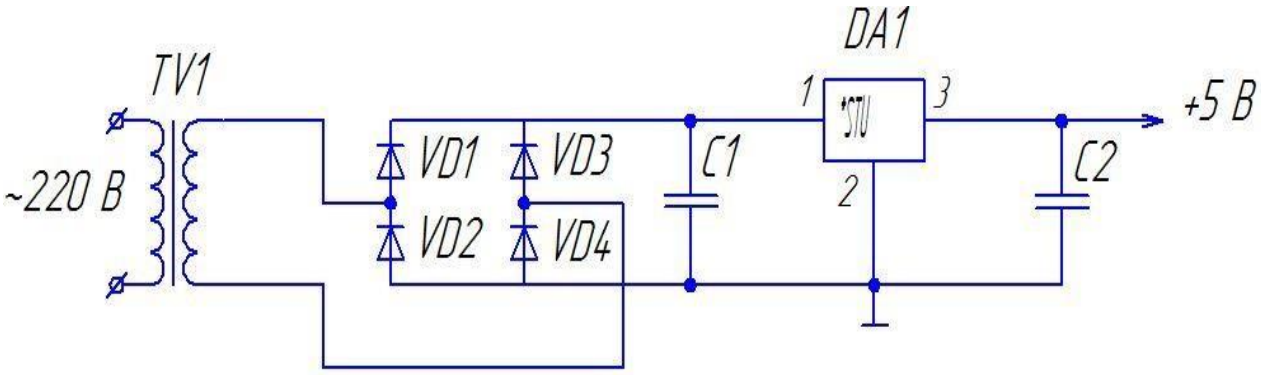


Рисунок 2.5 – Схема живлення ланцюга

Принцип функціонування даної схеми полягає в наступному. Понижувальний трансформатор ТПК-2-9В [14, 24] здійснює перетворення вхідної напруги з 220 В до 9 В.

Надалі знижена напруга випрямляється за допомогою діодного моста. Вибір діодів був здійснений на основі параметрів максимальної зворотної напруги та максимального струму. Максимальна зворотна напруга була визначена за наведеною нижче формулою:

$$U_{зв} = \sqrt{2} \cdot E_2 = \sqrt{2} \cdot 9 = 12{,}6 \text{ В}, \quad (1)$$

де E_2 — вихідна напруга трансформатора.

Максимальний струм, що проходить крізь діодний міст, був розрахований відповідно до характеристик навантаження. Зважаючи на те, що основними споживачами електроенергії у схемі є реле та плата

nodeMCU з мікроконтролером ESP-12E, сумарне значення споживання з урахуванням 30% запасу за потужністю визначає максимальний струм, що протікає через діоди [1, 2]. Максимально допустимий струм діодів був розрахований за наступною формулою [3]:

$$I_{max} = I_{esp} + 2 \cdot I_{\text{реле}} = 0{,}08 + 0{,}12 = 0{,}2 \text{ А}. \quad (2)$$

де I_{max} - максимальний струм споживання плати nodeMCU;

$I_{\text{реле}}$ - максимальний струм, що споживається реле.

Значення I_{esp} і $I_{\text{реле}}$ є паспортними характеристиками відповідних пристроїв. Розрахунковий максимальний струм, що протікає через діоди, становить 0,26 А. Вищезазначеним параметрам відповідає діодний міст W02M, максимальна зворотна постійна напруга якого становить 200 В, а граничний струм — 1,5 А. Вибір стабілізатора напруги здійснюється з урахуванням максимального струму діодного моста; при цьому вихідну напругу необхідно знизити до 5 В для забезпечення живлення NodeMCU та блоку реле. Для виконання цього завдання застосовується стабілізатор напруги L7805.

2.4 Ланцюг управління

Ланцюг керування складається з елементів пускача, реле управління та плати nodeMCU. Основним компонентом портативної системи керування асинхронним електродвигуном є плата nodeMCU, на якій розміщено мікроконтролер ESP-12E . Зовнішній вигляд налагоджувальної плати nodeMCU представлено на рис. 2.6.

Мікроконтролер ESP-12E розроблено на базі мікросхеми ESP8266 виробництва компанії Ai-Thinker. Пристрій може функціонувати на тактових частотах 80 МГц або 160 МГц та оснащений інтегрованим модулем бездротового зв’язку Wi-Fi. Мікроконтролер відповідає міжнародному стандарту IEEE 802.11 b/g/n і забезпечує підтримку мережевих протоколів TCP, HTTP, UDP та FTP.

Рисунок 2.6 – Налагоджувальна плата nodeMCU

Модуль ESP-12E оснащений одинадцятьма багатофункціональними виводами GPIO, які можуть функціонувати як в режимі вводу, так і виводу, причому десять із них підтримують широтно-імпульсну модуляцію. Мікроконтролер містить 4 МБ енергонезалежної пам’яті. Зазначені технічні характеристики дозволяють використовувати даний мікроконтролер для вирішення завдань, визначених для портативних систем керування.

Технічні характеристики ESP-12E наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики ESP-12E

Категорія	Параметр	Значення
Характеристики апаратної частини	Периферійні шини	UART/HSPI/I2C/I2S/
	Робоча напруга	3,0-3,6
	Робочий струм	80 мА
	Діапазон робочих температур	- 40-125 ° C
	Розміри	16x24x3 мм
WiFi параметри	WiFi протоколи	IEEE802.11 b/g/n
	Частотний діапазон	2,4-2,5 ГГц

Продовження табл. 2.1

Категорія	Параметр	Значення
Характеристики програмного забезпечення	WiFi режим	Станція/ точка доступу/ точка доступу + станція
	Безпека	WPA/WPA2
	Шифрування	WEP/TKIP/AES
	Оновлення прошивки	Завантаження через UART / завантаження та запис прошивки через хост
	Мережеві протоколи	IPv4,TCP/UDP/HTTP/FTP
	Налаштування користувача	Набір команд AT

Модуль ESP-12E наведено рис. 2.6.

Рисунок 2.6 — Модуль ESP-12E

Призначення висновків ESP-12E наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Призначення висновків ESP-12E

№	Назва вивода	Призначення
1	RST	Скидання модуля
2	ADC	Вхід аналого-цифрового перетворювача. Вхідна напруга в діапазоні 0-1 вольт;
3	EN	Виведення чіпа. Активний рівень – високий.
4	IO16	GPIO16; може використовуватися для виходу із режиму глибокого сну.
5	IO14	GPIO14; HSPI_CLK
6	IO12	GPIO12; HSPI_MISO
7	IO13	GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8	VCC	Вхід живлення 3,3В.
9	CS0	Вибір чіпа
10	MISO	Вхід ведучого, вихід веденого.
11	IO9	GPIO9
12	IO10	GPIO10
13	MOSI	Вихід ведучого, вхід веденого.
14	SCLK	Послідовний тактовий сигнал.
15	GND	Корпус.
16	IO15	GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS

Продовження табл. 2.2

17	IO2	GPIO2; UART1_TXD
18	IO0	GPIO0
19	IO4	GPIO4
20	IO5	GPIO5
21	RXD	UART0_RXD; GPIO3
22	TXD	UART0_TXD; GPIO1

Призначення висновків плати nodeMCU наведено на рис. 2.7.

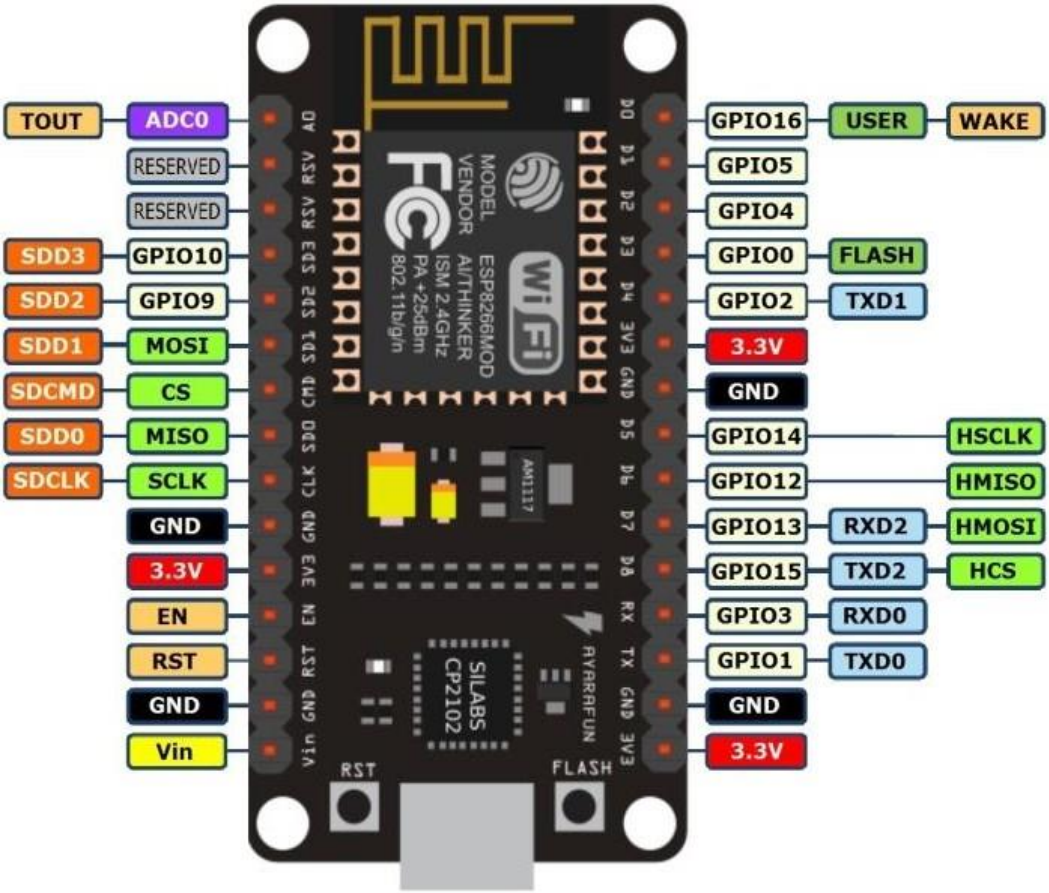


Рисунок 2.7 – Призначення висновків nodeMCU

Плата nodeMCU являє собою периферійну обв'язку для мікроконтролера. До вагомих переваг даного модуля належать наявність інтегрованого інтерфейсу USB та вбудованого стабілізатора напруги, що забезпечує можливість живлення пристрою від джерела напругою 5 В.

