

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка» Навчально-науковий інститут інформаційних
технологій та робототехніки Кафедра автоматики, електроніки та
телекомунікацій

Пояснювальна записка

до
кваліфікаційної
роботи бакалавр

на тему: **Розроблення автономної електростанції на базі
«Асинхронний
електродвигун – ДВЗ»**

Виконав: студент
4 курсу, групи
401-МЕ
спеціальності 141
«Електроенергетика,
електротехніка та
електромеханіка»

В'юн В.В.

Керівник Трет'як А.В.
Рецензент Боряк Б.Р.

Полтава - 2023 рік

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра «Розроблення автономної електростанції на базі Асинхронний електродвигун – ДВЗ»

Робота містить 66 сторінок, 6 ілюстрацій, 2 таблиці, 40 використаних джерел.

Ключові слова: автономна електростанція, ДВЗ, Асинхронний двигун, стабілізація напруги, система керування, автономні джерела енергії, конструктивна схема.

Об'єктом кваліфікаційної роботи є розробка автономної електростанції на базі асинхронного електродвигуна - ДВЗ (двигуна внутрішнього згорання). Електростанція має бути здатна генерувати електричну енергію у самостійному режимі, без підключення до зовнішньої мережі, що дозволить забезпечити енергетичну незалежність та знизити залежність від традиційних джерел енергії.

Основною метою роботи є створення ефективної та надійної автономної електростанції, яка забезпечує постійний електропостачання у віддалених або недоступних для підключення до громадської електричної мережі місцях. Основними завданнями роботи є аналіз існуючих видів автономних джерел енергії, розрахунок та вибір ДВЗ та асинхронного двигуна, вибір системи керування ДВЗ, розроблення системи стабілізації згенерованої напруги та розроблення конструктивної схеми генераторної установки.

В результаті проведення кваліфікаційної роботи очікується отримати ефективну та надійну автономну електростанцію на базі асинхронного електродвигуна - ДВЗ, яка може забезпечувати стале електропостачання в умовах віддалених або недоступних для підключення до громадської електричної мережі місцях. Результати роботи можуть бути використані для розвитку автономних джерел енергії та підвищення енергетичної незалежності.

SUMMARY

Development of an Autonomous Power Station based on an "Asynchronous Electric Motor - Internal Combustion Engine (DVZ)".

The work consists of 66 pages, 6 illustrations, 2 tables, and references to 40 sources.

Keywords: autonomous power station, DVZ, asynchronous motor, voltage stabilization, control system, autonomous energy sources, constructive scheme.

The objective of the qualification work is to develop an autonomous power station based on an asynchronous electric motor - DVZ (internal combustion engine). The power station should be capable of generating electrical energy in a self-sufficient mode without being connected to an external grid. This would enable energy independence and reduce dependence on traditional energy sources.

The main goal of the work is to create an efficient and reliable autonomous power station that provides a constant power supply in remote or inaccessible locations where connection to the public electrical grid is not feasible. The main tasks of the work include analyzing existing types of autonomous energy sources, calculating and selecting DVZ and asynchronous motor, choosing a control system for DVZ, developing a voltage stabilization system, and designing a constructive scheme of the generator installation.

The expected outcome of the qualification work is to obtain an efficient and reliable autonomous power station based on an asynchronous electric motor - DVZ, capable of providing a stable power supply in remote or inaccessible locations. The results of the work can be utilized for the development of autonomous energy sources and enhancing energy independence.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка» Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних
технологій та робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та
телекомунікацій Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій**

_____ О.В. Шефер
«01» квітня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ
СТУДЕНТУ

В'юн Володимир Валентинович

1. Тема роботи «Розроблення автономної електростанції на базі
«Асинхронний електродвигун – ДВЗ»
керівник роботи Трет'як Андрій Валерійович, к.т.н., доц.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20 . 03 .2023 року №
236-фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) технічна документація на асинхронний
двигун та двигун внутрішнього згорання. Характеристики асинхронного
двигуна типу АИР160S4
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Аналіз існуючих видів автономних джерел енергії для аварійного
живлення. Розрахунок та вибір ДВЗ та асинхронного двигуна. Вибір системи
керування ДВЗ. Розроблення системи стабілізації згенерованої напруги.
Розроблення конструктивної схеми генераторної установки. Висновки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) аналіз існуючих видів автономних джерел енергії;
 - 2) структурна схема генераторної установки;
 - 3) електрична схема генераторної установки;
 - 4) блок-схема та алгоритм керування системою стабілізації
згенерованої напруги;
 - 5) зовнішній вигляд генераторної установки;
6. Дата видачі завдання 01.04.2023 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Аналіз існуючих видів автономних джерел енергії	26.04.23	I	20%	Пл. 1
2	Розрахунок та вибір ДВЗ та асинхронного двигуна.	10.05.23		40%	Пл. 2
3	Вибір системи керування ДВЗ	24.05.23	II	60%	Пл. 3
4	Розроблення системи стабілізації згенерованої напруги	07.06.23		80 %	Пл. 4
5	Розроблення конструктивної схеми генераторної установки. Висновки. Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	14.06.23	III	100%	Пл. 5, 6

Студент _____ В'юн В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Трет'як А.В.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1.Аналіз існуючих видів автономних джерел енергії.....	9
1.1 Сонячна електростанція.....	9
1.2 Гідроелектростанція.....	11
1.3 Вітроелектростанція.....	13
1.4 Когенераційні установки.....	15
1.5 Дизель-/газо-/бензогенератори	17
2.Розрахунок та вибір ДВЗ та асинхронного двигуна.....	20
3.Вибір системи керування ДВЗ.....	31
4.Розроблення системи стабілізації згенерованої напруги. Розроблення	40
конструктивної схеми генераторної установки.....	
4.1 Розроблення системи стабілізації згенерованої напруги	40
4.2 Розроблення конструктивної схеми генераторної установки.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТКИ.....	57

Вступ

Розвиток технологій та зростання споживання енергії ставлять перед сучасним суспільством виклик — необхідність створення ефективних та стійких енергетичних систем. У цьому контексті розроблення автономних електростанцій на базі асинхронних двигунів внутрішнього згорання є актуальною задачею.

Аналізуючи сучасний стан проблеми, проведений на основі вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури, періодичних видань, патентного пошуку та досвіду роботи підприємств, установ і провідних фірм, можна виявити кілька ключових моментів. По-перше, існуючі системи енергетичного постачання не завжди відповідають сучасним вимогам екологічної безпеки та сталого розвитку. По-друге, енергетична незалежність, особливо в віддалених регіонах або на місцях з обмеженим доступом до електричних мереж, стає дедалі важливішою. По-третє, енергетичні системи, які використовують асинхронні двигуни внутрішнього згорання, потребують модернізації та удосконалення, щоб забезпечити їх ефективність та надійність. По-четверте у зв'язку з розпочатим повномасштабним вторгненням Російської Федерації на територію України і в наслідок серйозних пошкоджень об'єктів енергетичної інфраструктури, виникла нагальна потреба в розробці аварійних джерел живлення для критично важливих промислових та побутових електроустановок. Через цей конфлікт енергетична стабільність та надійність у регіоні була порушена. Було спричинені значні пошкодження електричним мережам, електростанціям та іншим енергетичним об'єктам. Це створило загрозу для безперебійної подачі електроенергії до підприємств, важливих для функціонування економіки та життєзабезпечення населення.

Метою даної роботи є розроблення автономної електростанції на базі асинхронного двигуна-двигуна внутрішнього згорання, яка відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та енергоефективності.

Основними завданнями проекту є підвищення екологічної безпеки, забезпечення енергетичної незалежності та зниження витрат на енергію. Для досягнення цих цілей необхідно провести дослідження щодо вдосконалення конструкції асинхронного двигуна, оптимізації параметрів та режимів роботи електростанції, розробки системи керування та моніторингу, а також оцінки економічної ефективності проекту.

Ураховуючи вищезазначені обґрунтування, розробка автономної електростанції на базі асинхронного двигуна-двигуна внутрішнього згорання має великий потенціал для впровадження в різних сферах, включаючи промисловість, сільське господарство, будівництво та домашнє використання. Цей проект сприятиме для більш стійкої та незалежної енергетичної системи, що відповідає сучасним екологічним та економічним вимогам, та сприятиме розвитку інноваційних рішень у сфері енергетики.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВИДІВ АВТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Автономні джерела енергії – це джерела енергії, які можуть функціонувати без залежності від зовнішніх джерел енергії, таких як електрична мережа.

Основними видами автономних джерел енергії є: сонячні електростанції, гідроенергетичні установки, вітроелектростанції, дизель-/газо-/бензогенератори, когенераційні біогазові установки.

1.1 Сонячна електростанція

Сонячна електростанція – це система, що перетворює сонячну енергію у електричну енергію. Сонячна електростанція поділяється на види електростанцій: тепла та фотоелектрична електростанції. Сонячна тепла установка є пристроєм, який призначений для перетворення енергії сонячного світла в електроенергію з використанням звичайного термодинамічного циклу. Особливістю сонячних теплових електростанцій є те, що вони отримують абсолютно екологічне джерело енергії - сонячне світло, на вибір від традиційних теплових електростанцій, які працюють на викопному паливі. Хоча технологія виробництва електроенергії відрізняється від типу сонячної теплової установки, їх операційна система схожа. Сонячна тепла електростанція використовує концентрацію сонячного випромінювання для підвищення температури рідини з властивостями теплопровідності до того моменту, поки вона не перетвориться на пару, яка потім подається в турбіну. В цій турбіні тепла енергія перетворюється в механічну енергію, що передається в генератор змінного струму для остаточного перетворення в електрику. Після завершення термодинамічного циклу, пара повертається в конденсатор, де вона повертає свій рідкий стан, і процес починається знову. З точки зору ефективності, важливо розуміти, що продуктивність сонячної теплової установки залежить від кількості годин сонячного світла та погодних умов. Це означає, що сонячні електростанції мають

резервуар для зберігання накопиченої енергії, яку можна використовувати в разі потреби.

Функціонування сонячної фотоелектричної установки базується на використанні фотонів та світлової енергії сонячного випромінювання. У цих типах об'єктів використовуються різні типи сонячних панелей. Наприклад, для сонячних теплових електростанцій використовують колектори, тоді як для фотоелектричних електростанцій - панелі, що складаються з фотоелектричних сонячних елементів. Останні можуть бути виготовлені з кремнію (монокристалічні або полікристалічні сонячні панелі) або з інших матеріалів з фотоелектричними властивостями, наприклад, аморфних сонячних панелей. Завдяки матеріалам, з яких виготовлені сонячні панелі, електрони, що містяться в більш зовнішніх шарах фотоелектричних елементів, поглинають випромінювання та генерують постійний струм за рахунок сонячних променів які безпосередньо потрапляють на панелі. Сонячні панелі зазвичай з'єднані паралельно, утворюючи струни, які потім підключаються до інвертора струму. Інвертор перетворює постійний струм від фотоелементів на змінну енергію, після чого електроенергія направляється до трансформатора. Трансформатор адаптує напругу та інтенсивність електроенергії таким чином, що її можна транспортувати через лінії електричної мережі до центрів споживання. Для покращення продуктивності роботи сонячна електростанція також використовує метеостанцію, яка аналізує погодні умови навколишнього середовища. Це дозволяє визначити інтенсивність сонячного випромінювання та його зміну на коротких і довгих інтервалах, а також точний час заходу сонця. Таким чином, можна передбачити періоди, коли світла недостатньо, та накопичувати необхідну енергію для забезпечення електропостачання. Сонячні спільноти та сонячні ферми - два приклади фотоелектричних електростанцій, що доповнюють традиційні сонячні електростанції, встановлені на дахах будівель. Сонячні спільноти зазвичай встановлюються на дахах будинків та виробляють електроенергію для власного споживання з метою зниження

витрат на електроенергію. У свою чергу, сонячні ферми мають значно більшу потужність та зазвичай розташовуються на великих ділянках землі з метою виробництва електроенергії для постачання до мережі електропостачання. Сонячна електростанція для автономного енергозабезпечення працює за принципом накопичення електрики, що виробляється сонячними панелями, в акумуляторних батареях. Протягом дня енергія надходить через зарядний пристрій (контролер) в акумуляторні батареї і зберігається до повної зарядки. Електроенергію можна використовувати цілодобово, для цього постійний струм з акумуляторних батарей направляє в інвертор, а з нього - в мережу підприємства. Автономна електростанція є актуальною в тих місцях, де немає доступу до електричної мережі або зазначаються регулярні відключення. Проте, електростанція з акумуляторними батареями є дорожчою, ніж мережева сонячна електростанція. Перевагами сонячної електростанції є:

- Нескінченний запас сонячної енергії, на відміну від запасів нафти, газу чи вугілля
- Екологічність видобутку сонячної енергії абсолютно безпечно для навколишнього середовища
- Простота експлуатації та довгий строк служби

Недоліками в цій електростанції є:

- Висока вартість
- Мінливість погоди
- Займає досить багато місця

1.2 Гідроелектростанція

Перетворенням гідравлічної енергії водотоку, природного чи штучного, у відновлювальну електроенергію займається гідроелектростанція. ГЕС бувають

трьох типів: руслові, водосховища або акумулюючі. Для ефективності ГЕС потрібні як мінімум два фактори, такі як:

- Гарантованість забезпечення водою цілий рік
- Великі лоно річки, для більш сильної течії

Під час виробництва гідроелектроенергії використовується принцип різниці висот, де вода збирається або зберігається на вищій висоті і потім ведеться вниз через напірні труби або тунелі. Цей спуск води створює гідростатичний тиск, відомий як "голова", що дозволяє воді виконувати роботу, падаючи на турбіни. Турбіни в свою чергу, приводять в рух генератори, які перетворюють механічну енергію турбін в електричну енергію. Далі, змінна напруга, що виробляється генераторами, перетворюється на вищу напругу за допомогою трансформаторів, що дозволяє передавати електроенергію на великі відстані. Зазвичай гідроелектростанції розташовані на дамбах, які перекривають річки. Це дозволяє підвищити рівень води за дамбою і створити найбільш високий напір наскільки це можливо. Отримання потенційної потужності з води пропорційне робочому напору, тому установки з високим напором потребують меншого об'єму води, щоб виробляти таку ж потужність, порівняно з установками з низьким напором. Деякі греблі електростанцій розташовані на одному боці греблі, де частину греблі використовують як водоскид для надлишкової води під час повені. У випадку, коли річка тече через вузьку та круту ущелину, електростанція може бути розташована в межах самої греблі. Існує три різних типи гідроелектростанцій, найбільш поширеним з яких є водосховище. У водосховищах греблю використовують для контролю потоку води, яка зберігається в басейні або резервуарі. Коли потрібно більше енергії, вода випускається з дамби, а сила тяжіння сприяє її руху вниз через турбіну. Лопаті турбіни обертаються, живлячи генератор, коли вода протікає через них. Другим типом ГЕС є водовідвідні труби. Цей вид ГЕС унікальний тим, що не використовує дамбу, замість цього генератори живляться за допомогою серії каналів які спрямовують течію річкової води до турбін.

Третій тип станцій має назву гідроакумуючі. ГАЕС мають два резервуари на різних рівнях: один знаходиться вище по течії, а інший нижче, і другий використовується як запас енергії. Така конструкція забезпечує подвійний режим: в періоди низького попиту на енергію, вода, яка проходить через турбіни та виробляє електроенергію, може бути повернута назад у верхній резервуар за участі тих самих турбін. Таким чином, вони діють як насосна електрична система. Також для побутових споживачів є міні-, мікроГЕС – мобільні гідроенергетичні установки наприклад мікроГЕС рукавного типу і установки з вільнотекучими турбінами. МікроГЕС рукавного типу ефективні при використанні енергії води на передгірних і гірських ділянках річок зі значними ухилами дна так великими швидкостями потоку. Перевагами ГЕС є:

- Використання поновлювальних ресурсів
- Швидкий вихід на робочу потужність після ввімкнення
- Не має шкідливих викидів в атмосферу
- Дешева електроенергія

Недоліками ГЕС є:

- Затоплення орних земель
- Скорочені і не регульовані попуски води з водосховищ
- Прихильність до водойм
- Пагубний вплив на екосистему річок

1.3 Вітроелектростанції

Вітряна електростанція - територія розміром кілька квадратних кілометрів, на якій встановлено ряд вітрових турбін, які використовують сили вітру з поверхні землі або моря для вироблення електроенергії, яка потім подається до мережі для використання споживачами. Принцип за яким працюють вітряні турбіни дуже

простий. Обертаючи лопасті, за допомогою сили вітру виробляється кінетична енергія, яку генератор перетворює на електричну. Склад вітрогенератора являє собою вежу на верхівці якої знаходяться гондоли і ротору з кількома лопастями, що спрямовані за напрямком вітру. Вітрогенератори поділяють на два типи: з горизонтальною та вертикальною осями обертання. Горизонтальні вітрогенератори зазвичай використовують електростанції з великою потужністю, вертикальні менш потужні ніж горизонтальні і використовують для потреб споживачів. Також вітрові турбіни функціонують трьома способами:

- Автономний
- Вибірковий
- Паралельний

Автономний режим повинен забезпечувати безперерйне живлення електричною енергією споживача від вітрової установки протягом певного періоду роботи.

Паралельний режим роботи характеризується збільшенням загального виробництва електроенергії або частковим покриттям плану загального навантаження енергосистеми, при цьому забезпечуючи велику економію органічного палива. Зміна потужності вітрового потоку може вплинути на вироблену потужність, і існує деяка ймовірність передбачити періоди, коли потік виходить за межі робочого діапазону. Навіть в регіонах з постійним доступом до вітрової енергії, вироблена електроенергія вітряною турбіною має бути оптимально пристосована до обсягу вітру, оскільки сама вона зазнає годинних, денних та сезонних змін. Спроба прямого збільшення електромагнітної потужності, яку генерують вітрові турбіни, з профілем навантаження може призвести до втрат потужності, що впливає на роботу окремих споживачів та усієї електроенергетичної системи. Таким чином, оптимальне використання електроенергії, виробленої вітровими турбінами, повинно враховувати профіль плану навантаження та погодинні, щоденні та сезонні зміни, які впливають

на обсяг вітру. В цілому, умови роботи вітрових турбін, навантаження на енергосистему та графіки споживання електроенергії не дозволяють незалежної роботи вітрогенераторів без наявності відповідної резервної системи, оскільки це не гарантує надійне та безперебійне електропостачання споживачів. Ще Існує три типи ВЕС: берегові, прибережні та офшорні. Берегові ВЕС є найбільш поширеними, розташовуються на суші не менш ніж в 3 кілометрах від узбережжя і споживають наземні повітряні потоки. Прибережні ВЕС також розташовані на суші, але менше ніж за 3 кілометри від узбережжя і використовуює наземні і морські вітри. Офшорні ВЕС збудовані у відкритому морі за декілька миль від узбережжя і перевага над першими типами в тому що сила вітру в морі більша і регулярніша ніж на суші.

Перевагами вітрогенератора є:

- Екологічно безпечне
- Нескінченний запас енергії вітру
- Можливість встановити на важкодоступному місці
- Автономність
- Не займає багато місця для влаштування

Недоліками важжаються:

- Довгий термін окупності
- Нестабільність вітряного потоку
- Небезпека для птахів
- Шумове та вібраційне навантаження від роботи «вітряків»

1.4 Когенераційні установки

Когенерація - це процес, завдяки якому при використанні енергії палива одночасно виробляють електричну та теплову енергію. Щоб здійснити процес когенерації використовують спеціальну установку, яка ефективно використовує паливо, виробляючи тепло та електрику з високим коефіцієнтом корисної дії. Завдяки спалюванню газу механічна енергія вивільняється і генератор перетворює її на

електроенергію і при цьому процесі двигун виробляє тепло, яке можна використовувати за допомоги теплообмінників. Когенераційна установка складається з:

- Силового агрегату
- Первинного двигуна
- Систем збереження та передачі тепла

Основною характеристикою за допомогою якої класифікують когенераційні установки – тип первинного двигуна що використовується. Станом на зараз більшу частину складають наступні варіанти двигунів:

- Газопоршневий
- Газотурбінний
- Мікротурбінний

Газопоршневі установки працюють на базі двигунів внутрішнього згорання, паливом якого є газ. Принцип роботи ГПУ полягає в згорянні паливно-повітряної суміші у камерах згорання двигуна, подаючи рух на колінчастий вал газового ДВЗ. Завдяки крутному моменту двигуна який передається на електрогенератор, виробляється електроенергія. Газотурбінні двигуни працюють на основі газової турбіни яка встановлена в систему. В цих двигунах в результаті згорання палива, потік газу впливає на лопатки турбіни тим самим створюючи крутний момент і обертає ротор, який у свою чергу з'єднан з генератором. Мікротурбінний двигун схожий з газотурбінним двигуном, але перший має менші розміри і компактніший ніж другий а також мікротурбінний двигун використовується на невеликих потужностях. Перевагами таких когенераційних установок є:

- Екологічно безпечні
- Подають два типи енергії: теплову і електричну
- Незалежить від часу доби, пори року і т.д.
- Мають компактні габарити (для приватного користування)

- Використовує біогаз в основі якого лежать органічні відходи
- Недоліками когенераційної установки є:
 - Відсутність контролю температури гарячої сторони термогенеруючих елементів
 - Недоцільність при використанні водяної системи охолодження на малопотужних котлах
 - Зниження загального ККД установки при використанні корисної теплової енергії котла.

1.5 Дизель-/газо-/бензогенератори

Бензиновий генератор являє собою силовий апарат, який виробляє електроенергію за допомогою двигуна внутрішнього згоряння. Генератор має невеликі розміри, відносно не дорогий і зручний в експлуатації. Ці генератори мають різноманітні сфери застосування і можуть бути використані як в домашньому господарстві (наприклад, в котеджах або на дачах), так і на відкритому повітрі, наприклад, на пікніках або в подорожах. Принцип функціонування бензинових генераторів базується на електромагнітній індукції, що перетворює механічну енергію, яка виникає під час згоряння палива, на електричний струм. Бензин є паливом, яке використовується для цих генераторів. Існує два варіанти запуску бензинового генератора: ручний, з електрозапуском. За призначенням ці електрогенератори можна поділити на дві основні групи:

- Побутові (невеликі за розміром з потужністю до 4 кВт при безперервному експлуатуванні протягом чотирьох годин)
- Професійні (номінальною потужністю 30кВт, з вбудованими потужними чотиритактними двигунами, можуть працювати безперервно протягом десяти годин)

Перевагами цього типу генераторів є: надійність, малий рівень шуму, стабільна робота в будь-яку погоду, просте технічне обслуговування, тривалий термін служби.

Недоліками можна вважати наступне: не можливість безперервної роботи протягом довгого часу, і малопотужні

Апарат який постачає безперебійне електроживлення і працює на природному газі називається газовий генератор. В газових генераторах принцип роботи побудований на перетворенні обертальної механічної енергії в електричну. Завдяки поршневному двигуну, що з'єднаний з ротором магнітної подушки відбувається перетворення енергії. Перевагами такого генератора є: тривалий час роботи(буде працювати поки в основній трубі є газ), екологічність, не дороге паливо (зберігати в балонах) і великий термін експлуатації. Недоліками газогенератора наступні: висока ціна, досить складне встановлення Дизельний генератор – це нерухома або пересувна енергетична установка з вбудованими одним або кількома електричними генераторами з приводом від дизельного двигуна внутрішнього згоряння. Принцип роботи дизельного генератора схожий з бензиновим електрогенератором. Класифікувати дизельні генератори можна за такими параметрами:

- Потужність (малопотужні (до 50 кВт), середньо потужні (від 50 до 200 кВт), високопотужні (понад 200 кВт))
- Тип охолодження (повітряне, радіаторне (може бути як водо - повітряним так і водо – водяним))
- Призначення (силова, освітлювальна, здатна впоратися із значними перепадами потужності, та спеціального призначення (наприклад резервне використання на АЕС))
- Мобільність (стаціонарні, пересувні, портативні)
- Спосіб генерації електромагнітних полів (синхронний, асинхронний)
- Кількість фаз (однофазний з виходом на 220 В, трифазний з виходами 230 і 400 В)

Також в дизельному генераторі є такі три види запуску:

- Ручний (запуск ручкою або витяжний трос)

- Електростартер (ключ запалювання)
- Автозапуск

Дизельний генератор можна вважати надійним за наступних причин:

- Широкий спектр потужності
- Автономність
- Невелики експлуатаційні витрати
- Більша частота обертання у порівнянні з бензиновими генераторами

Але й неможливо обійтися без нижче перелічених недоліків:

- Високий рівень шуму
- Слабкий температурний режим
- Виділення шкідливих речовин
- Потрібне постійне навантаження

Висновок: під час проведення аналізу існуючих видів автономних джерел енергії були перелічені всі плюси та мінуси автономних джерел електроенергії і в нашому випадку підходить бензогенератор (ДВЗ).

2. Розрахунок та вибір ДВЗ та асинхронного двигуна

Беремо для розрахунку електродвигун АИР160S4 потужністю 15 кВт з такими характеристиками:

Таблиця 2.1 Характеристики електродвигуна АИР160S4

Номінальна потужність	P_H	15 кВт
Номінальна швидкість	n_H	1460 об/хв
Напруга	U	380/660 В
Сила струму	I	30 А
ККД	η	89,4 %
Коефіцієнт потужності	$\cos \varphi$	0,85
Відношення крутних моментів	M_K / M_H	2,2
Відношення крутних моментів	M_{\max} / M_H	2,3
Відношення струмів	I_K / I_H	7,5
Момент інерції	j	0,0600 кг*м ²
Рівень шуму	L	75 дБ(А)

Для початку визначимо загальні параметри необхідні для подальших розрахунків:

- номінальна кутова швидкість:

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1460}{60} = 152,81 \text{ 1/с;} \quad (2.1)$$

- синхронна кутова швидкість:

$\omega_c = 157$ 1/с у відповідності до стандартної шкали синхронних швидкостей;

- номінальний електромагнітний момент двигуна:

$$M_H = \frac{1,05 \cdot P_H}{\omega_H} = \frac{(1,05 \cdot 15000)}{152,81} = 103,07 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.2)$$

- критичне ковзання розраховують за допомогою номінальної робочої точки:

$$s_k \approx s_H (\lambda_M + \sqrt{\lambda_M^2 - 1}); \quad (2.3)$$

де s_H – номінальне ковзання

$$s_H = \frac{\omega_c - \omega_H}{\omega_c}; \quad (2.4)$$

$$s_H = \frac{157 - 152,81}{157} = 0,027;$$

- критичний момент M_k знаходиться за допомогою перевантажувальної здатності λ_M , тобто відношенням критичного до номінального моментів. Зазвичай цей параметр задається наступною формулою:

$$\lambda_M = \frac{M_k}{M_H}; \quad (2.5)$$

Звідси можна знайти M_k :

$$M_k = \lambda_M \cdot M_H; \quad (2.6)$$

$$M_k = 2,2 \cdot 103,07 = 226,754 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Тепер підставимо отримані значення і знайдемо s_k :

$$s_k \approx 0,027 \cdot (2,2 \cdot \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,116;$$

За спрощеною формулою Клосса ми отримаємо:

$$M_i = \frac{2 M_K}{\frac{s_i}{k} + \frac{s_k}{s_i}} \quad (2.7)$$

$$M_i = \frac{2 \cdot 226,754}{0,116 + \frac{0,116}{s_i}} = \frac{453,508}{0,116 + \frac{0,116}{s_i}}$$

Задаємося значеннями ковзання s_i та розраховуємо значення M_i . Корисно включити до розрахунку значення критичного ковзання s_{kp} .