Згідно з принциповою схемою портативної системи дистанційного

керування асинхронним електродвигуном (рис. 2.8), живлення плати nodeMCU подається на контакти Vin та GND від відповідного кола живлення на платі керування. Виводи D5, D6 та D3 плати nodeMCU підключені до відповідних контактів мікросхеми DD1: I/O, Data та CS. Зазначені контакти D5, D6 та D3 є виводами інтерфейсу SPI мікроконтролера ESP-12E. У цій системі плата nodeMCU функціонує як ведучий пристрій (master), а мікросхема DD1 — як ведений (slave).

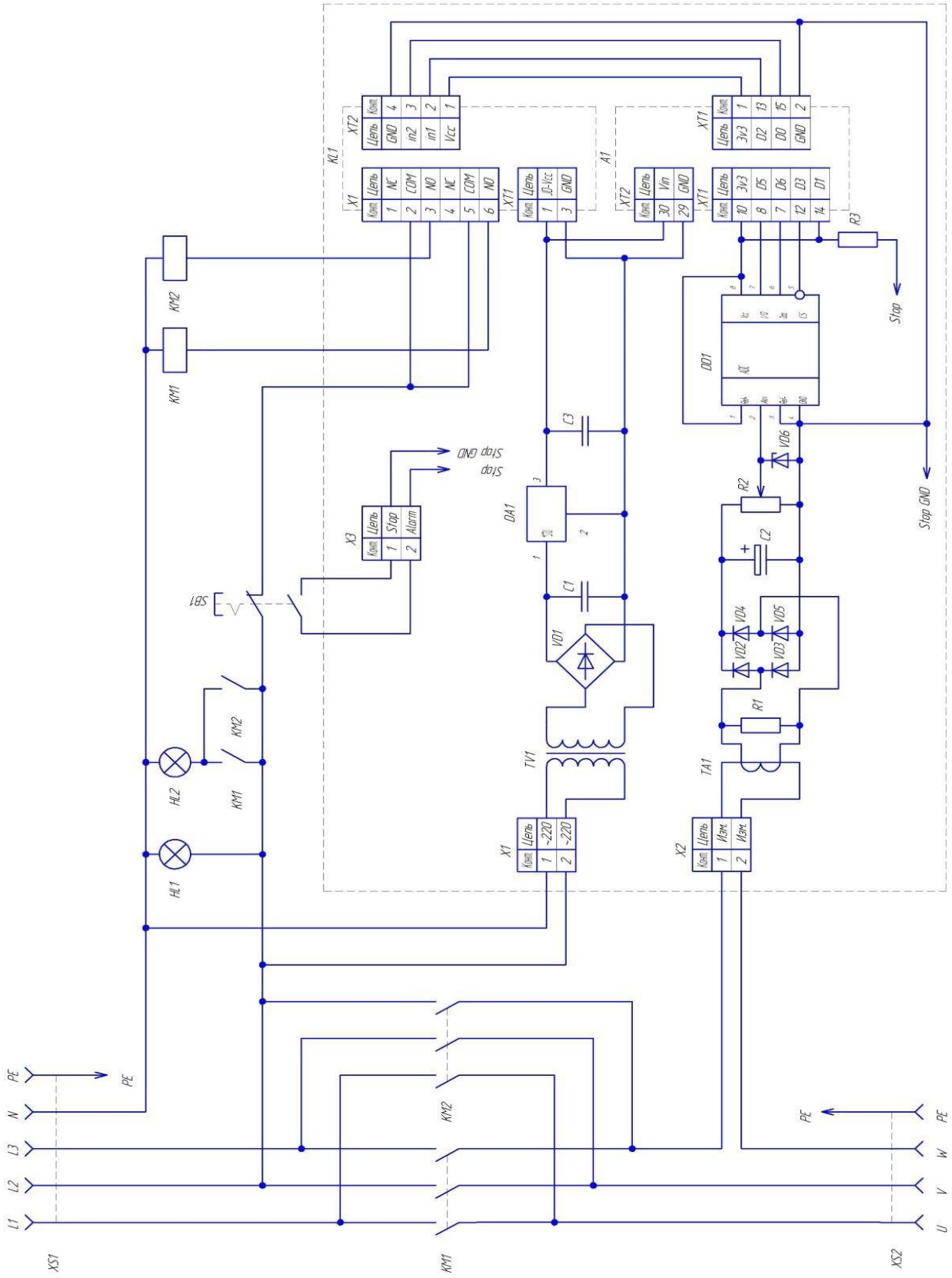


Рисунок 2.8 – Принципова схема портативної системи дистанційноного керування асинхронним електродвигуном

Плата nodeMCU здійснює періодичне опитування мікросхеми DD1 з метою зчитування показників датчика струму, розташованого на платі керування. Вихід D5 плати nodeMCU використовується як тактовий вихід для генерації послідовного тактового сигналу, необхідного для роботи мікросхеми DD1. Вхід D6 є входом інтерфейсу SPI плати nodeMCU, на який надходить цифровий сигнал, що містить дані про рівень напруги на вході мікросхеми DD1. Вихід D3 плати nodeMCU призначений для періодичної ініціації передачі даних із мікросхеми DD1. При встановленні сигналу низького рівня на виході D3, мікросхема DD1 розпочинає передачу даних щодо рівня напруги на вимірювальному вході.

Графік функціонування послідовного периферійного інтерфейсу (SPI) під час передачі даних відображено на рис. 2.9.

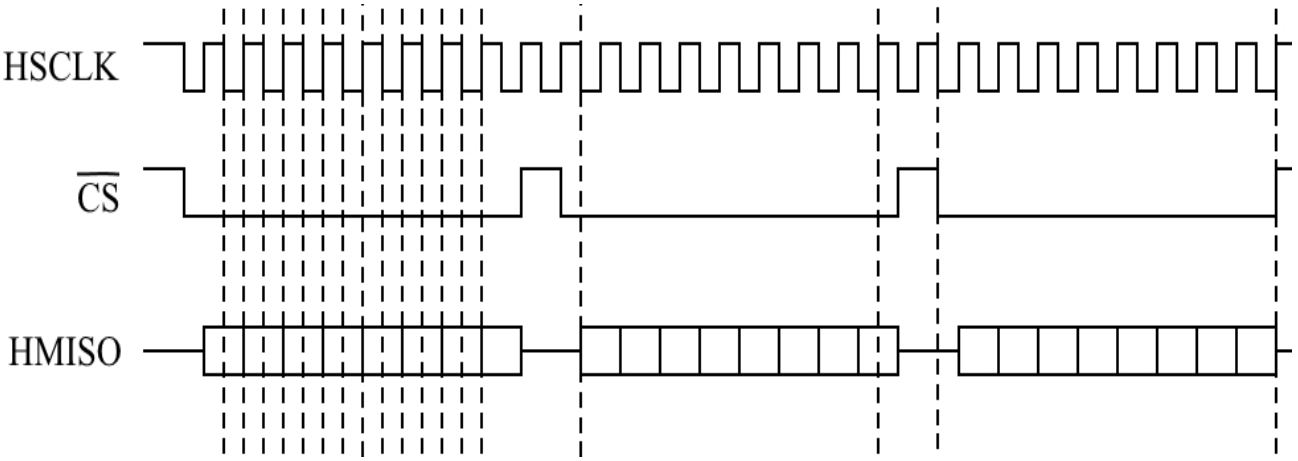


Рисунок 2.9 – Графік роботи послідовного інтерфейсу SPI

Блок реле призначений для комутації кіл котушок пускачів. Виходи D2 та D0 плати NodeMCU підключені до керуючих входів IN1 та IN2 блоку реле. При встановленні низького рівня напруги на виходах D2 або D0 відбувається спрацювання відповідного реле, що забезпечує комутацію кола керування пускача. Конструкція модуля включає два реле типу SRD-05VDC-SL-C та відповідну схему керування. Окрім безпосередньої комутації, даний блок забезпечує гальванічну розв'язку кола керування від мережі 220 В. Живлення блоку здійснюється від джерела живлення на платі керування; напруга 5 В

подається на контакти JD-VCC та GND. Зовнішній вигляд блоку реле наведено на рис. 2.10.

Рисунок 2.10 – Блок реле

Комутація ланцюга живлення асинхронного електродвигуна здійснюється безпосередньо за допомогою пускачів. У портативній системі дистанційного керування асинхронним електродвигуном використано пускачі моделі LC1E1210M5 виробництва компанії Schneider Electric. Технічні характеристики вказаних пристроїв представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Характеристика пускача LC1E1210M5

Параметр	Значення
Номінальний струм, А	12
Категорія застосування	AC-1, AC-3
Кількість силових полюсів	3
Рід струму котушки управління	Змінний, 50 Гц
Напруга котушки управління, В	220
Допоміжні контакти	1 Н.О.