Відповідні значення кутової швидкості розраховуються як

$$\omega_i = \omega_c (1 - s_i) = 157 \cdot (1 - s_i). \quad (2.8)$$

s_i	$M_i, \text{H} \cdot \text{м}$	$\omega_i, \text{рад/с}$
0	0	157
0,01	38,81	155,43
0,05	164,85	149,15
0,1	224,28	141,3
0,3	152,55	109,9
0,5	99,84	78,5
0,7	73,14	47,1
0,8	64,41	31,4
0,9	57,5	15,7
1	51,91	0

Головним компонентом генератора (електростанції) є двигун-генераторний агрегат, який складається з двигуна, що працює на дизельному або бензиновому паливі, і електричного генератора. Принцип роботи електростанції (генератора) можна спростити до наступного: двигун перетворює енергію палива у оберти вала, а генератор, з його ротором, пов'язаним з валом двигуна, застосовуючи закон Фарадея, перетворює механічну енергію на змінний електричний струм. Двигун і генератор

прямо з'єднані між собою і закріплені на сталевій підставі через амортизатори. Двигун, що використовується в електростанції (генераторі), обладнаний різними системами, які забезпечують надійну роботу. Ці системи включають системи запуску, стабілізації частоти обертання, паливної системи, системи змащення, охолодження, подачі повітря і вихлопу. Для запуску двигуна можуть використовуватися ручний запуск або електростартер, який працює від 12-вольтової стартерної акумуляторної батареї. Для генерування електричного струму в двигуні-генераторному агрегаті можуть використовуватися синхронні або асинхронні самовозбуджуємі безщіткові генератори. Електростанція (генератор) також може мати панель керування і блок автоматики, що дозволяють керувати роботою станції, контролювати її стан і забезпечувати захист від аварійних ситуацій.

Пасивні навантаження, такі як лампи накаливання, обігрівачі, електроплити, праски та інші, просто перетворюють всю споживану енергію на тепло. Це означає, що якщо їх загальна потужність становить 2 кВт, то для їх живлення точно потрібно 2 кВт. Принцип роботи цих навантажень є досить простим і енергія, яку вони споживають, використовується виключно для генерації тепла.

Реактивні навантаження можуть бути поділені на дві категорії - індуктивні та ємнісні. Котушка є найпростішим прикладом індуктивного навантаження, тоді як конденсатор відноситься до ємнісних навантажень. В реактивних споживачах енергія, що споживається, не повністю перетворюється на тепло, оскільки частина з неї використовується для інших цілей, таких як створення електромагнітних полів. Міра реактивності визначається за значенням коефіцієнта потужності ($\cos \phi$). Наприклад, якщо коефіцієнт потужності дорівнює 0,8, то 20% енергії не перетворюється на тепло. Зазвичай на приладах вказується "теплова" споживана потужність та коефіцієнт потужності. Щоб розрахувати "реальне" споживання енергії, потужність треба поділити на коефіцієнт потужності. Наприклад, якщо на дрилі зазначено 500 Вт і $\cos \phi = 0,6$, це означає, що дріль споживатиме насправді $500:0,6 = 833$ Вт від генератора.

Варто пам'ятати, що кожна електростанція має свій власний коефіцієнт потужності, який обов'язково потрібно враховувати. Наприклад, якщо коефіцієнт потужності дорівнює 0,8, то для роботи згаданої дрилі від електростанції буде необхідно $833 \text{ Вт} : 0,8 = 1041 \text{ ВА}$. До речі, саме з цієї причини електростанції (генератори) позначають потужність у вольт-амперах (ВА), а не ватах (Вт).

Коли електродвигун вмикається, споживання енергії значно перевищує його робочий режим. Щоб пояснити це простими словами, можна зробити аналогію з важким візком, який стоїть на рівній поверхні. Для того, щоб почати рухати його з місця, потрібно прикласти значно більше зусиль, ніж для підтримки його подальшої швидкості. Перевантаження при запуску триває лише декілька секунд, але головне, щоб електростанція витримала це навантаження, не вимкнулася і не вийшла з ладу. До речі, одним з "найстрашніших" приладів з точки зору пускових струмів є насос, який при запуску може споживати енергію в 3-7 разів більше. Це зрозуміло, оскільки, на відміну від дрила, насос не має холостого ходу - він відразу починає нагнітати воду.

Двигун є "серцем" установки, такої як генератор або електростанція. Термін "життя" електростанції визначається, переважно, ресурсом самого двигуна. Середній час роботи електрогенератора до відмови завжди значно перевищує час роботи мотора.

У більшості випадків клас електростанції визначається за використовуваним двигуном, а конкретно за його моторесурсом. Наприклад, високоякісний бензиновий двигун зазвичай може працювати безперервно приблизно 3-5 тисяч годин до першої можливої відмови, тоді як простіший і дешевший двигун може працювати лише сотнями годин. Дизельні двигуни, як правило, мають значно більший ресурс порівняно з бензиновими. Вони економічніші у споживанні палива, дизельне паливо дешевше за бензин і не вимагає таких жорстких умов зберігання. Однак, електростанція, зібрана на основі дизельного двигуна, зазвичай коштує приблизно в 1,5-2 рази дорожче, ніж аналогічна за потужністю, але зібрана на базі бензинового

двигуна. Тому розумним вибором є електростанція, яка працює на базі дизельного двигуна, якщо:

- використання електростанції в якості основного джерела електроживлення (принаймні у випадках тривалого використання);
- використання однорідного виду палива (наявність агрегатів які працюють на дизельному паливі);
- електричних потужностях вище ніж 10-12 кВА, на яких електростанції з бензиновими двигунами практично не застосовуються.

Відрізнити висококласний двигун за зовнішніми ознаками не завжди є легким завданням. Раніше на міні-електростанціях широко використовувалися мотори з бічним розташуванням клапанів, але зараз все частіше зустрічаються верхнеклапанні двигуни, які мають більшу продуктивність приблизно на 30%. Одним з критеріїв визначення класу агрегату є наявність або можливість обладнання двигуна паливним баком великої ємності. Це свідчить про передбачену виробником тривалу безперервну роботу генераторної установки. Іншим показником "класності" є частота заміни масла. Якісні двигуни зазвичай вимагають заміни масла не рідше, ніж через 100 годин роботи. Окрім того, внутрішні особливості двигуна можуть також розповісти про його якість. Наприклад, якщо стінки циліндра виготовлені з алюмінію, а не з чавуну, це свідчить про двигун нижчого класу. Також зверніть увагу на матеріал, з якого виготовлені фільтри (повітряний, паливний, масляний). У простих моделях зазвичай використовується папір як матеріал для фільтрів, що потребує їх періодичної заміни. Електрогенератор - це пристрій, що виробляє електричний струм. Залежно від типу електрогенератора, електростанція ефективно впорається з різними завданнями.

Один або трифазні генератори призначені для живлення відповідних споживачів. Однофазні генератори, які генерують змінний струм напругою 220 В і частотою 50 Гц, придатні для підключення лише однофазних навантажень. Трифазні генератори (380/220 В, 50 Гц), з свого боку, можуть жити як однофазні, так і

трифазні споживачі (на приладовій панелі є відповідні розетки або клемні колодки). У випадку з однофазними електрогенераторами все є досить просто: головне - правильно розрахувати всі свої споживачі, врахувати можливі проблеми, такі як високі пускові струми, і вибрати генератор з потрібною реальною вихідною потужністю. При підключенні до трифазних генераторів трифазних навантажень ситуація аналогічна. Але виникає проблема, коли до трифазних генераторів підключають однофазні споживачі, її називають "перекосом фаз". Без глибокого розгляду технічних деталей, сформулюємо два правила: потужність однофазного навантаження не повинна перевищувати $1/3$ від номінальної потужності трифазного генератора. Іншими словами, якщо ми маємо 9-кіловатний трифазний генератор, ми можемо жити однофазні навантаження, які не перевищують 3 кіловати. Наприклад, 3-кіловатний обігрівач буде сумісним з таким генератором, і друге правило каже про те що, якщо у нас є декілька однофазних навантажень, то різниця у їх споживаній потужності не повинна перевищувати $1/3$ від "перекосу фаз" (тобто $1/3$ від потужності, визначеної у правилі 1). Зазначена величина є ідеальною для висококласних електростанцій, але може бути меншою для звичайних агрегатів. Якщо говорити легкою мовою про синхронний та асинхронний генератори, то синхронний генератор має більш складну конструкцію, наприклад, на його роторі розташовані котушки індуктивності. У той же час, асинхронний генератор має простішу будову і нагадує звичайний маховик. Це означає, що асинхронний генератор краще захищений від вологи і бруду (кажуть, що він має "закриту" конструкцію). Також варто згадати про клас захисту, який визначається для цих генераторів. Клас захисту позначається двома буквами (IP) і двома цифрами. Перша цифра означає:

- 0 – захист відсутній;
- 1 – захист від предметів > 50 мм;
- 2 – захист від предметів > 12 мм;
- 3 – захист від предметів > 2.5 мм;

- 4 – захист від предметів > 1 мм;
- 5 – захист від пилю

Друга цифра означає:

- 0 – захист відсутній;
- 1 – захист від падаючих вертикально падаючих крапель води;
- 2 – захист від крапель води, які падають під кутом 15 градусів до вертикалі ;
- 3 – захист від бризок води, падаючих під кутом 60 градусів до вертикалі;
- 4 – захист від водяного пилю, розпорошеного з усіх боків;
- 5 – захист від струменів води з усіх боків.

Синхронні генератори зазвичай мають клас захисту IP 23, тоді як асинхронні генератори - IP 54. Проте, останнім часом більшість провідних виробників представили інноваційні синхронні агрегати, які відповідають стандарту IP 54. Окрім рівня захищеності, синхронні і асинхронні генератори також відрізняються своїми можливостями. Завдяки своїй простоті конструкції, асинхронні електрогенератори є більш стійкими до короткого замикання і перевантажень, а їх вихідна напруга має менше нелінійних спотворень. Використання асинхронного генератора дозволяє жити не лише промислове обладнання, яке не є критичним до форми вхідної напруги, але й електроніку. Асинхронний генератор є ідеальним джерелом струму для підключення активних або резистивних навантажень, таких як нагрівальні лампи, побутові газові плити, електричні обігрівачі, електронні пристрої, включаючи зварювальні перетворювачі, комп'ютери, радіотехніку та інше. При підключенні електромоторів та інших індуктивних навантажень, рекомендується мати запас по потужності у 3-4 рази (за використання функції "Стартове посилення" - у 1,5-2 рази). Перевантаження цих генераторів не допускається. Синхронний генератор є типом генератора, який може видавати струм, перевищуючи номінальне значення, на короткий проміжок часу, не більше 1 секунди. Він також виробляє більш "чистий" струм. Тому рекомендується використовувати його для живлення індуктивних

споживачів з так званими "пусковими струмами" (електродвигунів, насосів, компресорів, дискових пилок та іншого електроінструменту), а також для підключення зварювального апарату. Залишаючись в темі стабільності напруги, важливим фактором є клас двигуна, зокрема його здатність підтримувати постійні оберти (зазвичай 3000 обертів за хвилину) при зміні навантаження. Також впливає наявність спеціальних систем стабілізації, таких як AVR (автоматичний регулятор напруги). Коли йдеться про конструкцію, найкращими варіантами електрогенераторів є ті, що не мають щіток. Це дозволяє уникнути необхідності обслуговування і не створює додаткових перешкод. Вихідна потужність є одним із ключових параметрів, на який в першу чергу звертають увагу споживачі. Проте, в цьому питанні є дві важливі нюанси, на які варто звернути увагу:

- Багато виробників в своїх каталогах зазначають так звану "максимальну вихідну потужність". Проте, варто мати на увазі, що цей параметр передбачає лише короткочасну роботу агрегату. Залежно від виробника, тривалість роботи може коливатися від кількох секунд до кількох хвилин. Реальна номінальна потужність зазвичай є значно нижчою і складає кілька (іноді десятків) відсотків менше від зазначеного значення;
- Електростанція, як і будь-який інший прилад, має свій власний коефіцієнт потужності (\cos). Деякі виробники враховують цей коефіцієнт при вказівці вихідної потужності, тоді як інші - ні. У випадку, коли виробник не враховує коефіцієнт потужності, користувачеві доведеться самостійно обчислити реальну номінальну потужність, помноживши зазначене значення в каталозі на коефіцієнт потужності (\cos).

Час безперервної роботи без дозаправки є важливим параметром, що залежить від обсягу паливного бака та витрати палива. При порівнянні цього показника у різних моделей електростанцій важливо, щоб вони були приведені до "спільного знаменника" - споживаної потужності. Це обумовлено тим, що витрати палива при

роботі з повною, 3/4 або 1/2 номінальною потужністю можуть значно відрізнятись. Для великих електростанцій часто доступною опцією є змога працювати з зовнішнім паливним баком, що забезпечує ще більш продовжений час безперервної роботи без необхідності дозаправки. Запуск електростанції може здійснюватися двома способами: ручним і автоматичним. Ручний запуск передбачає витягування шнура або обертання рукоятки, а також використання електростартера (якщо модель обладнана таким пристроєм) за допомогою ключа або кнопки. Деякі електростанції з електростартером також можуть мати можливість дистанційного запуску за допомогою пульта, який з'єднаний зі станцією кабелем. Наявність електростартера є важливою умовою для перетворення електростанції в повноцінну систему резервного енергопостачання, яка може автоматично функціонувати, включатися та вимикатися без необхідності присутності людини. Функція стартового посилення в генераторах як для синхронних, так і для асинхронних генераторів, підключення індуктивного навантаження може призводити до зниження вихідної напруги. Крім того, при запуску будь-якого електромотора споживана потужність може перевищувати його номінальну потужність у кілька разів. Тому для успішного запуску електродвигунів завжди потрібен генератор, чия вихідна потужність перевищує номінальну потужність електромотора. Зниження вихідної напруги при підключенні електромотора в асинхронних генераторах більше, ніж у синхронних генераторах. Проте, існує можливість автоматично підвищувати вихідну напругу на час запуску мотора. Цю функцію забезпечує блок стартового посилення, який автоматично збільшує збудження генератора при різкому збільшенні вихідного струму генератора при підключенні великого навантаження. Важливо підкреслити, що при зварювальних роботах блок стартового посилення обов'язково повинен бути включений.

Для того щоб обрати ДВЗ (двигун внутрішнього згорання) треба для початку визначити яка необхідна потужність для роботи. Розрахувати потужність ДВЗ можна за наступною формулою:

$$N_e = \frac{Mn}{9549} \text{ кВт}; \quad (2.9)$$

Виходячи з розрахунків отримали крутний момент, що необхідний для отримання потужності і тепер підставимо усі дані в формулу:

$$N_e = \frac{103,07 \cdot 1460}{9549} = 15,78 \text{ кВт};$$

Згідно розрахунку ми отримали $N_e = 15,78$ кВт, такому значенню крутного моменту відповідає двигун бензиновий BULAT BT190FE-L з такими характеристиками:

Таблиця 2.2 Характеристика бензинового двигуна BULAT BT190FE-L

Тип двигуна	4-тактний одноциліндровий
Система охолодження двигуна	Повітряна
Обсяг паливного бака (л)	6.5
Потужність двигуна (к.с.)	16
Витрата палива, г/кВт.годину	335
Об'єм двигуна, см ³	420
Система запуску	Ручний, електростартер
Обсяг масла в картері двигуна, л	1.6
Тип хвостовика вала	Шпонковий
Довжина валу, мм	60
Датчик низького рівня масла	Є
Коефіцієнт компресії	8:5:1
Діаметр циліндра/ хід поршня, мм	90/66
Напрямок обертання вала	Проти годинникової стрілки
Тип і наявність редуктора двигуна	Шестерний редуктор

Вага двигуна, кг	35
Швидкість обертання валу, об/хв	1800

3. Вибір системи керування ДВЗ

Регулятор швидкості, також відомий як обмежувач або контролер швидкості, є пристроєм, що використовується для вимірювання та налаштування швидкості руху машини, наприклад, двигуна. Одним з таких класичних прикладів - це відцентровий регулятор, також відомий як регулятор Ватта або регулятор з летючою кулькою, що використовується на поршневих парових двигунах. Цей регулятор використовує дію інерційної сили на обертові ваги, які приводяться в рух вихідним валом машини, для регулювання її швидкості шляхом зміни вхідного потоку пари. Регулятор двигуна являє собою пристрій, що автоматично підтримує швидкість обертання двигуна або іншого основного двигуна в межах прийнятних значень, незалежно від навантаження. Зазвичай регулятор регулює швидкість двигуна шляхом зміни постачання палива залежно від потреби. Більшість регуляторів базуються на використанні відцентрової сили і складаються з пари мас, які обертаються навколо шпинделя. Цей шпindel приводиться в рух первинним двигуном, а маси утримуються від викидання зовні за допомогою керуючої сили, яка зазвичай забезпечується пружинами. Зі збільшенням швидкості руху, керуюча сила долається і маси рухаються назовні. Цей рух мас передається на клапани, які подають робочу рідину або паливо до двигуна. Маси, які обертаються, представлені кульками, що прив'язані до вертикального шпинделя ланками, і керуюча сила формується вагою цих кульок. Якщо навантаження на двигун зменшується, швидкість його обертання зростає. У такому випадку кулька М рухається вперед, а елемент С піднімається вгору по вертикальному шпинделю. Це призводить до зменшення кількості пари, яка надходить до двигуна, і в результаті

швидкість зменшується. Збільшення навантаження, навпаки, викличе зворотний ефект - зниження швидкості. Сучасні регулятори використовуються для регулювання подачі палива в двигуни внутрішнього згорання, а також для контролю подачі пари, води або газу до різних типів турбін. Існує чотири типи регулятору швидкості:

- механічний або відцентровий регулятор;
- пневматичний регулятор;
- гідравлічний регулятор;
- електронний регулятор.

Механічні регулятори складаються з обтяжених куль або маховиків, які сприймають відцентрову силу під час обертання під впливом колінчастого вала двигуна. Ця відцентрова сила виступає в ролі керуючої сили і використовується для регулювання подачі палива в двигун через дросельний механізм, що безпосередньо підключений до інжекторних рейок. Ці вузли мають незначну масу, тому створювана ними сила недостатня для управління великими насосами впорскування двигунів. Вони можуть бути використані в ситуаціях, коли точне регулювання швидкості не є необхідним. Вони мають широку зону нечутливості і обмежену вихідну потужність.

Принцип роботи механічного регулятора полягає в тому, що під час запуску двигуна, ваги розташовуються у положенні, яке підтримує стабільну холосту швидкість. Коли педаль прискорення натискається на пружину, вага зміщується впритул, і оскільки вона пов'язана з рухомим механізмом керування, подача палива збільшується, що призводить до збільшення швидкості обертання двигуна. Підвищення обертової швидкості двигуна змушує розподільний вал насоса швидше обертатися, що протидіє дії керуючих пружин і виводить ваги на зовнішню сторону. Це зменшує подачу палива, поки не буде досягнуто оптимального балансу для конкретних умов роботи двигуна. Отже, прискорювач не прямо збільшує подачу палива, але впливає на затримку дії регулятора. Він визначає відносне положення ваги

регулятора і керуючої педалі в режимах праці двигуна на холостому ході та при повному навантаженні.

Перевагами механічного регулятора є наступні чинники:

- Низька ціна;
- Можливе використання коли немає необхідності підтримувати точну швидкість залежно від навантаження;
- Проста конструкція, яка лише кілька частин;

Пневматичні регулятори успішно використовують в двигунах низької та середньої потужності. Вони виявляють чутливість до коливань крутного моменту навантаження та забезпечують стабільний контроль над режимом холостого ходу. Подібно до пневматичного регулювання індукційної труби, подача повітря дроселюється при малих навантаженнях за допомогою дросельної заслінки, розташованої в дроселі. Цей клапан відкривається або закривається безпосередньо за допомогою педалі акселератора. Дросельний блок розташовується між повітроочисником і впускним колектором, що призводить до зменшення тиску повітря в кінці індукційного шляху. При цьому впорскування відбувається в менш щільному повітрі, ніж при необмеженій індукції, що забезпечує кількісний контроль, а не якісний. Керування подачею палива здійснюється шляхом регулювання глибини проникнення діафрагми у камеру впуску, яка розташована на кінці паливного насоса високого тиску. На торці стійки управління насоса розташована мембранна пластина. Вона зміщується вправо до положення повного навантаження за допомогою головної керуючої пружини. Коли педаль газу відпускається, посилене натискання на дросельну заслінку спричиняє зміщення діафрагми та тяги вліво, що зменшує подачу палива. Для збалансування зниження висоти на холостому ході також використовується допоміжна пружина. Вона активується поступово завдяки впливу кулачка.

Гідравлічні регулятори покликані знижувати значні механічні навантаження на підшипники та зменшувати можливі крутильні коливання в приводі. Тому їм віддають перевагу перед механічними регуляторами. У гідравлічному регуляторі робочим агентом є різниця тиску в отворі, яка відповідає за регулювання швидкості. Ця різниця тиску створюється за допомогою потоку масла, який постачається від позитивного масляного насоса, що приводиться в дію двигуном. Таким чином, в гідравлічному регуляторі рух масла відіграє важливу роль у процесі регулювання швидкості. Різниця тиску, яка змінюється пропорційно квадрату частоти обертання двигуна, визначається станом рівноваги, який залежить від тиску, що накладається ногою водія на педаль газу. Гідравлічний регулятор, так само як і механічний регулятор, є універсальним регулятором швидкості. Це означає, що він керує всією системою стійкості, контролюючи регулятор, а не безпосередньо прискорювач, для забезпечення потрібної швидкості. Незалежно від потреб у потужності, вимоги до регулятора можуть змінюватись від моменту до моменту.

Перевагами гідравлічного регулятора наступні:

- Висока вихідна потужність;
- Вони відрізняються високою точністю;
- Висока ефективність;
- Легкі в обслуговуванні.

Електронний регулятор є пристроєм, призначеним для контролю обертів електродвигуна, і використовується в радіокерованих моделях з електричними силовими установками. Цей регулятор дозволяє плавно змінювати електричну потужність, що постачається на електродвигун. Відмінністю від простіших резистивних регуляторів ходу (які майже не використовуються в моделізмі) є те, що електронний регулятор керує потужністю двигуна шляхом використання активного елемента, який перетворює надлишкову потужність на інші форми енергії, замість

того, щоб витратити її на нагрівання. Це дозволяє електронному регулятору мати значно вищу ККД та ефективно використовувати енергію акумуляторної батареї. Електронний регулятор класифікують за двома характеристиками: за типом електродвигуна, за типом моделі. Залежно від типу електродвигунів, для яких вони призначені:

- Для колекторних електродвигунів;
- Для безколекторних бездатчикових електродвигунів;
- Для безколекторних електродвигунів з датчиками ходу.

Залежно від типу моделей:

- Для автомоделей;
- Для авіамоделей;
- Для судномоделей.

Регулятори можуть варіюватися в залежності від декількох факторів, таких як максимальний робочий струм, напруга батареї і сумісність з різними типами акумуляторів. Кожен регулятор має свої власні характеристики, що дозволяють йому працювати з конкретними параметрами струму та напруги. Більшість регуляторів мають можливість роботи з різними типами акумуляторів, що дає користувачеві гнучкість у виборі джерела живлення для своїх пристроїв. Регулятори ходу для безколекторних електродвигунів суттєво відрізняються від регуляторів ходу для колекторних моторів. Окрім керування потужністю, яка подається на електродвигун, вони також повинні визначати положення ротора в кожний момент часу, щоб точно встановлювати фази трьох живлячих напруг, необхідних для роботи безколекторного електродвигуна. Ці регулятори зазвичай коштують більше, ніж регулятори ходу для колекторних двигунів з такою ж електричною потужністю. Регулятор ходу безколекторних електродвигунів призначений для роботи з одним безколекторним двигуном, підключеним до нього, тоді як регулятор ходу колекторних моторів дозволяє підключати до нього декілька колекторних моторів послідовно або

паралельно з одним обмеженням: сумарний струм не повинен перевищувати максимальний струм, на який розрахований даний регулятор ходу. Регулятори ходу, призначені для судномоделей, оснащені додатковим захистом від вологи, щоб забезпечити надійну роботу в умовах зволоження. Регулятори ходу для автомоделей мають розширену систему охолодження повітрям, з використанням радіатора, щоб забезпечити ефективне охолодження електродвигуна. Крім того, вони також можуть мати функцію реверсу напрямку обертання, що дозволяє змінювати напрямок руху моделі вперед і назад.

Для нашого варіанту підходить електронний регулятор на базі Arduino. Схема – стандартна для підключення сервомотора до Arduino(Рис.1).

Сервомотор - це замкнута система, яка використовує зворотний зв'язок по положенню для управління своїм рухом та кінцевим положенням. На ринку існує багато типів серводвигунів, і їх головною характеристикою є можливість точного контролю положення їх валу. У промислових серводвигунах зазвичай використовується високоточний кодер як датчик зворотного зв'язку за положенням, тоді як у менших RC або сервоприводах для любителів зазвичай використовується простий потенціометр як датчик положення. Ці датчики реєструють фактичне положення і передають його до пристрою виявлення помилок, де воно порівнюється з цільовим положенням. Після цього контролер вносить корекції у фактичне положення двигуна відповідно до цільового положення, враховуючи виявлені відхилення. Усередині сервопривода знаходяться чотири основних компонента: двигун постійного струму, коробка передач, потенціометр і схема керування. Двигун постійного струму відрізняється високою швидкістю, але низьким крутним моментом. Проте завдяки коробці передач швидкість знижується до приблизно 60 обертів на хвилину, а крутний момент водночас збільшується. У сервоприводах потенціометр зазвичай прикріплений до кінцевої шестерні або вихідного вала, що означає, що при обертанні двигуна потенціометр також обертається. Це створює напругу, яка

пропорційна абсолютному куту вихідного вала. У схемі керування ця напруга з потенціометра порівнюється зі вхідною напругою, яка надходить через сигнальний канал. Залежно від різниці між цими напругами, контролер може активувати вбудований Н-міст, який дозволяє двигуну обертатися у будь-якому напрямку, поки дві напруги не зрівняються. Керування серводвигуном здійснюється шляхом передачі послідовності імпульсів через сигнальну лінію. Щоб забезпечити правильну роботу, частота керуючого сигналу повинна бути 50 Гц, що означає, що імпульси повинні виникати кожні 20 мс. Ширина кожного імпульсу визначає кутове положення сервоприводу. Зазвичай цей тип сервоприводів може обертатися на 180 градусів, проте вони мають фізичні обмеження в межах свого ходу. Зазвичай, для встановлення певного кутового положення сервопривода, використовуються імпульси з певною тривалістю. Наприклад, імпульс тривалістю 1 мс відповідає положенню 0 градусів, імпульс тривалістю 1,5 мс відповідає 90 градусам, а імпульс тривалістю 2 мс відповідає 180 градусам. Однак, мінімальна і максимальна тривалість імпульсів може відрізнятись залежно від конкретної моделі сервопривода. Наприклад, деякі моделі можуть використовувати тривалість імпульсу 0,5 мс для положення 0 градусів і 2,5 мс для положення на 180 градусів. Сервомотори включають три проводи: живлення, заземлення і сигнал. Провід живлення зазвичай має червоний колір і слід підключити до контакту 5 В на Arduino-платі(Рис.1). Провід заземлення зазвичай чорного або коричневого кольору і повинен бути підключений до заземленого контакту на Arduino-платі. Сигнальний провід зазвичай має жовтий, помаранчевий або білий колір і повинен бути підключений до цифрового контакту на Arduino-платі. Треба бути уважними, оскільки сервоприводи споживають значну потужність. Важливо з'єднати заземлення Arduino з зовнішнім джерелом живлення.