У другому розділі зроблено розробку електричної принципової схеми: системи управління, датчика струму, ланцюгів живлення та управління.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СХЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

3.1 Вибір середовища розробки

У представленій портативній системі дистанційного керування асинхронним електродвигуном використовується спеціалізована електронна плата nodeMCU версії V2.0. Основу цієї плати становить мікроконтролер ESP-12E, який належить до серії 12E і забезпечує високий рівень функціональності та продуктивності для реалізації завдань бездротового зв'язку. Для програмування та налаштування даного типу мікроконтролерів існує кілька зручних і популярних середовищ розробки , що надають широкий вибір інструментів та можливостей. У межах цієї випускної кваліфікаційної роботи було обрано та використано середовище розробки Arduino IDE, яке відзначається простотою у використанні, гнучкістю та великою спільнотою підтримки, що значно сприяє успішній реалізації проєкту.

3.2 Налаштування підключення системи до WiFi мережі

Програма для портативної системи дистанційного керування асинхронним електродвигуном розроблена мовою програмування високого рівня C++ у середовищі Arduino IDE. Після налаштування середовища Arduino IDE для роботи із модулем ESP-12E та завантаження коду програми, необхідно переконатися у правильності введених параметрів, які використовуватимуться мікроконтролером для підключення до мережі WiFi. Процес налаштування підключення виконується шляхом призначення змінним відповідних значень. Зокрема, для підключення до мережі потрібно встановити значення змінної `ssid`, що відповідає імені WiFi-мережі, до якої має долучитися мікроконтролер, а змінній `password` присвоїти пароль доступу до цієї мережі. У даній роботі використана мережа WiFi із назвою NOD-MCU та паролем 12345678. Крім того, при підключенні слід перевірити IP-адресу мікроконтролера, аби уникнути конфліктів у мережі. Якщо в одній мережі з'явиться два пристрої з однаковими IP-адресами, це призведе до збоїв у роботі обладнання. У програмному коді IP-адреса задається в параметрі `IPAddress

ip(192,168,0,199);`. Важливо дотримуватися правильної стилістики запису — числа повинні бути розділені комами, а не крапками. Маска підмережі задається в параметрі `IPAddress subnet (255,255,255,0);`. Тут також потрібно забезпечити коректний формат запису, розділяючи числа комами. Параметр `ESP8266WebServer server (80);` визначає номер порту, на якому буде запущено веб-сервер. У цьому випадку зазначено порт 80. Значення змінних, необхідних для підключення до мережі WiFi, представлені на ілюстрації (рис. 3.1), що додається до матеріалів роботи.

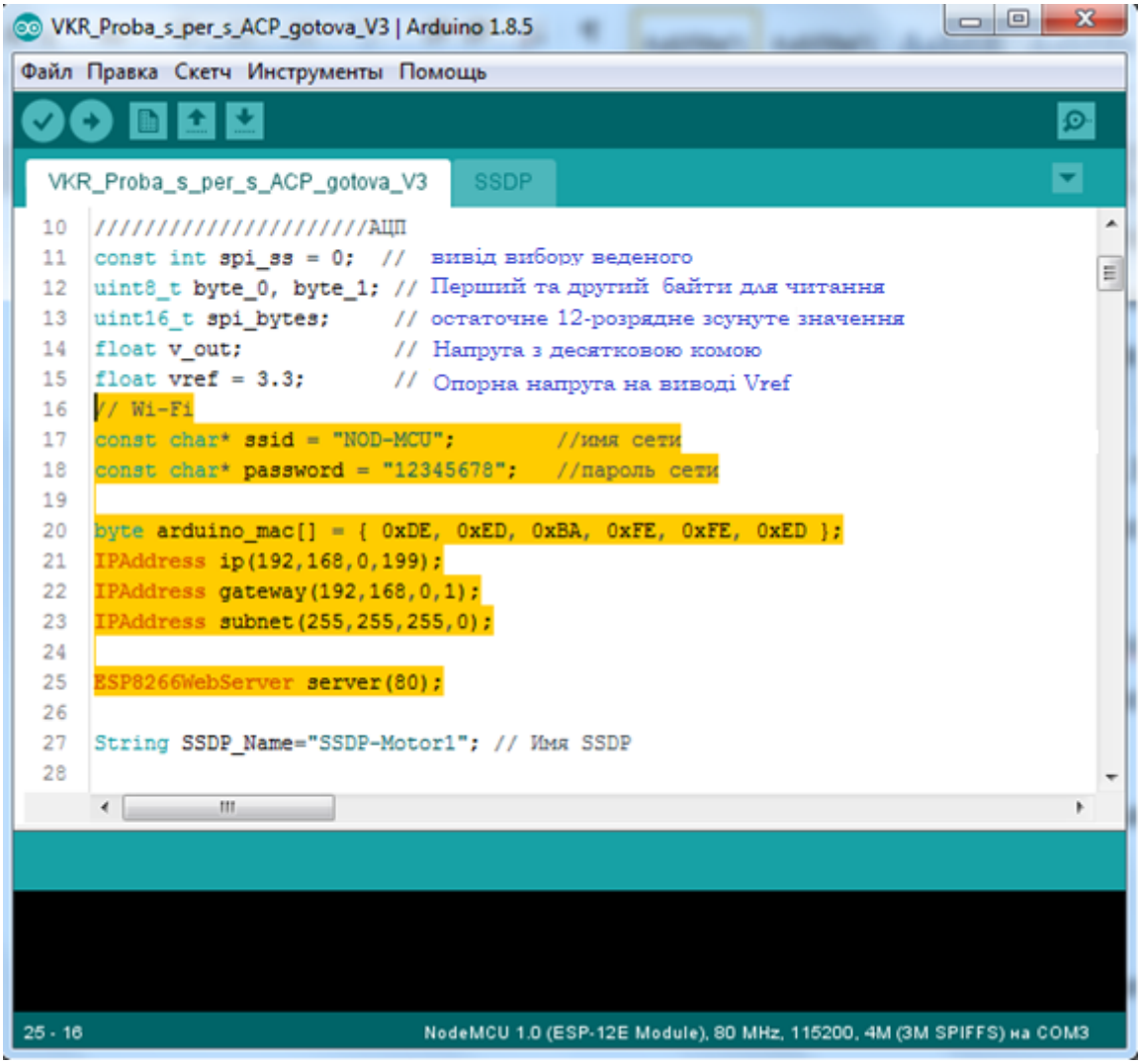


Рисунок 3.1 – Скріншот вікна програми Arduino IDE із зазначеними налаштуваннями підключення до мережі

Для забезпечення виявлення та відображення веб-сервера у середовищі операційної системи Windows 10 було застосовано протокол SSDP (Simple Service

Discovery Protocol). SSDP являє собою сеансовий протокол, призначений для сповіщення вузлів мережі про доступні сервіси, необхідні для виконання мережевих завдань. З метою реалізації функціоналу, пов’язаного з протоколом SSDP, до програмного забезпечення була інтегрована функція «SSDP_init». Вона відповідає за передавання інформації щодо активного веб-сервера. У межах цієї функції необхідно налаштувати параметр "SSDP.setHTTPPort(80);", де в дужках слід зазначити номер порту сервера, який необхідно використовувати для обміну даними. Візуальне представлення функції «SSDP_init» наведено на рисунку 3.2.

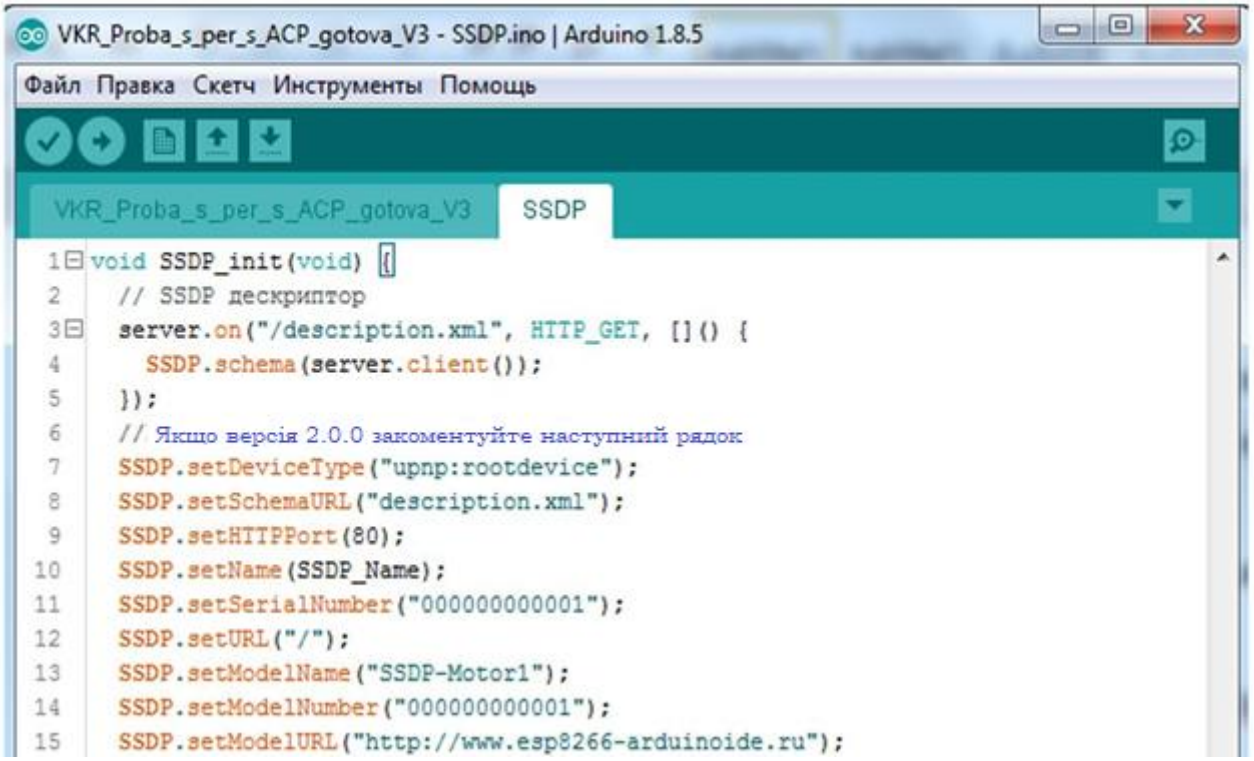


Рисунок 3.2 – Скріншот програми Arduino IDE. Функція "SSDP_init"

У параметрі SSDP.setName("SSDP-Motor1") зазначається ім'я веб-сервера, яке буде відображатися у сервісному вікні "Мережа" на операційній системі Windows. У команді SSDP.setSerialNumber("000000000001") задається серійний номер системи, який ідентифікує пристрій. Параметр SSDP.setManufacturer("Dosaev") визначає виробника цього обладнання. SSDP.setModelNumber("000000000001") містить інформацію про номер моделі пристрою.

3.3 Робота із веб-сервером

На рис. 3.3 продемонстровано ймовірний дизайн головної сторінки веб-сервера. У заголовку сторінки зазначається назва системи для дистанційного керування асинхронним електродвигуном. На сторінці передбачено розташування кнопок для управління та індикаторів стану пристрою. Наприклад, кнопка "ON Left" активує роботу асинхронного електродвигуна з обертанням у ліву сторону.

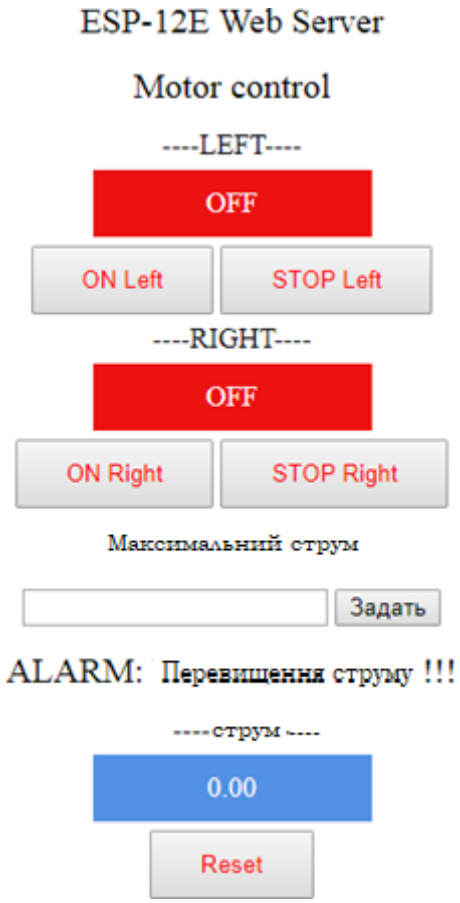


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд сторінки сервера

Кнопка "STOP Left" призначена для зупинки електродвигуна при його роботі в напрямку обертання наліво. Кнопка "ON Right" виконує функцію запуску асинхронного електродвигуна в правий напрямок обертання. Аналогічно, кнопка "STOP Right" використовується для зупинки електродвигуна під час його руху вправо. Кнопка "Reset" передбачена для здійснення скидання помилок, які можуть виникати в процесі експлуатації системи. У рядку індикації з назвою «Струм»

відображається актуальне значення електричного струму. Оновлення даних про це значення відбувається кожні 10 секунд.

На рис. 3.4 наведено приклад роботи веб-сервера, який передає актуальний стан системи управління та фіксує помилку: «ALARM: Перевищення струму!». Зазначена помилка виникає зазвичай при першому запуску системи управління, що пов’язано з адаптацією до різних потужностей асинхронних електродвигунів. Для усунення цієї помилки необхідно виконати наступні дії:

1. Ввести номінальне значення робочого струму підключеного асинхронного електродвигуна у відповідне поле «Максимальний струм».

2. Натиснути кнопку «Задати» для підтвердження введених даних.

3. Скинути помилку за допомогою кнопки «Reset». Після виконання вказаних операцій система управління буде готова до запуску асинхронного електродвигуна.

На рис. 3.4 представлено графічний інтерфейс веб-сервера, що перебуває у стані готовності до роботи.

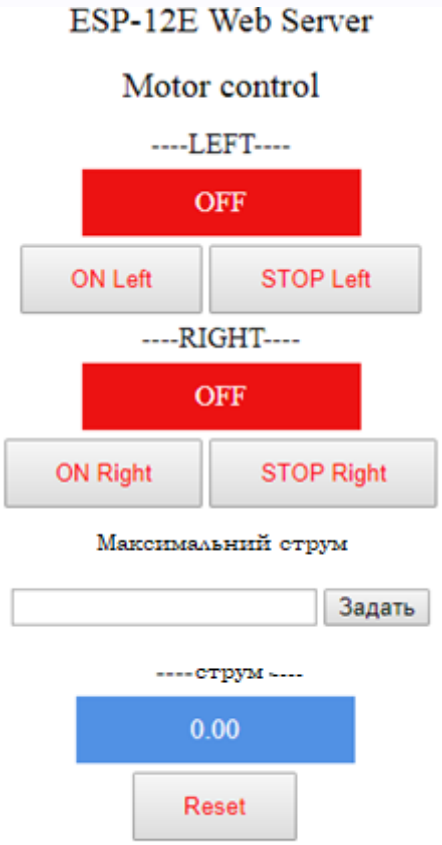


Рисунок 3.4 – Вікно браузера з готовим до роботи веб-сервером

Для запуску асинхронного електродвигуна слід натиснути одну з кнопок: ON Left або ON Right, обираючи напрямок обертання відповідно до поставлених вимог. Після натискання обраної кнопки здійснюється запуск двигуна, а система сигналізує про активний стан обертання шляхом зміни індикатора статусу. Індикатор переходить на зелений колір, а текст всередині нього змінюється з «OFF» на «ON», що детально демонструється на рис. 3.5.

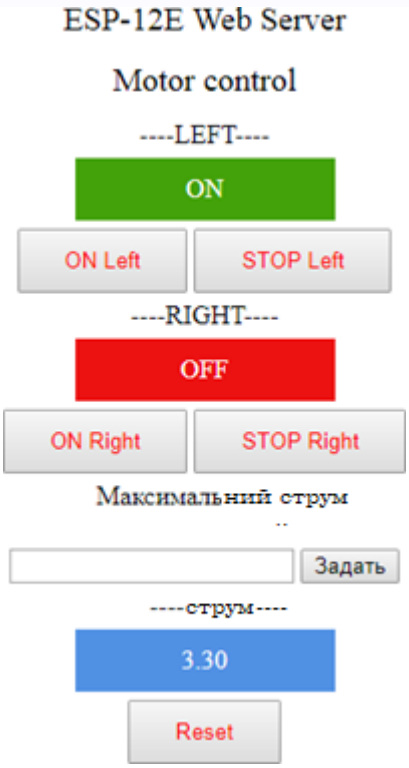


Рисунок 3.5 – Вікно браузера при увімкненій системі керування

Для зупинки асинхронного електродвигуна користувачеві слід натиснути кнопку STOP Left, якщо двигун працює в прямому напрямку. У разі роботи у зворотному напрямку необхідно скористатися кнопкою STOP Right. Після цього індикатор змінить свій стан на червоний, і на екрані з'явиться повідомлення «OFF».

У програмному забезпеченні реалізовано захист від одночасного запуску двигуна у двох протилежних напрямках обертання, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій.

Система дистанційного керування оснащена кнопкою аварійного відключення. При її активації двигун негайно зупиняється, а на веб-інтерфейсі

серверу виводиться попередження: «ALARM: Натиснути СТОП!!!». Візуалізація браузерного інтерфейсу після активації аварійної кнопки представлена на рис. 3.6.

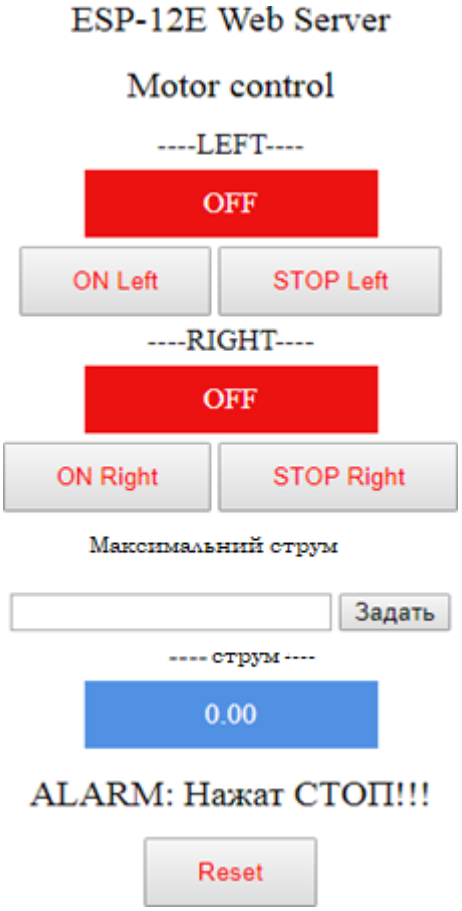


Рисунок 3.6 – Вікна з натиснутою аварійною кнопкою

У разі виникнення активної аварійної ситуації система блокуватиме можливість її скидання доти, доки кнопка не буде повернена до стандартного положення. Після встановлення кнопки в нормальний стан «аварію» можна зняти, скориставшись функцією скидання за допомогою натискання на кнопку «Скидання».