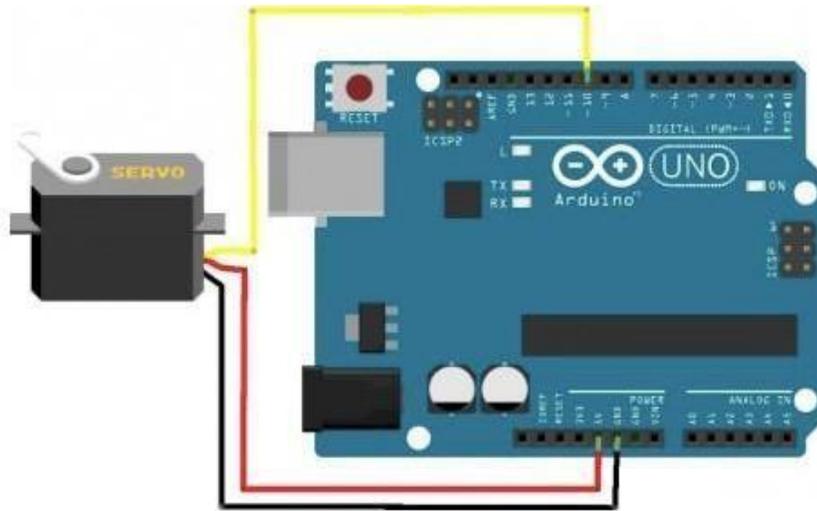


Рис.3.1 Схема підключення сервомотору до Arduino.

Для генерації сигналу керування з використанням моделі ПІД-регулятора ми використали `Arduino-PID-Library` [35], бібліотеку, яка дозволяє розрахувати відповідне значення кута повороту серводвигуна на основі частоти згенерованої напруги. Для створення значення сигналу керування за допомогою даної бібліотеки спочатку потрібно створити об'єкт класу `PID`, використовуючи об'єктно-орієнтовану парадигму. Ініціалізація цього об'єкта включає встановлення коефіцієнтів ПІД-регулятора та посилення на змінні, що відображають вхідний сигнал, сигнал керування та бажане значення. У програмній реалізації також враховується масштабування даних між значеннями частоти генерованої напруги та кутом повороту серводвигуна. Крім того, налаштовуються мінімальний та максимальний кути повороту серводвигуна, що дозволяє обмежити перерегулювання та запобігти надмірним змінам подачі палива та повітря до двигуна внутрішнього згорання. Значення бажаної частоти напруги повинно відповідати куту повороту серводвигуна, що знаходиться в межах мінімального та максимального кутів повороту. Мінімальний та максимальний кути повороту, а також кут, що відповідає бажаній частоті генерованої напруги, встановлюються залежно від механічної конструкції регулятора подачі палива та повітря до двигуна внутрішнього згорання. Забезпечення повороту

серводвигуна реалізується програмно з використанням бібліотеки Servo [36]. Під час ініціалізації об'єкту Servo рекомендується вказати мінімальну та максимальну тривалість імпульсів широтно-імпульсної модуляції, які відповідають екстремальним значенням кутів повороту. Встановлення параметрів ПД-регулятора відбувається під час налагодження системи з урахуванням чутливості механізму подачі палива та повітря до двигуна внутрішнього згорання. Під час підбору параметрів також використовувалась можливість відстеження зміни вхідних та вихідних параметрів за допомогою передачі даних через послідовний порт та відображення їх у формі графіків часових характеристик. У лабораторних умовах для моделювання зміни частоти генерованої напруги використовувався потенціометр, а дані з нього були масштабовані у діапазоні від 10 до 70 Гц.

Висновок: під час вибору системи керування ДВЗ, з'ясувалося що в нашому випадку найкращим варіантом являється контролер на базі ARDUINO NANO.

4. Розроблення системи стабілізації згенерованої напруги. Розроблення конструктивної схеми генераторної установки

4.1 Розроблення системи стабілізації згенерованої напруги

У зв'язку з розпочатим повномасштабним вторгненням Російської Федерації на територію України і наслідками серйозних пошкоджень об'єктів енергетичної інфраструктури, виникла нагальна потреба в розробці аварійних джерел живлення для критично важливих промислових та побутових електроустановок. Цей конфлікт призвів до серйозного порушення енергетичної стабільності та надійності у регіоні. Були спричинені значні пошкодження електричним мережам, електростанціям та іншим енергетичним об'єктам. Це створило загрозу для безперебійної подачі електроенергії до підприємств, важливих для функціонування економіки та життєзабезпечення населення. Отже, необхідність розробки аварійних джерел живлення виникла з метою забезпечення незалежного та надійного живлення критично важливих систем та обладнання. Ці джерела живлення мають забезпечити функціонування електроустановок навіть у випадку аварійного відключення основного електропостачання, дозволяючи зберегти безперебійну роботу критичних систем. Одержання незалежного живлення є важливою передумовою для забезпечення безпеки та функціонування різних секторів економіки, включаючи медичні установи, виробничі підприємства, транспортні системи та інфраструктуру міст. За останні часи попит на електрогенератори та інші автономні джерела електроенергії стрімко зріс. Однак, ринок не був готовий відповісти на таке велике зростання попиту, що спричинило необхідність швидкого розроблення пристроїв з використанням "підручних матеріалів". Один з варіантів, що набув популярності, це генераторна установка, побудована на базі двигуна внутрішнього згорання та асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором. Цей підхід дозволяє використовувати доступні матеріали та компоненти для швидкої збірки електрогенераторів, що стає актуальним у таких ситуаціях. За допомогою такого

пристрою можна забезпечити електропостачання відносно задовільної якості для різних споживачів, таких як освітлення, опалювальне обладнання та інші. Проте, для роботи автономного джерела електроенергії в режимі генератора, необхідно підключати конденсатори з певною ємністю C до статорної обмотки. Це дозволяє створити випереджаючий ємнісний струм, який забезпечує необхідну намагніченість в обмотках статора і виступає як джерело магнітного поля для генератора. Критичне значення ємності батареї, позначене як C_0 , є важливим параметром, який визначає самозбудження генератора та устанавлення трифазної симетричної напруги на обмотках статора. Для досягнення цього, ємність батареї повинна бути більшою за C_0 і залежить від різних параметрів автономного джерела енергії. Значення напруги, яка встановлюється на обмотках статора, варіюється в залежності від характеристик генератора, ємності конденсаторів, а також характеру та потужності приєднаного споживача.

Підбирати ємність треба таким чином, щоб потужність та номінальна напруга АД відповідно були рівними до напруги та потужності під час роботи його в режимі електродвигуна. Але через зміни характеру та потужності навантаження буде відбуватися зміна також вихідної напруги, тому потрібно буде проводити заміну ємності підключених конденсаторів.

Для того щоб підтримувати напругу на постійному рівні треба із збільшення навантаження необхідно збільшувати і ємність конденсаторів. Автоматичне виконання процесу є важливим для забезпечення правильної та безпечної роботи установки. Для вирішення такого завдання може бути схема наведена нижче (рис.4.1.1).

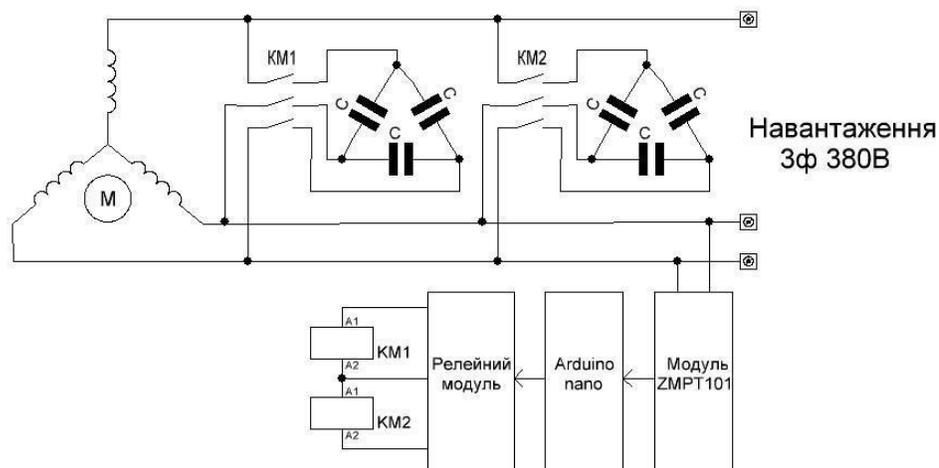


Рис. 4.1.1 Блок – схема автоматичного перемикання батареї конденсаторів для АД

Наведена схема має здатність автоматично перемикати конденсаторні батареї, що дозволяє регулювати вихідну напругу генератора. Схема можна реалізувати на базі контролера Arduino Nano, модуля ZMPT101B 195-250VAC, релейного модуля на два реле та магнітних контакторів.

Опис схеми Arduino NANO

Arduino має можливість вимірювати напругу шляхом використання своїх аналогових входів. Наприклад, Arduino UNO має 6 аналогових входних пінів (A0-A5), які можна використовувати для вимірювання напруги змінного струму. Arduino NANO має 8 аналогових входних пінів, а Arduino MEGA має навіть 16 таких входних пінів. Arduino має можливість вимірювати напругу шляхом використання своїх аналогових входів. Наприклад, Arduino UNO має 6 аналогових входних пінів (A0-A5), які можна використовувати для вимірювання напруги змінного струму. Arduino NANO має 8 аналогових входних пінів, а Arduino MEGA має навіть 16 таких входних пінів.

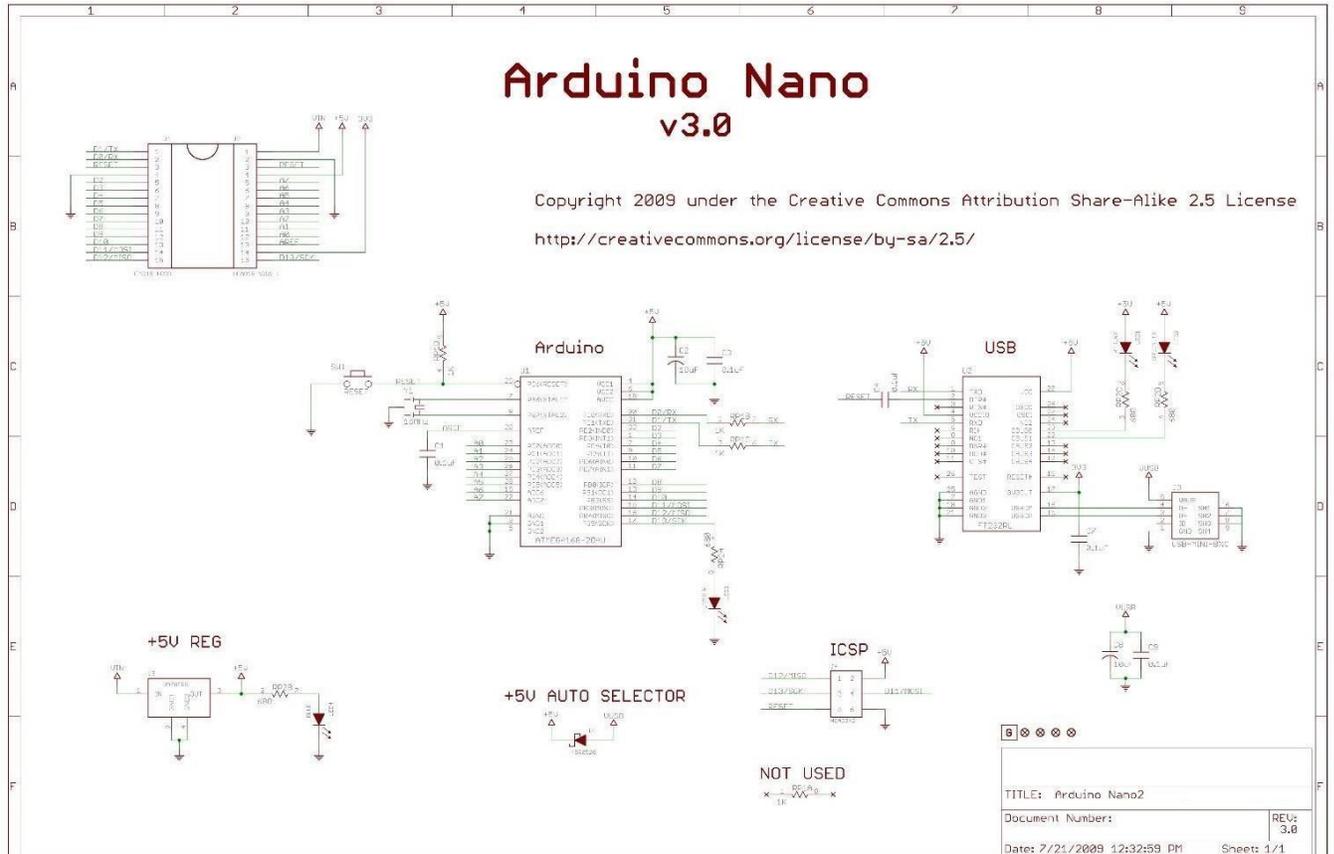


Рис 4.1.2 Схема контролеру Arduino NANO

Аналогові вхідні піни Arduino відображають вхідну напругу в діапазоні від 0 до 5 В у цілочислових значеннях від 0 до 1023, з роздільною здатністю приблизно 4,9 мВ на одиницю (5,00 В / 1023 одиниці). Важливо не змінювати полярність напруги, оскільки це може призвести до пошкодження контактів. Arduino NANO має багато вхідних та вихідних контактів. На лівій та правій стороні плати розташовано по 15 контактів. Розглянемо їх більш детально.