Враховуючи, що в портативній системі дистанційного керування асинхронним електродвигуном передбачено захист від перевищення робочого значення струму, у разі перевищення цього параметра система автоматично припинятиме роботу асинхронного електродвигуна та видаватиме відповідне повідомлення про помилку: "ALARM: Перевищення струму!!!". Візуальне зображення подібної ситуації подано на рис. 3.5.

3.4 Текст програми

```
# include <ESP8266WiFi.h>

# include <WiFiClient.h>

# include <ESP8266WebServer.h>

# include
<ESP8266mDNS.h> #
include
<ESP8266SSDP.h> #
include <SPI.h>


MDNSRsponder mdns;

const char * refresh ="refresh";

//////////////////////АЦП


const int spi_ss = 0; // Висновок вибору веденого SPI
uint8_t byte_0, byte_1; // Перший та другий байти для
читання uint16_t spi_bytes; // Остаточне 12-розрядне
зрушене значення //

float v_out; // Напруга з десятковою комою

float vref =3.3; // Опорна напруга на виводі Vref

// Wi-Fi
const char * ssid = "NOD-MCU"; //ім'я мережі
const char* password = "12345678"; //пароль мережі


byte arduino_mac[] = { 0xDE, 0xED, 0xBA, 0xFE, 0xFE,
```

```
0xED}; IPAddress ip(192,168,0,199);
IPAddress gateway(192,168,0,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);


ESP8266WebServer server(80);

String SSDP_Name="SSDP-Motor1"; // Ім'я SSDP


int D0_pin =
16; int
D2_pin = 4;
int D1_pin =
5;


int D0_state =
LOW; int
D2_state = LOW;
String per = "0"; // Завдання порога
спрацьовування захисту bool alarm = 0; // Стан
помилки
bool res=0; //Для скидання на сторінці
//int time1= 5; // Час перзавантаження сторінки

float floatVar=0; //Для перетворення типів(читання від клієнта String,
потрібно float).
bool alarm2 = 0;


void zapros (void) {
  per=server.arg("set");
```

```
char floatbufVar[32];

String stringVar = per;
stringVar.toCharArray(floatbufVar,sizeof(floatbufVar));
floatVar=atof(floatbufVar);
  Serial.print("per=");

  Serial.print(per);

  Serial.print("          floatVar=");
  Serial.println(floatVar); server.send(200, "text/html", webPage());
}


void setup (void) {

  // preparing GPIOs
  pinMode(D0_pin, OUTPUT);
  digitalWrite(D0_pin, LOW);
  pinMode(D2_pin, OUTPUT);
  digitalWrite(D2_pin, LOW);
  pinMode(D1_pin,  INPUT);


  delay(100);
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, password);
  WiFi.config(ip, gateway,
  subnet);
    Serial.println("");



  // Wait for connection
```

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
 Serial.print("
 .");
}
Serial.println("");
Serial.print("Connected to");
Serial.println(ssid);
Serial.print("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
  if (mdns.begin("esp8266", WiFi.localIP())){
  Serial.println("MDNS responder started");
}
  SSDP_init();
  //++++++++++++++++++++++++ START LED-1 ++++++++++++++++++++
server.on("/", []){
  server.send(200, "text/html", webPage());
  });
server.on("/socket1On", []){
  if (alarm == 0 && res == 0 && alarm2 ==0){
  D0_state = D2_state == HIGH ? LOW: HIGH;
  digitalWrite(D0_pin,  D0_state);
  }
  server.send(200, "text/html", webPage());
```

```
  delay(100);
   });
     server.on("/socket1Off", []){
  D0_state = LOW;
  digitalWrite(D0_pin, D0_state);
  server.send(200, "text/html", webPage());
     delay(100);
   //++++++++++++++++++++++++ END LED-1 ++++++++++++++++++++++++++
   //++++++++++++++++++++++ START LED-2 ++++++++++++++++++++
   });
  server.on("/socket2On", []){
 if (alarm == 0 && res == 0 && alarm2 ==0)
  {
  D2_state = D0_state == HIGH? LOW: HIGH;
  digitalWrite(D2_pin, D2_state);
// server.send(200, "text/html", webPage());
 }
  server.send(200, "text/html", webPage());
  delay(100);
 });
 server.on("/socket2Off", []){
  D2_state = LOW;
  digitalWrite(D2_pin,
  D2_state); Serial.print
  ("D2=");
```

```
    Serial.print (D2_state);
    server.send(200, "text/html", webPage());
    delay(100);
   // ++++++++++++++++++++++++ END LED-2 ++++++++++++++++++++++
   });
//////////////////////////////////////per////
///////  server.on("/set", zapros);
////////////////////per/////////////////////////
server.on("/reset", [](){
    res = 0;
    server.send(200, "text/html", webPage());
    delay(100);
    });
  server.begin();
  Serial.println("HTTP server started");
  pinMode(spi_ss, OUTPUT); // Встановити SPI висновок вибору веденого
  на вихід
  digitalWrite(spi_ss, HIGH); // Переконатися, що на spi_ss встановлена
логічна одиниця
  SPI.begin();
}
void loop()
{
  server.handleClient();
```

```
////////////////SPI//////////////////////////////////
 SPI.beginTransaction(SPISettings(10000, MSBFIRST, SPI_MODE0));
 digitalWrite(spi_ss, LOW);
 byte_0 = SPI.transfer(0); // read firt 8 bits
 byte_1 = SPI.transfer(0); // read second 8 bits
 digitalWrite(spi_ss, HIGH);
 SPI.endTransaction();
 spi_bytes = (((byte_0) <<7) + (byte_1 >>1));
 v_out = vref * (float(spi_bytes)/32768.0);
 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
 //////////////if (floatVar < v_out)
 {
 alarm = 1;
 res=1;
 D0_state =
 0;
 D2_state = 0;
 digitalWrite(D0_pin,
 LOW);
 digitalWrite(D2_pin,
 LOW);
 Serial.println(alarm);
}
 else
 {
  alarm = 0;
```

```
    // Serial.println(alarm);
    }
   if (digitalRead (D1_pin) == LOW)
   {
   alarm2 = 1;
   D0_state = 0;
   D2_state = 0;
   digitalWrite(D0_pin,
   LOW);
   digitalWrite(D2_pin,
   LOW);
   Serial.println(alarm2);
    }
    else
    {
    alarm2 = 0;
     }
}
String webPage()
{
  String web;
  web += "<!DOCTYPE html><html lang=\"ru\"><head><meta
name=\"viewport\" content=\"width=device-width, initial-scale=1\"/> figure,
footer,header,hgroup, menu, nav, section { display: block;
```

```
}</style><style>button{color:red;padding: 10px 27px;}</style></head>";
web += "<body><h1 style=\"text-align: center;font-family: Open sans;font-
 weight: 100;font-size: 20px;\">ESP-12E Web Server</h1><div>";
web += "<h1 style=\"text-align: center;font-family: Open sans;font-
 weight:
100;font-size: 20px;\">Motor control</h1><div>";

 //++++++++++ LED-1 +++++++++++++++

 web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">---- LEFT----</p>";


 if (D0_state == 1)
 {
  web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white;padding: 10px
30px;background-color: #43a209;margin: 0 auto;\">ON</div>";

 }

 else

 {
  web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #ec1212;margin: 0 auto;\">OFF</div>";

 }

 web += "<div style=\"text-align: center;margin: 5px 0px;\"><a

 href=\"socket1On\"><button>ON Left</button></a> <a

 href=\"socket1Off\"><button>STOP Left</button></a></div>”;
 // ++++++++ LED-1 +++++++++++++++

 web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom: 5px;\">--
-- RIGHT----</p>";
```

```
 if (D2_state == 1)
 {
   web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #43a209;margin: 0 auto;\">ON</div>";
 }
 else
 {
   web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding:
10px 30px;background-color: #ec1212;margin: 0 auto;\">OFF</div>";
 }
 web += "<div style=\"text-align: center;margin: 5px 0px;\"><a
 href=\"socket2On\"><button>ON Right</button></a>  <a
 href=\"socket2Off\"><button>STOP Right</button></a></div>”;
 // ++++++++ LED-2 +++++++++++++++
 web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom:
5px;\">Максимальний струм</p>";
 web += "<form action="http://192.168.0.199/set";
 web += "";
 web += "method="get";
 web += "';
 web += "><p style="text-align: center; margin-top: 0px;margin-
 bottom: 5px;"; web += "></br>";
 web += "<input type="text";
 web += "name="set";
 web += "';
```