Контакти живлення на Arduino включають штифт живлення (V_{in}), контакт 3,3 В, контакт 5 В та земля (GND). Ці контакти призначені для забезпечення живлення плати Arduino і підключення джерела живлення. V_{in} - вхідна напруга плати, яка використовується в тих випадках, коли ви користуєтеся зовнішнім джерелом живлення. Зазвичай допустимий діапазон напруги для V_{in} становить від 7 В до 12 В. Ви можете підключити зовнішнє джерело живлення до цього контакту, щоб

забезпечити платі Arduino необхідну напругу для її роботи. 5 В - налаштована напруга джерела живлення на платі, яка використовується для живлення самої плати, а також компонентів, підключених до неї. Ця регульована напруга забезпечує стабільне живлення плати і дозволяє передавати необхідну напругу 5 В до різних елементів із точністю та надійністю. За допомогою цього джерела живлення можна забезпечити правильну роботу всіх компонентів, підключених до плати. 3,3 В - це найменша напруга, яка створюється регулятором напруги на платі. Цей регулятор відповідає за забезпечення стабільної вихідної напруги 3,3 В на платі Arduino. Контакт GND є заземлювальним контактом, який забезпечує електричне підключення плати до землі або земляного потенціалу. Його головна функція полягає в забезпеченні стабільної та безпечної роботи плати шляхом заземлення. Заземлення контакту GND дозволяє відводити статичний електричний заряд та нейтралізувати електростатичні розряди, що забезпечує ефективний захист від пошкоджень і перешкод. Контакт RST (Reset) використовується для виконання перезавантаження або скидання мікроконтролера. Цей контакт дозволяє повернути мікроконтролер у початковий стан, включаючи налаштування та програму, які зберігаються в його пам'яті. Коли на контакт RST подається сигнал або струм, мікроконтролер перезавантажується. Це корисно у випадках, коли потрібно очистити пам'ять контролера або відновити його роботу до початкових параметрів. Контакт RST відіграє важливу роль у функціонуванні мікроконтролера, оскільки він надає можливість контролювати та відновлювати роботу пристрою за необхідності. Аналогові контакти (A0-A7) призначені для вимірювання аналогової напруги на платі в межах від 0 В до 5 В. Ці контакти дозволяють отримувати аналогові сигнали з зовнішніх джерел і передавати їх до мікроконтролера для подальшого оброблення. Кожен аналоговий контакт може вимірювати напругу в заданому діапазоні значень, де 0 В відповідає мінімальному значенню, а 5 В - максимальному значенню. Це дозволяє отримувати точні вимірювання аналогових величин, таких як температура, освітленість або сила

сигналу. Аналогові контакти забезпечують можливість зчитування аналогових даних і дозволяють платі взаємодіяти з зовнішнім середовищем, що дозволяє розширити можливості і функціональність мікроконтролера. Цифрові контакти введення/виведення (від D0 до D13) мають дві основні функції: вони можуть використовуватись як вхідні контакти (інакше кажучи, для отримання сигналів від зовнішніх джерел) або як вихідні контакти (для передачі сигналів на зовнішні пристрої). В якості вихідних контактів, вони можуть генерувати і передавати цифрові сигнали на підключені зовнішні пристрої. За допомогою цього мікроконтролер може взаємодіяти з іншими електронними пристроями, обмінюватися даними та керувати зовнішніми пристроями в залежності від потреб програми. Контакти введення/виведення розширюють можливості мікроконтролера та дозволяють створювати різноманітні інтерактивні проекти. Контакти передачі/отримання (Tx, Rx) використовуються для комунікації та обміну послідовними даними за допомогою стандартного рівня логіки TTL (Transistor-Transistor Logic). Контакт Tx (Transmit) відповідає за передачу послідовних даних з мікроконтролера на зовнішні пристрої. Він генерує та відправляє цифрові сигнали, що містять інформацію, на підключені пристрої для подальшої обробки. Контакт Rx (Receive) приймає послідовні дані з зовнішніх пристроїв і передає їх до мікроконтролера для подальшої обробки. Він служить для отримання цифрових сигналів з підключених пристроїв та перетворення їх на вхідні дані для мікроконтролера.

За допомогою цих послідовних контактів, мікроконтролер може комунікувати з іншими пристроями, такими як сенсори, дисплеї, модулі зв'язку та інші, передаючи та отримуючи дані в реальному часі. Це відкриває безліч можливостей для створення різноманітних пристроїв та систем, які взаємодіють з оточуючим світом через послідовний інтерфейс. Контакти зовнішніх переривань (2, 3) використовуються для активації переривань в мікроконтролері. Коли на контакт зовнішнього переривання

надходить сигнал, це спричиняє виклик обробника переривань в мікроконтролері. Це дозволяє програмі зупинити виконання поточних інструкцій та перейти до обробки переривання. Такий механізм дозволяє швидко реагувати на зовнішні події або сигнали, що виникають поза основним виконавчим циклом програми. Використання зовнішніх переривань дозволяє забезпечити швидку та ефективну обробку подій, таких як натискання кнопок, зміна сигналів на вхідних контактах або спрацювання датчиків. Це дозволяє відстежувати та реагувати на зовнішні події у реальному часі, забезпечуючи гнучкість та функціональність мікроконтролера в різних додатках і проектах. Контакти ШІМ (3, 5, 6, 9, 11) використовуються для генерації вихідного сигналу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) з роздільною здатністю 8 біт. ШІМ - це метод модуляції, при якому ширина імпульсів вхідного сигналу змінюється для представлення аналогової інформації. У випадку контактів ШІМ на платі, вони використовуються для генерації такого сигналу з роздільною здатністю 8 біт. Це означає, що сигнал може мати 256 рівнів яскравості або відсотків заповнення, що відповідають вхідним значенням від 0 до 255. Використання ШІМ дозволяє керувати різноманітними пристроями та компонентами, які вимагають аналогового сигналу для регулювання яскравості, швидкості, потоку тощо. Це може бути корисно, наприклад, при керуванні швидкістю мотора, регулюванні яскравості світлодіодів або контролі позиції судна. Контакти ШІМ забезпечують можливість генерації такого сигналу, що дозволяє ефективно управляти підключеними пристроями з високою точністю та контролем. Контакти SPI (10, 11, 12 і 13) використовуються для забезпечення зв'язку за допомогою інтерфейсу послідовної периферії (SPI). SPI (Serial Peripheral Interface) є популярним протоколом зв'язку, який дозволяє обмінюватися даними між мікроконтролером та іншими пристроями, такими як сенсори, дисплеї, пам'ять та інші периферійні пристрої. Контакти SPI забезпечують передачу даних в обидва напрямки - від мікроконтролера до пристрою (Master Out Slave In - MOSI) та від пристрою до мікроконтролера (Master In Slave Out - MISO), а також сигнали синхронізації (Serial

Clock - SCK) та вибору пристрою (Slave Select - SS). Використання контактів SPI дозволяє реалізувати швидкий та надійний обмін даними між пристроями, забезпечуючи синхронізацію та керування передачею. Цей протокол є особливо корисним у випадках, коли потрібно обробляти великі обсяги даних або взаємодіяти з багатьма периферійними пристроями одночасно. Контакт вбудованого світлодіода (13) використовується для управління та активації світлодіода, що входить у склад плати. Цей контакт дозволяє програмно керувати світлодіодом шляхом надсилання сигналу у вигляді електричного струму. При активації контакту, світлодіод розпочинає світити, а його яскравість може бути регульована залежно від програмного коду, що виконується на мікроконтролері. Використання вбудованого світлодіода дозволяє візуально сигналізувати різні стани або події, що відбуваються в системі. Також його можна використовувати для відладки програми або як індикатор, що відображає певні умови або дії. Контакти ІІС (А4, А5) використовуються для забезпечення зв'язку за протоколом TWI (Two-Wire Interface) на платформі Arduino. TWI є синхронним протоколом зв'язку, який дозволяє обмінюватися даними між пристроями на одному автобусі. Контакти А4 і А5 використовуються як лінії передачі даних (SDA) і лінія клоку (SCL) відповідно. Завдяки цим контактам, мікроконтролер Arduino може взаємодіяти з різними пристроями, які підтримують протокол TWI, такими як сенсори, ЖК-дисплеї, EEPROM-пам'ять та інші. Ці контакти дозволяють передавати і отримувати дані за допомогою двох провідників, що спрощує підключення та споживання пінів на платі. Вивід AREF (Analog Reference) використовується для надання опорної напруги вхідним сигналам аналогових входів.

Далі в нашій схемі може бути підключений модуль ZMPT 101В. Датчик напруги змінного струму ZMPT101В є ідеальним варіантом для швидких проєктів DIY, які вимагають швидкого та простого вимірювання точної напруги змінного струму. Цей датчик забезпечує зручне підключення та роботу без необхідності

використання зовнішніх схем для вимірювання напруги змінного струму. Він ідеально підходить для використання з платами Arduino, ESP8266 або Raspberry Pi для вимірювання напруги змінного струму.

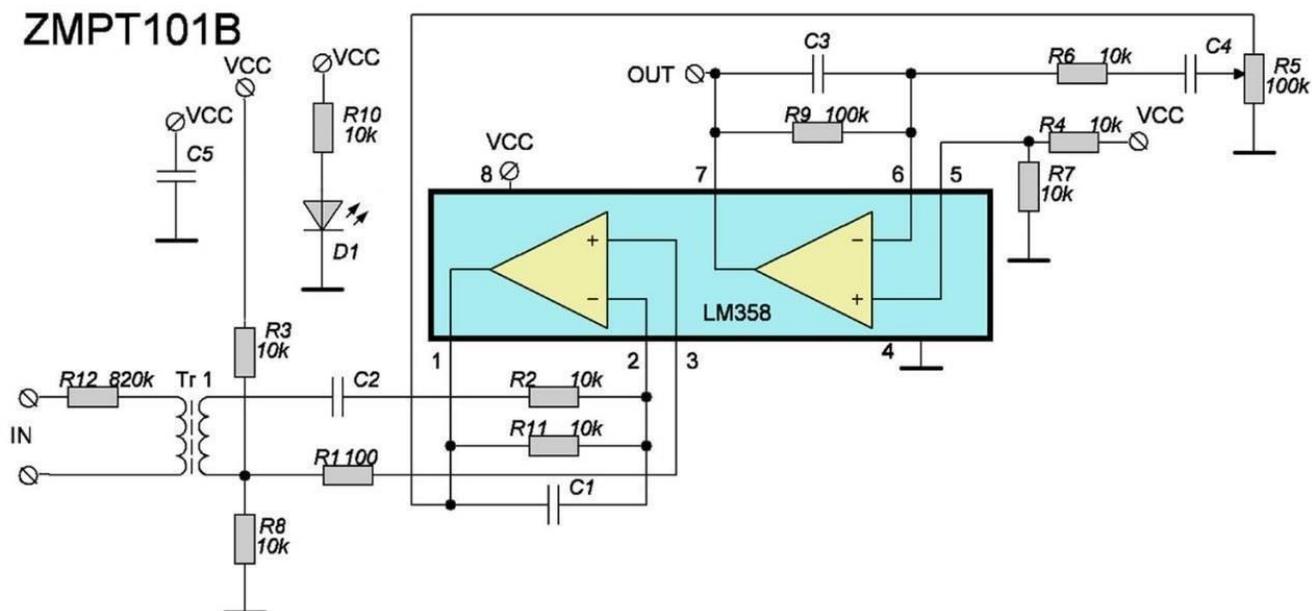


Рис 4.1.3 Схема модуля ZMPT101B

Датчик ZMPT101B відповідає основним вимогам безпеки, таким як висока гальванічна ізоляція, широкий діапазон вимірювання, висока точність та стабільність. За використання тільки трансформатора ZMPT101B, установка стає простою, оскільки потрібно лише підключити обмежувальний резистор на первинній стороні і резистор вибірки на вторинній стороні. Простота встановлення полягає в тому, що ZMPT101B вже має вбудований трансформатор та не потребує додаткових зовнішніх схем чи компонентів. Потрібно просто підключити обмежувальний резистор до первинного входу трансформатора, який допоможе обмежити струм та захистити від високої напруги. На вторинній стороні трансформатора є змога підключити резистор вибірки, який дозволяє виміряти напругу змінного струму. Опір первинної та вторинної котушок цього трансформатора майже дорівнює 110 Ом при температурі 20°C.

Також в розробленні системи стабілізації напруги необхідна шафа з автоматикою за допомогою якої, здійснюватиметься контроль напруги. На рис. 4.3 зображено схему підключення автоматики в шафі. Контроль напруги здійснюється між N та L1, а фази L2, L3 виведені лише для комутації конденсаторів.