```
 web += "/> <input
 type=\"submit"; web += "";
 web += "value="Задати";
 web += "";
 web +=
"/></p></form>";
 if (alarm == 1 || res ==
1){
 web += "<h1 style=\"text-align: center;font-family: Open sans;font-weight:
100;font-size: 20px;\">ALARM: Перевищення струму!!!</h1>";
 }
//аналогове значення A0
  web += "<p style=\"text-align: center;margin-top: 0px;margin-bottom: 5px;\">--
-- Ток----</p>";
 web += "<div style=\"text-align: center;width: 98px;color:white ;padding: 10px
30px;background-color: #5191e4;margin: 0 auto;\">"+ String(v_out)+"</div>";
 if (alarm2 == 1) {
 web += "<h1 style=\"text-align: center;font-family: Open sans;font-weight:
100;font-size: 20px;"ALARM: Натиснути СТОП!!!</h1>";
 }
//Ресет
web += "<div style=\"text-align: center;margin: 5px
0px;\">  <a
href=\"reset\"><button>Reset</button></a></div>";
// перезавантаження
   web += "<meta http-equiv=";
```

```
  web += "" + String(refresh)+"";
  web += "content=";
  web += String((int)30) + ";
  URL=http://192.168.0.199"; web +=">";
 //content="10;URL=http://php-mysql-   video.ru">
 // ========REFRESH============
// web += "<meta http-equiv="refresh"
 content="time1">";
// ========REFRESH============
 web += "</body></html>";
 return (web);
}
void SSDP_init(void) {
 // SSDP дескриптор
 server.on("/description.xml", HTTP_GET, []() {
   SSDP.schema(server.client());
   });
 //Якщо версія 2.0.0 закоментуйте наступний рядок
 SSDP.setDeviceType("upnp:rootdevice");
 SSDP.setSchemaURL("description.xml");
 SSDP.setHTTPPort(80);
 SSDP.setName(SSDP_Name);
 SSDP.setSerialNumber("000000000001");
 SSDP.setURL("/");
 SSDP.setModelName("SSDP-Motor1");
 SSDP.setModelNumber("000000000001");
 SSDP.setModelURL("http://www.esp8266-
```