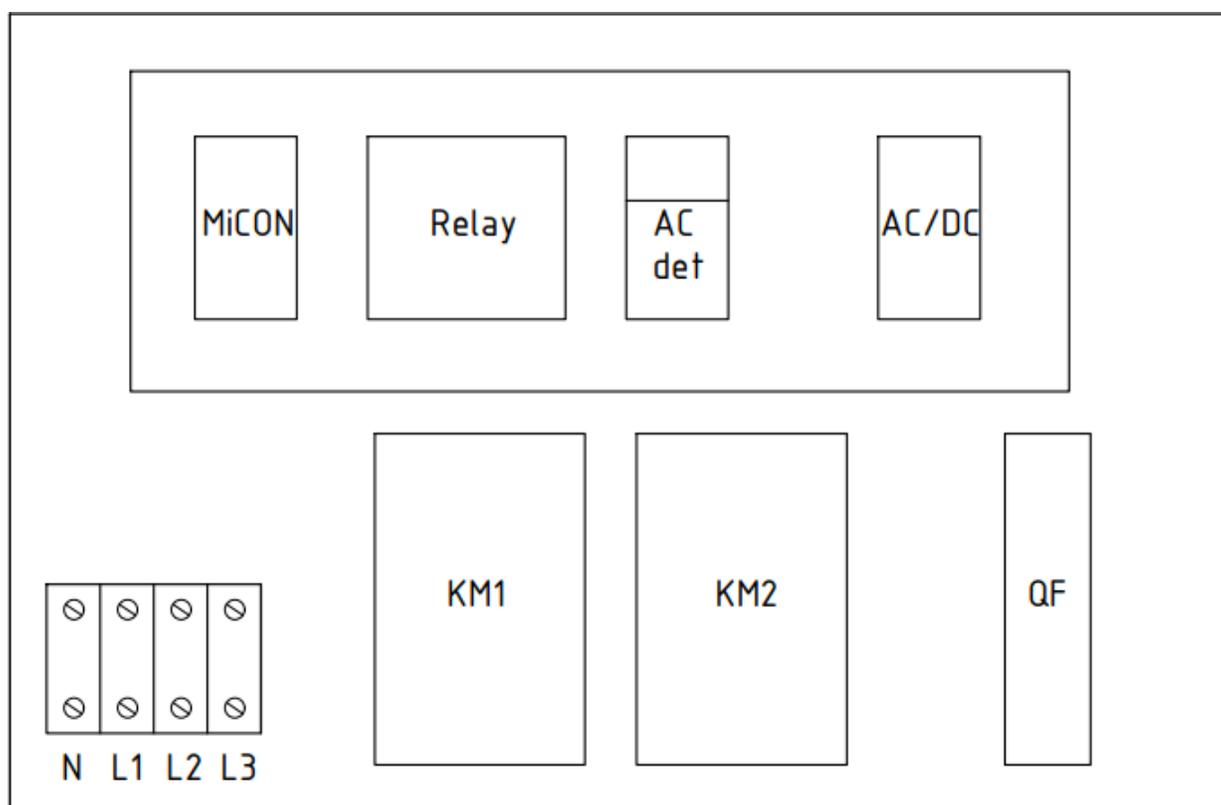


Рис 4.1.4 Блок - схема підключення автоматичної шафи

На схемі позначено:

- MiCON – контролер Arduino NANO
- Relay – релейний модуль
- Ac det – модуль ZMPT101B
- AC/DC – мережевий перетворювач

- КМ1, КМ2- магнітні контактори
- QF – вимикач автоматичний

4.2 Розроблення конструктивної схеми генераторної установки

Загальний вигляд конструктивного компонування генераторної установки зображений на рис.4.2.

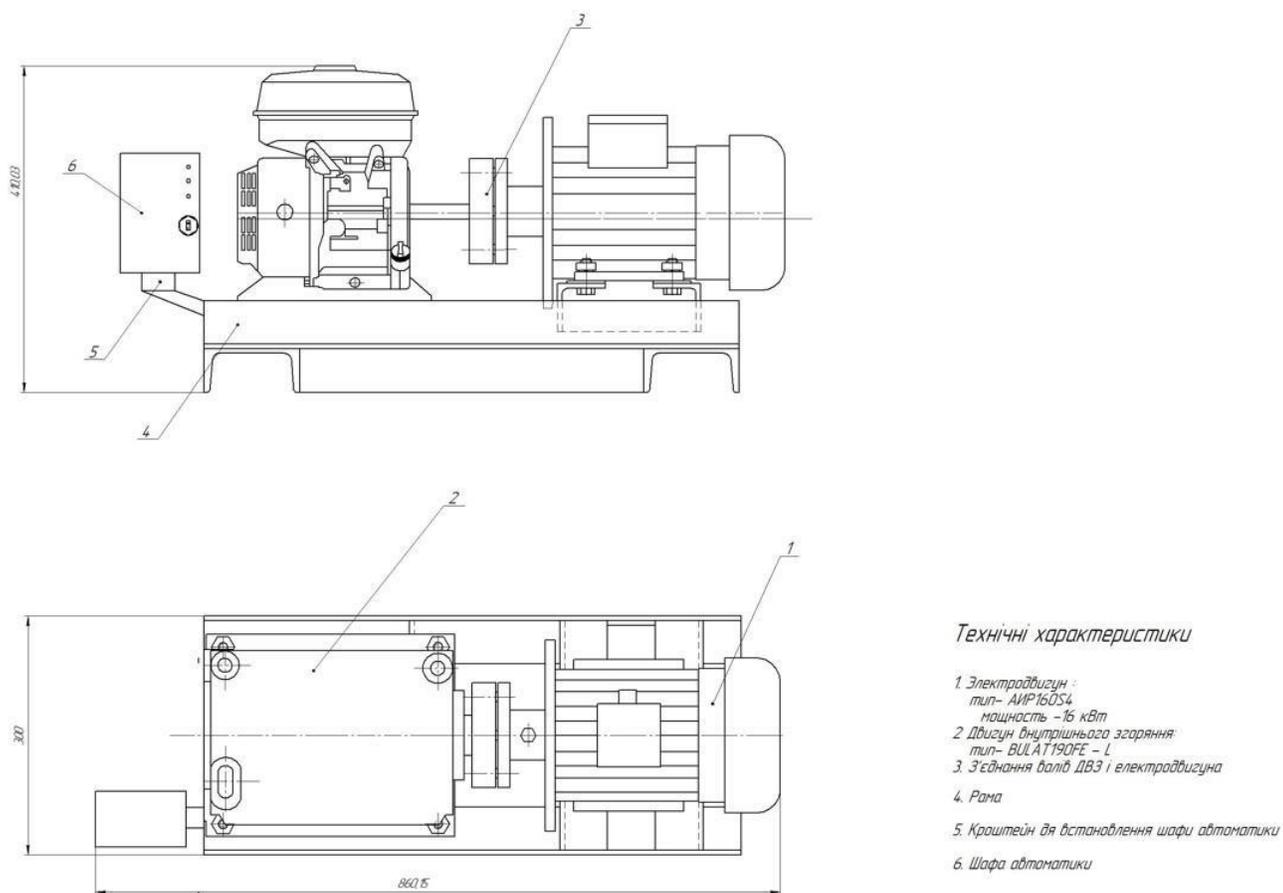


Рис 4.2 Конструктивна схема генераторної установки.

Вал генератору під'єднується до валу електродвигуна для їхньої одночасної роботи. Для того щоб керувати цією генераторною установкою потрібно під'єднати до мережі живлення шафу з автоматикою в якій встановлено контролер Arduino NANO поєднаний з модулем ZMPT 101B а також з автоматичним вимикачем і

релейним модулем. За допомогою контролера буде керуватися швидкість обертання і вихідна потужність. Модуль ZMPT 101B під час роботи установки буде вимірювати точну напругу змінного струму. Релейний модуль за допомогою низького струму автоматично замикатиме та розмикатиме електричне коло при високому струмі. Автоматичний вимикач в цій установці буде працювати як запобіжник в разі КЗ.

ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих видів автономних джерел енергії показав, що розробка автономної електростанції на базі асинхронного електродвигуна - двигуна внутрішнього згоряння - є перспективним напрямом. Цей тип джерела енергії володіє високою ефективністю та широким спектром застосування.

Розрахунок і вибір асинхронного електродвигуна та автономного джерела живлення є ключовим етапом у проекті. Необхідно враховувати потужність, надійність та вартість обладнання для досягнення оптимального рішення.

3. Вибір системи керування асинхронним електродвигуном має враховувати вимоги до точності регулювання швидкості, забезпечення стабільності та безпеки роботи. Використання сучасних алгоритмів керування дозволяє досягти оптимальних показників продуктивності.

Розробка системи стабілізації згенерованої напруги є важливим етапом для забезпечення сталого живлення підключених електроустановок. Використання регуляторів напруги та фільтрів дозволяє знизити коливання напруги та запобігти можливим пошкодженням обладнання.

Розробка конструктивної схеми генераторної установки передбачає вибір оптимальної архітектури, розташування компонентів та системи охолодження. Необхідно враховувати ефективність, доступність для обслуговування та безпеку експлуатації.

В цілому, розробка автономної електростанції на базі асинхронного електродвигуна - двигуна внутрішнього згоряння має великий потенціал у забезпеченні незалежного та стабільного живлення критично важливих систем та обладнання. Правильний аналіз, вибір та розробка необхідних компонентів та систем гарантує успішну реалізацію проекту та задоволення потреб сучасного ринку енергетики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Види автономних джерел електричної енергії
<https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/635952.pdf>
2. Сонячна електростанція
<https://www.repsol.com/en/energy-and-the-future/energy-transition/solar-power-plant/index.cshtml>
3. Принцип роботи сонячної електростанції
<https://delaenergy.systems/articles/princzip-roboti-sonyachnoi-elektrostantsii/>
4. Переваги та недоліки сонячних електростанцій
https://kurs.if.ua/news/perevagy_ta_nedoliky_sonyachnyh_elektrostantsiy_73229.html/
5. Як працює сонячна електростанція <https://www.solargarden.com.ua/yak-pratsyuye-sonyachna-elektrostantsiya/?movaUK=UK>
6. Гідроелектростанція <https://esu.com.ua/article-29495>
7. Переваги та недоліки гідроелектростанцій <http://um.co.ua/5/5-6/5-65818.html>
8. Принцип роботи гідроелектростанції <https://poradumo.com.ua/378380-ges-princip-roboti-shema-obladnannia-potyjnist/>
9. Hydroelectric Power: How it Works <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/hydroelectric-power-how-it-works - overview>
10. Hydroelectric plants <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/hydroelectric-energy/hydroelectric-plants>
11. What is a wind farm? <https://www.repsol.com/en/energy-and-the-future/energy-transition/wind-farms/index.cshtml>
12. Вітрова електростанція
https://uk.wikipedia.org/wiki/Вітрова_електростанція

- <https://mcl.kiev.ua/vetrovye-elektrostantsii-ves-vetrogenerator-y-i-vetryaki/>
13. Принцип роботи вітроелектростанції <https://vencon.ua/ua/articles/printsip-raboty-vetrogeneratora>
14. Когенераційні установки <https://nvp-vital.com/ua/kogeneraciya-kogeneracijni-ustanovky>
15. Cogeneration & Trigeneration <https://www.mwm.net/en/mwm-competencies/cogeneration-trigeneration-plants/>
16. Переваги та недоліки когенераційних установок <http://www.esludger.com.ua/uk/Kogeneratsiyni-ustanovki/kogeneratsijni-ustanovki-mini-tets-na-biogazi-biogazovi-ustanovki.html>
<https://madek.ua/ua/biogas-ua>
17. What is Cogeneration <https://www.cogeneurope.eu/knowledge-centre/what-is-cogeneration>
<https://serviceportal.viessmann.ua/articles/so-take-kogeneraciya-kogeneracijni-ustanovki-vitobloc-vid-viessmann>
<https://powering.mit.edu/cogeneration-sustainable-choice>
18. Когенерація що це за технологія? <https://www.0352.ua/news/3318071/kogeneraciya-trendove-energovirobnictvo>
19. Види когенераційних установок http://ges-ukraine.com/maininfo_14-16.html
20. Класифікація бензинових генераторів <https://santeho.com.ua/ua/generator/benzinovye-generatory>
21. Принцип роботи бензинових генераторів <https://barma.by/o-kompanii/posts/71-ustrojstvo>
<https://acdcgenerator.com.ua/blog/ustrojstvo-benzinovogo-generatora>

22. Переваги та недоліки бензинових генераторів
<https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/451-preimushchestva-i-nedostatki-benzinovykh-generatorov>
23. Принцип роботи дизельного генератора <https://santeho.com.ua/ua/printsip-raboty-dizelnogo-generatora>
<https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/416-ustrojstvo-i-printsip-raboty-dizelnogo-generatora>
24. Дизельний генератор <https://izmacity.com/articles/244734/chomu-dizelni-generatori-vvazhayutsya-najnadijnishimi>
25. Переваги та недоліки дизельних генераторів <https://electro100.ua/blog/iaki-perevagi-ta-nedoliki-dizelnih-generatoriv>
26. Види дизельних установок <https://130.com.ua/uk/vidy-dizelnyh-generatornyh-ustanovok/>
27. Принцип роботи газового генератора <https://santeho.com.ua/ua/printsip-raboty-gazovogo-generatora>
28. Каталог електродвигунів АИР https://xn--80a9y.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/
29. Каталог бензинових генераторів <https://avtogeshik.com.ua/ua/g27249457-dvigateli-benzinovyeh-csbms6=91730726&csbms6=279291637>
30. Як підібрати генератор :<https://www.vdr.com.ua/uk/articles/kak-podobrat-generator-elektrostanciyu.html>
31. Governor: <https://www.engineeringchoice.com/what-is-engine-governor/>
32. Електронний регулятор
[:https://uk.wikipedia.org/wiki/Електронний_регулятор_ходу](https://uk.wikipedia.org/wiki/Електронний_регулятор_ходу)
33. Servomotor in Arduino: https://ozeki.hu/p_3034-how-to-use-a-servo-motor-in-arduino.html ,<https://howtomechatronics.com/how-it-works/how-servo-motors-work-how-to-control-servos-using-arduino/>

34. Боряк Б.Р., Трет'як А.В. «Розроблення програмного забезпечення для системи автоматики автономної електростанції «Асинхронний електродвигун – Двигун внутрішнього згорання»
[:http://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/12196/1/75_T.1-29-30.pdf](http://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/12196/1/75_T.1-29-30.pdf)
35. Arduino PID- Library: <https://github.com/br3ttb/Arduino-PID-Library>
36. Servo: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/servo/>
37. Боряк Б.Р., Трет'як А.В., В'юн В.В. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ АВТОНОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА БАЗІ «АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН – ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ»
[HTTP://REPOSIT.NUPP.EDU.UA/BITSTREAM/POLTNTU/12194/1/75_T.1-24-26.PDF](http://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/12194/1/75_T.1-24-26.pdf)
- Модуль ZMPT 101B <https://www.electroschematics.com/voltage-sensor/>
<https://probots.co.in/ac-voltage-sensor-module-zmpt101b-single-phase.html>
39. Контролер ARDUINO NANO <https://www.elprocus.com/an-overview-of-arduino-nano-board/>
40. How to measure ac voltage with Arduino <https://solarduino.com/how-to-measure-ac-voltage-with-arduino/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

1. ANALYSIS OF EXISTING TYPES OF AUTONOMOUS ENERGY SOURCES

Autonomous energy sources are energy sources that can function without dependence on external energy sources, such as the electrical grid.