```
  arduinoide.ru"); SSDP.setManufacturer("Dosaev");
  SSDP.setManufacturerURL("http://www.esp8266-
  arduinoide.ru"); SSDP.begin();
}
```

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз нормативно-правової бази з охорони праці при експлуатації електроустановок на газовидобувних станціях

Безпечна експлуатація електроустановок на газовидобувних станціях (ГВС) регламентується низкою нормативно-правових актів, які встановлюють вимоги до персоналу, обладнання, території та організації робіт. Основним документом є «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (НПАОП 40.1-1.01-97), які визначають загальні технічні та організаційні заходи для всіх електроустановок напругою до та вище 1000 В. Для газовидобувної галузі критичним є дотримання «Правил безпеки в нафтогазовій промисловості України» (НПАОП 0.00-1.11-15), які враховують специфіку вибухопожежонебезпечних зон та наявність сірководню в газі. Окрім того, обов’язковими є «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТЕЕС) та «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ) в частині вибору електрообладнання за рівнем вибухозахисту.

Аналіз показує, що ці документи мають ієрархічну структуру: закони України (про охорону праці, про об’єкти підвищеної небезпеки), кодекси (цивільний, адміністративний), галузеві правила, державні стандарти (ДСТУ) та інструкції заводів-виробників. Для ГВС найбільш жорсткі вимоги висуваються до: класифікації вибухонебезпечних зон (В-І, В-Іа, В-Іг за ПУЕ), заземлення та занулення, іскробезпеки та блискавкозахисту. Окремо варто виділити «Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок споживачів» (НПАОП 40.1-1.01-97) із змінами, де деталізовано порядок видачі нарядів-допусків для роботи на електроустановках, що знаходяться у вибухонебезпечних зонах. На жаль, чинна база має неузгодженості: наприклад, вимоги до періодичності вимірювання опору ізоляції в газових середовищах різняться в різних НПАОП, тому на практиці орієнтуються на більш жорсткі норми (не рідше ніж раз на 6 місяців для електроустановок у зоні В-Іг).

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

При експлуатації електроустановок на ГВС персонал зазнає впливу комплексу факторів, які поділяються на фізичні, хімічні, психофізіологічні та біологічні. Найбільш небезпечним є ураження електричним струмом – на ГВС використовуються напруги 6, 10, 35 кВ (живлення компресорів, насосів) та 0,4 кВ (освітлення, КВПіА). Струм 0,1 А є смертельним, а опір тіла людини в умовах підвищеної вологості (конденсат газу, опади) знижується до 500-1000 Ом, що різко підвищує ризик електротравм. Другим за значущістю фактором є вибухопожежонебезпека – природний газ (метан, етан, пропан) утворює з повітрям вибухонебезпечні суміші при концентрації 5-15%. У разі іскріння контактів, короткого замикання або несправності вибухозахищеного обладнання можливий вибух. Окрім того, на ГВС можлива наявність сірководню (H_2S), що є нервово-паралітичною отрутою та корозійно-активним газом, що руйнує контакти та ізоляцію.

Також присутній підвищений рівень шуму (від електродвигунів, компресорів, трансформаторів) до 95-110 дБА, що перевищує гранично допустимий рівень (80 дБА) і спричиняє професійну туговухість. Вібрація від працюючих машин впливає на суглоби та нервову систему. Шкідливим фактором є підвищена напруженість електричного поля (поблизу відкритих розподільних пристроїв 35 кВ) та статична електрика, що накопичується на полімерних трубах та кожухах. Несприятливий мікроклімат на відкритих майданчиках ГВС (перепади температур від -35 до +40°С, вітер, опади) підвищує стомлюваність і знижує увагу. Психофізіологічні фактори – монотонність спостереження за приладами, необхідність швидкого прийняття рішень при аваріях, висока відповідальність. У таблиці 4.1 наведено кількісну оцінку основних факторів.

Таблиця 4.1 – Перелік та граничні рівні небезпечних і шкідливих факторів при експлуатації електроустановок на ГВС

Фактор	Джерело	Нормований параметр	Допустиме значення	Фактичне значення (поза нормою)
Електричний струм	Відкриті струмовідні частини, пошкоджена ізоляція	Напруга дотику	≤ 12 В(особливо небезпечні зони)	до 220/380 В
Вибухонебезпека	Вибух газоповітряної суміші	Концентрація метану	0–1%(нижче 5% – безпечно)	5-15% – вибухова
Шум	Компресори, трансформатори, приводи	Еквівалентний рівень звуку	80 дБА	95-110 дБА
Вібрація	Електродвигуни	Віброприскорення	110 дБ	115-125 дБ
Загазованість (H_2S)	Свердловини, сепаратори	Середньодобова ГДК	0,01 мг/м³	при аваріях >10 мг/м³
Напруженість електричного поля	ВРП 35 кВ	E, кВ/м	≤ 5 кВ/м (протягом зміни)	до 15 кВ/м

4.3 Організаційні та технічні заходи на газовидобувній станції

Для забезпечення безпеки персоналу та надійної роботи електроустановок розроблено комплекс організаційних і технічних заходів. Організаційні заходи спрямовані на правильне планування робіт і відповідальність осіб. Відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97, на ГВС наказом керівника призначаються: відповідальний за електрогосподарство (з групою V до 1000 В або VI вище 1000 В), оперативний та оперативно-ремонтний персонал. Усі роботи в діючих електроустановках проводяться за нарядом-допуском або розпорядженням, причому для зон класів В-I, В-Ia наряд виписується обов’язково незалежно від напруги. Перед допуском до роботи проводиться інструктаж (цільовий, первинний, позаплановий – при

зміні умов). Не рідше 1 разу на 6 місяців перевіряються знання персоналу з правил безпеки. План ліквідації аварій (ПЛА) на ГВС включає дії при пошкодженні ізоляції, загорянні електроустаткування, зникненні напруги на системі вентиляції (що може призвести до накопичення газу). Обов'язкове проведення навчань та протиаварійних тренувань не рідше 1 разу на квартал.

Технічні заходи поділяються на загальні (для всіх електроустановок) та спеціальні (для вибухонебезпечних зон). До загальних відносяться: влаштування захисного заземлення (опір не більше 4 Ом для установок до 1000 В та 0,5 Ом для 35 кВ), занулення, обладнання блокуваннями (механічними та електричними), які унеможливлюють відкриття дверей під напругою. Для ГВС обов'язкове виконання вирівнювання потенціалів навколо заземлених корпусів. Спеціальні заходи включають: застосування електрообладнання у вибухозахищеному виконанні (маркування 1Ex d IIB T4, 1Ex e IIB T4 тощо), де рівень "d" – вибухонепроникна оболонка, "e" – підвищена надійність проти іскріння. Усі кабельні вводи у вибухозахищені оболонки виконуються через спеціальні ущільнення (кабельні муфти). Для запобігання накопиченню зарядів статичної електрики всі металеві частини технологічного обладнання, що не перебувають під напругою, приєднуються до контуру заземлення з опором не більше 10 Ом, а швидкість транспортування газу не повинна перевищувати 5 м/с. Також обладнується автоматична система контролю загазованості (датчики метану та H_2S) з блокуванням – при перевищенні 20% НКПВ (нижньої концентраційної межі поширення полум'я) автоматично відключаються електроприводи вентиляторів та освітлення.

В НАК «Нафтогаз» впроваджено візію "VISION ZERO" – візію HSE (Health, Safety and Environment), згідно з якою травматизм, смертність, аварії та інші негативні наслідки від операційної діяльності є неприпустимими.

Безпека праці - в основі всього, що робиться в Нафтогазі і має вирішальне значення для успіху роботи компанії. Кожен день ми прагнемо працювати безпечно, поважаючи громаду, в якій працюємо, захищаючи довкілля. Ми

очікуємо і заохочуємо безпечну поведінку, беремо відповідальність за добробут та безпеку людей, гарантуючи безпечну реалізацію наших проектів і операцій.

Одним з основних принципів політики Нафтогазу є пріоритет життя і здоров'я працівників, повна відповідальність керівників підприємств компанії за створення безпечних і здорових умов праці.

Свою роботу у цьому напрямку компанія будує на основі галузевої системи управління охороною праці, яка постійно оновлюється і вдосконалюється відповідно до міжнародних стандартів.

Компанія усвідомлює відповідальність за збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності та прагне забезпечити впровадження на своїх підприємствах передового міжнародного досвіду з питань управління охороною праці.

Основні положення цього досвіду викладені у стратегічному документі – Сім «золотих правил», якими керуються компанії, підприємства та установи у країнах Європейського Союзу. Компанія забезпечує впровадження провідного міжнародного досвіду з питань управління охороною праці.

1. Відповідальність та лідерство у забезпеченні охорони праці.
2. Виявлення небезпек та ризиків (систематична ідентифікація небезпек та ризиків: оцінка ризиків та аналіз нещасних випадків і професійних захворювань).
3. Визначення цілей щодо охорони праці (визначення пріоритетних ризиків та цілей профілактичних програм).
4. Створення безпечної системи (системна організація безпеки та гігієни праці).
5. Використання безпечної та справної техніки.
6. Підвищення кваліфікації (основні кваліфікаційні вимоги, навчання без відриву від виробництва та регулярний інструктаж керівників і робітників).
7. Інвестиції в персонал (мотивація працівників до формування та ефективного функціонування системи управління охороною праці, зміна ролі працівників з пасивної на активну, закладення стимулюючої основи для безпечної поведінки).

В Нафтогазі побудовано систему управління охороною здоров’я та безпеки праці, яка відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 45001:2018, що підтверджено відповідним сертифікатом.

Промислова безпека

Одним з основних напрямів діяльності Нафтогазу є забезпечення безперервності та надійності роботи виробничих об’єктів.

Тому промислова безпека в компанії Нафтогаз є складовою безпекових систем, управління якими регулюється чинними стандартами та нормативними документами.

Правовими підставами функціонування системи управління промбезпекою в компанії є закони України, зокрема:

- у статті 4 Закону України «Про охорону праці» зазначено, що одним із принципів державної політики у сфері охорони праці є «підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції»;
- у статті 8 Закону України «Про об’єкти підвищеної небезпеки» (гармонізований з директивними документами з питань промислової безпеки Європейського Союзу, зокрема з директивою ЄС «Севезо») є зобов’язання суб’єктів господарської діяльності забезпечувати експлуатацію об’єктів підвищеної небезпеки з додержанням мінімально можливого ризику, а також виконувати вимоги цього закону та інших нормативно-правових актів, які регулюють діяльність об’єктів підвищеної небезпеки.

З метою покращення стандартів безпеки, забезпечення впровадження найкращих світових передових стандартів HSE у компанії Нафтогаз побудовано Систему управління промисловою безпекою, в межах якої здійснюється планування роботи, спрямованої на підвищення рівня промислової безпеки, проводиться оцінювання та удосконалення діяльності підприємств компанії Нафтогаз за цим напрямком.

Побудована система управління унікальна та не має аналогів не тільки в галузі, але й в Україні. Під час її впровадження використано вимоги найсучасніших міжнародних стандартів: EN ISO 9001, ISO 45001 та ISO 14001.

За роки свого існування НАК «Нафтогаз України» довела та надалі впевнено доводить свою спроможність ефективно та надійно виконувати делеговані державою безпекові функції.

Цивільний захист, пожежна та техногенна безпека

Забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств. Цивільний захист, пожежна та техногенна безпека забезпечуються шляхом проведення організаційних технічних заходів, спрямованих на запобігання пожежам, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для успішного гасіння пожеж.

На виробничих об’єктах компанії забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки здійснюється шляхом організації та проведення контролю за станом цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки, своєчасного виявлення відхилень від встановлених нормативів з цих питань, планування, впровадження та контролю за виконанням вимог з питань цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки на всіх рівнях управління виробництвом.

В компанії Нафтогаз:

- розробляються комплексні заходи щодо забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки, впроваджуються досягнення науки і техніки, позитивний досвід;
- відповідно до нормативних актів з цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки розробляються і затверджуються положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють у межах компанії, здійснюється постійний контроль за їх дотриманням;

- організовано навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;
- утримуються в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежна техніка, обладнання та інвентар, не допускається їх використання не за призначенням;
- створюються відповідно до встановленого порядку підрозділи добровільної пожежної охорони та необхідна для їх функціонування матеріально-технічна база;
- здійснюються заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж з використанням для цієї мети виробничої автоматики тощо.

ВИСНОВОК

В бакалаврський кваліфікаційній роботі «Розробка системи дистанційного керування асинхронним електроприводом контрольно-керуючих систем газовидобувної станції» було проведено аналіз існуючих систем керування асинхронними електродвигунами, а також вивчено мережі, що використовуються в промисловості. У роботі враховано переваги досліджених систем, розглянуто їхні особливості та виявлено недоліки.

Перший розділ роботи присвячений огляду історії розвитку газовидобутку України, проведено огляд особливостей роботи асинхронного приводу.

У другому розділі здійснено розробку принципової електричної схеми, яка включає систему керування, датчик струму, а також ланцюги живлення і управління.

У третьому розділі обрано програмне забезпечення й середовище розробки, зокрема реалізовано програмну частину.

Під час створення системи дистанційного керування асинхронним електроприводом застосовано технічні рішення, детально описані у пояснювальній записці. Усі реалізовані технічні рішення спрямовані на здешевлення системи порівняно з існуючими аналогами.

У межах роботи розроблено цифровий датчик струму на базі трансформатора струму АС-1015 для вимірювання діючого значення струму в обмотці асинхронного електродвигуна. Також описано процес передачі інформації від датчика струму до мікроконтролера.

Розроблена система дистанційного керування асинхронним електродвигуном є повноцінним технічним рішенням. Вона дозволяє ефективно управляти електродвигуном як із диспетчерського пункту, так і за допомогою портативного мобільного пристрою.

В роботі розглянуто питання охорони праці в компанії НАК «Нафтогаз».

СПИСОК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативна енергетика України: особливості функціонування і перспективи розвитку / [Г.М. Калетнік, С.Т. Олійнічук, О.П. Скорук та ін.]. Вінниця: Едельвейс і К, 2012.-256 с.

2. Kaletnik H. Public policy and biofuels: Energy, environment and food trilemma / H. Kaletnik, V. Pryshliak, N. Pryshliak. // Journal of Environmental Management and Tourism SNIP 0.870.2019. - №10. С. 479-487..

3. Видмиш А. А. Основи електропривода. Теорія та практика / А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Вінниця: Твори, 2020. (навчальний посібник). 391 с.

4. Видмиш А. А., Трошин О А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум/ Навчальний посібник. Видмиш А А., Трошин О А Вінниця: ВДТУ, 2003. 135 с.

5. Видмиш А. А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний посібник / А А. Видмиш, СМ. Бабій, В. В. Петрусь. Вінниця: ВНТУ, 2012.-96 с.

6. Statistical express control of the peak values of the differential-thermal analysis of solid materials/A.Semenov, S. Baraban, O. Voznyak, A. Vydmysh. // Solid State Phenomena SNIP 0.332.2019. №291. С. 28-41.

7. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика / М. І.Стаднік, А. А. Видмиш, А. А. Штуць, М. А. Колісник. Вінниця: Твори, 2020. 301 с. (навчальний посібник).

8. Матвійчук В. А., Стаднік М. І., Рубаненко О. О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи для спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка електромеханіка». / Вінниця: ВНАУ, 2016.- с.92 та

9. Shtuts A. A. Improvement of Stamping by Rolling Processes of Pipe and Cylindrical Blades on Experimental Research / A. A. Shtuts, M. A. Kolisnyk, A. A. Vydmysh. // Key Engineering Materials.2020. С. 168-181.

10. Видмиш А. А. Наближений метод визначення освітленості під час

виконання енергетичного аудиту зовнішнього освітлення / А. А. Видмиш, О. В. Бабенко, А. А. Штуць. // Вісник Хмельницького національного університету. - 2018,С. 241-246.

11. Попович М.Г. Лозинський О.Ю., Буртний В.В., Панченко Б.Я., Місюренко В.О. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи /За ред. М.Г.Поповича, О.Ю. Лозинського. К.: Либідь 2005.-679с.

12. Теорія електропривода, під редакцією М.Г. Поповича, Київ: Вища школа, 1993.493.

13. Differential method for measuring the maximum achievable transmission coefficient of active microwave quadripole / [A. A. Semenov, O. M. Voznyak, A. A. Vydmysh та ін.]. // Journal of Physics: Conference Series.2019. С. 1-9.

14. Возняк О. М. Дослідження графоаналітичного методу визначення стандартних W- параметрів чотириполюсника / О. М. Возняк, А. А. Видмиш, А. А. Штуць. // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2019. – С. 67-78.

15. Рубаненко О. О. Аналіз роботи ВДЕ в розподільних мережах та шляхи компенсації їх нестабільності / О. О. Рубаненко, В. П. Янович, А. А. Видмиш. //Вісник Хмельницького національного університету. 2019. С. 263-268.

16. Research On Sunflower Seeds Drying Process In A Monolayer Tray Vibration Dryer Based On Infrared Radiation / V. M.Bandura, V. A. Mazur, L. V. Yaroshenko, O. O. Rubanenko. // INMATEH - Agricultural Engineering SNIP 0.584. -2020.-№57. С. 233-242.

17. Abhishek Garg, Arun Singh Tomar. Starting time calculation for induction motor. International Journal of Engineering Research and Applications, May 2015, vol. 5, iss. 5, pp. 56-60.

18. Джигерей В.С., Безпека життєдіяльності: В.Ц. Жидецький. Вид. 2-ге, виправлене. – Львів: Афіша, 2002. – 254 с.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О.М. Бекетова

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ, ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ІЛЮСТРАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДО
БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на тему:

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ КОНТРОЛЬНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ ГАЗОВИДОБУВНОЇ СТАНЦІЇ

Виконав: студент групи АЕК 2022-1
спеціальність 141 - Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма Автоматизовані електротехнічн
і комплекси нафтогазової галузі

Даніїл СТЕЦЕНКО

Харків - 2026

ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ:

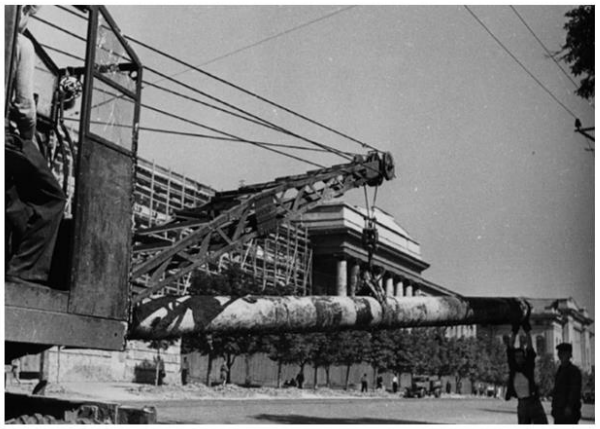
1.Тітульний лист
2. Перелік графічного матеріалу
3. Мета та задачі проектування
4. Будова газопроводу Дашавського родовища
5. Виробничий цикл промислової групи НАК «Нафтогаз»
6. Складові частини регульованого асинхронного електроприводу
7. ДАТЧИК СТРУМУ
8. Графік залежності напруги вторинної обмотки від значення вимірюваного струму при різних навантаженнях
9. Налагоджувальна плата nodeMCU
10. Принципова схема портативної системи дистанційного керування асинхронним електродвигуном
11. Скріншот вікна програми Arduino IDE із зазначеними налаштуваннями підключення до мережі
12. Зовнішній вигляд сторінки сервера
13. Висновки

Об’єктом розробки та дослідження є технологічні процеси контролю та обслуговуванню електротехнічного обладнання газодобувної станції

Метою бакалаврської роботи є підвищення надійності роботи електричних приводів газовидобувної станції

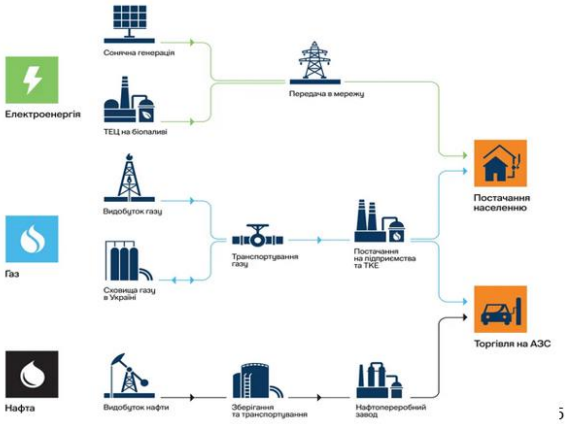
3

Будова газопроводу Дашавського родовища



4

Виробничий цикл промислової групи НАК «Нафтогаз»



5

Складові частини регульованого асинхронного електроприводу

Асинхронний електродвигун

пускач із тепловим реле

влаштування плавного пуску

Частотний перетворювач (ЧП)

6

ДАТЧИК СТРУМУ

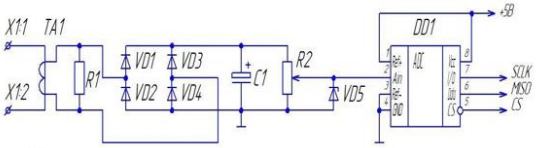
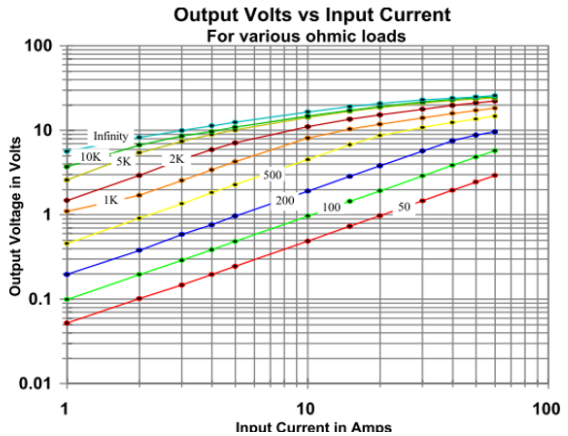


Схема датчика струму

Вимірювальний трансформатор струму АС – 1015

7

Графік залежності напруги вторинної обмотки від значення вимірюваного струму при різних навантаженнях



8

Налагоджувальна плата nodeMCU

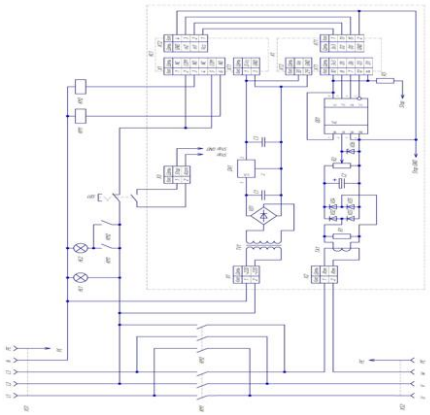
Технічні характеристики модуля ESP-12E

Категорія	Параметр	Значення
Характеристики апаратної частини	Периферійні шини	UART/HSPI/I2C/I2S/
	Робоча напруга	3,0-3,6
	Робочий струм	80 мА
	Діапазон робочих температур	- 40-125 ° C
	Розміри	16x24x3 мм
WiFi параметри	WiFi протоколи	IEEE802.11 b/g/n
	Частотний діапазон	2,4-2,5 ГГц
Характеристики програмного забезпечення	WiFi режим	Станція/ точка доступу/ точка доступу + станція
	Безпека	WPA/WPA2
	Шифрування	WEP/TKIP/AES
	Оновлення прошивки	Завантаження через UART / завантаження та запис прошивки через хост
	Мережеві протоколи	IPv4,TCP/UDP/HTTP/FTP
	Налаштування користувача	Набір команд AT

Модуль ESP-12E

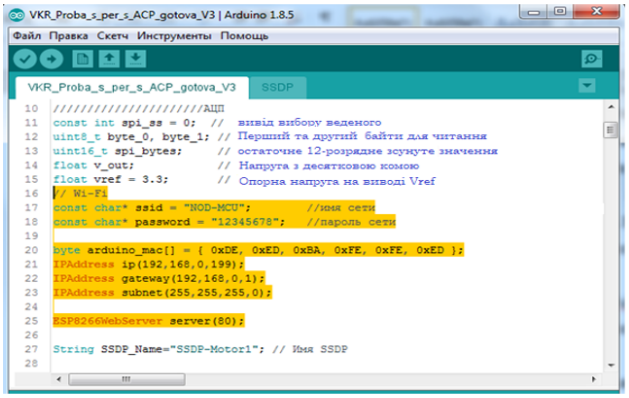
9

Принципова схема портативної системи дистанційного керування асинхронним електродвигуном



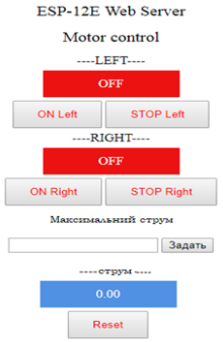
11

Скріншот вікна програми Arduino IDE із зазначеними налаштуваннями підключення до мережі



11

Зовнішній вигляд сторінки сервера



Вікно браузера з готовим до роботи веб-сервером

Вікно браузера при увімкненій системі керування

12

ВИСНОВКИ

- В бакалаврський кваліфікаційній роботі «Розробка системи дистанційного керування асинхронним електроприводом контрольно-керуючих систем газовидобувної станції» було проведено аналіз існуючих систем керування асинхронними електродвигунами, а також вивчено мережі, що використовуються в промисловості. У роботі враховано переваги досліджених систем, розглянуто їхні особливості та виявлено недоліки.
- Перший розділ роботи присвячений огляду історії розвитку газовидобутку України, проведено огляд особливостей роботи асинхронного приводу.
- У другому розділі здійснено розробку принципової електричної схеми, яка включає систему керування, датчик струму, а також ланцюги живлення і управління.
- У третьому розділі обрано програмне забезпечення й середовище розробки, зокрема реалізовано програмну частину.
- Під час створення системи дистанційного керування асинхронним електроприводом застосовано технічні рішення, детально описані у пояснювальній записці. Усі реалізовані технічні рішення спрямовані на здешевлення системи порівняно з існуючими аналогами.
- Розроблена система дистанційного керування асинхронним електродвигуном є повноцінним технічним рішенням. Вона дозволяє ефективно управляти електродвигуном як із диспетчерського пункту, так і за допомогою портативного мобільного пристрою.
- В роботі розглянуто питання охорони праці в компанії НАК «Нафтогаз».

13