The main types of autonomous energy sources are: solar power plants, hydropower plants, wind power plants, diesel/gas/petrol generators, cogeneration biogas plants.

1.1 Solar power plant

A solar power plant is a system that converts solar energy into electrical energy. The solar power plant is divided into types of power plants: thermal and photovoltaic power plants. A solar thermal installation is a device that is designed to convert the energy of sunlight into electricity using a conventional thermodynamic cycle. The peculiarity of solar thermal power plants is that they receive a completely ecological source of energy - sunlight, as opposed to traditional thermal power plants that operate on fossil fuels. Although the power generation technology is different from the type of solar thermal plant, their operating system is similar. A solar thermal power plant uses a concentration of solar radiation to raise the temperature of a fluid with thermal conductivity properties until it turns into steam, which is then fed into a turbine. In this turbine, thermal energy is converted into mechanical energy, which is transmitted to an alternating current generator for final conversion into electricity. After completing the thermodynamic cycle, the vapor returns to the condenser, where it returns to its liquid state, and the process begins again. In terms of efficiency, it is important to understand that the performance of a solar thermal installation depends on the number of hours.

1. ANALYSIS OF EXISTING TYPES OF AUTONOMOUS ENERGY SOURCES

Autonomous energy sources are energy sources that can function without dependence on external energy sources, such as the electrical grid.

The main types of autonomous energy sources are: solar power plants, hydropower plants, wind power plants, diesel/gas/petrol generators, cogeneration biogas plants.

1.1 Solar power plant

A solar power plant is a system that converts solar energy into electrical energy. The solar power plant is divided into types of power plants: thermal and photovoltaic power plants. A solar thermal installation is a device that is designed to convert the energy of sunlight into electricity using a conventional thermodynamic cycle. The peculiarity of solar thermal power plants is that they receive a completely ecological source of energy - sunlight, as opposed to traditional thermal power plants that operate on fossil fuels. Although the power generation technology is different from the type of solar thermal plant, their operating system is similar. A solar thermal power plant uses a concentration of solar radiation to raise the temperature of a fluid with thermal conductivity properties until it turns into steam, which is then fed into a turbine. In this turbine, thermal energy is converted into mechanical energy, which is transmitted to an alternating current generator for final conversion into electricity. After completing the thermodynamic cycle, the vapor returns to the condenser, where it returns to its liquid state, and the process begins again. In terms of efficiency, it is important to understand that the performance of a solar thermal installation depends on the number of hours of sunlight and weather conditions. This means that solar power plants have a reservoir to store stored energy that can be used when needed.

The operation of a solar photovoltaic installation is based on the use of photons and the light energy of solar radiation. Different types of solar panels are used in these types of facilities. For example, solar thermal power plants use collectors, while photovoltaic power plants use panels consisting of photovoltaic solar cells. The latter can be made of silicon (monocrystalline or polycrystalline solar panels) or of other materials with photovoltaic properties, for example, amorphous solar panels. Thanks to the materials from which the solar panels are made, the electrons contained in the outermost layers of the photovoltaic cells absorb radiation and generate direct current due to the sun's rays directly hitting the panels. Solar panels are usually connected in parallel, forming strings, which are then connected to a current inverter. The inverter converts the direct current from the photovoltaic

cells into alternating energy, after which the electricity is sent to the transformer. The transformer adapts the voltage and intensity of the electricity so that it can be transported through the power grid lines to the centers of consumption. To improve performance, the solar power plant also uses a weather station that analyzes the surrounding weather conditions. This allows you to determine the intensity of solar radiation and its change at short and long intervals, as well as the exact time of sunset. Thus, it is possible to predict periods when there is not enough light and accumulate the necessary energy to ensure the electricity supply. Solar communities and solar farms are two examples of photovoltaic power plants that complement traditional solar power plants installed on building roofs. Solar communities are usually installed on the roofs of buildings and generate electricity for self-consumption in order to reduce electricity costs. In terms of efficiency, it is important to understand that the performance of a solar thermal installation depends on the number of hours of sunlight and weather conditions. This means that solar power plants have a reservoir to store stored energy that can be used when needed.

The operation of a solar photovoltaic installation is based on the use of photons and the light energy of solar radiation. Different types of solar panels are used in these types of facilities. For example, solar thermal power plants use collectors, while photovoltaic power plants use panels consisting of photovoltaic solar cells. The latter can be made of silicon (monocrystalline or polycrystalline solar panels) or of other materials with photovoltaic properties, for example, amorphous solar panels. Thanks to the materials from which the solar panels are made, the electrons contained in the outermost layers of the photovoltaic cells absorb radiation and generate direct current due to the sun's rays directly hitting the panels. Solar panels are usually connected in parallel, forming strings, which are then connected to a current inverter. The inverter converts the direct current from the photovoltaic cells into alternating energy, after which the electricity is sent to the transformer. The transformer adapts the voltage and intensity of the electricity so that it can be transported through the power grid lines to the centers of consumption. To improve performance, the

solar power plant also uses a weather station that analyzes the surrounding weather conditions. This allows you to determine the intensity of solar radiation and its change at short and long intervals, as well as the exact time of sunset. Thus, it is possible to predict periods when there is not enough light and accumulate the necessary energy to ensure the electricity supply. Solar communities and solar farms are two examples of photovoltaic power plants that complement traditional solar power plants installed on building roofs. Solar communities are usually installed on the roofs of buildings and generate electricity for self-consumption in order to reduce electricity costs. Solar farms, on the other hand, have a much larger capacity and are usually located on large areas of land to produce electricity to feed into the power grid. A solar power plant for autonomous energy supply works on the principle of storing electricity produced by solar panels in storage batteries. During the day, energy flows through the charger (controller) into the batteries and is stored until fully charged. Electricity can be used around the clock, for this, direct current from the batteries is sent to the inverter, and from it to the enterprise network. An autonomous power plant is relevant in those places where there is no access to the electrical network or regular blackouts are noted. However, a battery power plant is more expensive than a grid solar power plant.

The advantages of a solar power plant are:

- Infinite supply of solar energy, unlike oil, gas or coal reserves
- Environmental friendliness of solar energy production is absolutely safe for the environment

- Ease of operation and long service life

The disadvantages of this power plant are:

- High cost
- Weather variability
- Takes up quite a lot of space

1.2 Hydroelectric power station

A hydroelectric power plant converts the hydraulic energy of a watercourse, whether natural or artificial, into renewable electricity. There are hydroelectric power plants of three types: channels, reservoirs or accumulative. For the efficiency of HPP, at least two factors are needed, such as:

- Guaranteed supply of water throughout the year
- Large bosom of the river, for a stronger current

Hydroelectricity uses the principle of head-difference, where water is collected or stored at a higher elevation and then pumped down through pressure pipes or tunnels. This discharge of water creates a hydrostatic pressure known as "head" that allows the water to do work by falling on the turbines. The turbines, in turn, drive generators that convert the mechanical energy of the turbines into electrical energy. Next, the alternating voltage produced by the generators is converted to a higher voltage by means of transformers, which allows electricity to be transmitted over long distances. Hydroelectric power plants are usually located on dams that block rivers. This allows you to raise the water level behind the dam and create the highest pressure possible. The production of potential power from water is proportional to the operating head, so plants with high head require a smaller volume of water to produce the same power compared to plants with low head. Some power station dams are located on one side of the dam where part of the dam is used as a spillway for excess water during a flood. In the case where the river flows through a narrow and steep gorge, the power plant can be located within the dam itself. There are three different types of hydroelectric power stations, the most common of which is the reservoir. In reservoirs, a dam is used to control the flow of water that is stored in a pool or reservoir. When more power is needed, water is released from the dam and gravity helps it move down through the turbine. The turbine blades spin, powering the generator as water flows through them. The second type of hydroelectric power station is drainage pipes. This type of hydroelectric power plant is unique in that it does not use a dam, instead the generators are powered by a series of canals that channel the flow of river water to the turbines. The third type of stations

is called hydraulic storage. HPPs have two reservoirs at different levels: one upstream and one downstream, and the second is used as energy storage. This design provides a dual mode: during periods of low energy demand, the water that passes through the turbines and produces electricity can be returned to the upper reservoir by the same turbines. Thus, they act as a pump-electric system. There are also mini- and micro-hydroelectric power stations for household consumers - mobile hydropower plants, for example micro-hydroelectric power plants of the sleeve type and installations with free-flowing turbines. Sleeve-type micro-hydroelectric power stations are effective when using water energy in foothills and mountain areas of rivers with significant slopes of the bottom and such high flow velocities.

The advantages of HPP are:

- Use of renewable resources
- Quick output to working power after switching on
- Has no harmful emissions into the atmosphere
- Cheap electricity

The disadvantages of HPP are:

- Flooding of arable land
- Reduced and unregulated releases of water from reservoirs
- Attachment to water bodies
- Harmful impact on the ecosystem of rivers

1.3 Wind power plants

A wind farm is an area of several square kilometers on which a number of wind turbines are installed, which use the force of wind from the surface of the land or sea to generate electricity, which is then fed into the grid for use by consumers. The principle by which wind turbines work is very simple. By rotating the blades, kinetic energy is produced with the help of wind power, which the generator converts into electrical energy. The composition of the wind generator is a tower on the top of which there are nacelles and a rotor with several blades directed in the direction of the wind. Wind generators are divided

into two types: with horizontal and vertical axes of rotation. Horizontal wind generators are usually used by power plants with a large capacity, vertical ones are less powerful than horizontal ones and are used for consumer needs. Also, wind turbines function in three ways:

- Autonomous
- Selective
- Parallel

The autonomous mode must ensure uninterrupted power supply of the consumer from the wind turbine during a certain period of operation.

The parallel mode of operation is characterized by an increase in the total production of electricity or a partial coverage of the plan of the total load of the power system, while ensuring great savings in organic fuel. A change in the strength of the wind flow can affect the generated power, and there is some probability of predicting periods when the flow is outside the operating range. Even in regions with constant access to wind energy, the electricity produced by a wind turbine must be optimally adapted to the amount of wind, since it itself undergoes hourly, daily and seasonal changes. Attempting to directly increase the electromagnetic power generated by wind turbines with a load profile can lead to power losses that affect the operation of individual consumers and the entire power system. Therefore, the optimal use of electricity generated by wind turbines must take into account the load plan profile and the hourly, daily and seasonal variations that affect the wind volume. In general, the operating conditions of wind turbines, the load on the power system and electricity consumption schedules do not allow the independent operation of wind generators without the presence of an appropriate backup system, since this does not guarantee a reliable and uninterrupted power supply to consumers. There are also three types of wind turbines: onshore, coastal and offshore. Onshore wind turbines are the most common, located on land at least 3 kilometers from the coast and consume land air currents. Offshore wind farms are also located on land, but less than 3 kilometers from the coast and use onshore and offshore winds. Offshore wind turbines are built in the open sea a few miles

from the coast and the advantage over the first types is that the wind power in the sea is greater and more regular than on land.

The advantages of the wind generator are:

- Environmentally safe
- Infinite supply of wind energy
- Ability to install in a hard-to-reach place
- Autonomy
- Does not take up much space for installation

Disadvantages are considered:

- Long payback period
- Wind flow instability
- Danger to birds
- Noise and vibration load from the operation of "wind turbines"

1.4 Cogeneration plants

Cogeneration is a process by which, when using fuel energy, electrical and thermal energy are simultaneously produced. To carry out the cogeneration process, a special installation is used, which efficiently uses fuel, producing heat and electricity with a high efficiency. Due to the combustion of gas, mechanical energy is released and the generator converts it into electrical energy and in this process the engine produces heat that can be used with the help of heat exchangers. The cogeneration plant consists of:

- Power unit
- Primary engine
- Heat storage and transfer systems

The main characteristic by which cogeneration plants are classified is the type of primary engine used. As of now, the following engine options make up most of them:

- Gas piston
- Gas turbine

- Microturbine

Gas piston units work on the basis of internal combustion engines, the fuel of which is gas. The principle of operation of the GPU consists in the combustion of the fuel-air mixture in the combustion chambers of the engine, providing motion to the crankshaft of the gas internal combustion engine. Thanks to the torque of the engine, which is transmitted to the electric generator, electricity is produced. Gas turbine engines work on the basis of a gas turbine installed in the system. In these engines, as a result of the combustion of fuel, the flow of gas affects the blades of the turbine, thereby creating a torque and rotating the rotor, which in turn is connected to the generator. A microturbine engine is similar to a gas turbine engine, but the first one is smaller and more compact than the second one, and the microturbine engine is used at low power. The advantages of such cogeneration plants are:

- Environmentally safe
- Two types of energy are provided: thermal and electric
- Regardless of time of day, season, etc.
- Have compact dimensions (for private use)
- Uses biogas based on organic waste

The disadvantages of the cogeneration plant are:

- Lack of control of the temperature of the hot side of the heat-generating elements
- Impracticality when using a water cooling system on low-power boilers
- Reduction of the overall efficiency of the installation when using useful thermal energy of the boiler.

1.4 Cogeneration plants

Cogeneration is a process by which, when using fuel energy, electrical and thermal energy are simultaneously produced. To carry out the cogeneration process, a special installation is used, which efficiently uses fuel, producing heat and electricity with a high efficiency. Due to the combustion of gas, mechanical energy is released and the generator

converts it into electrical energy and in this process the engine produces heat that can be used with the help of heat exchangers. The cogeneration plant consists of:

- Power unit
- Primary engine
- Heat storage and transfer systems

The main characteristic by which cogeneration plants are classified is the type of primary engine used. As of now, the following engine options make up most of them:

- Gas piston
- Gas turbine
- Microturbine

Gas piston units work on the basis of internal combustion engines, the fuel of which is gas. The principle of operation of the GPU consists in the combustion of the fuel-air mixture in the combustion chambers of the engine, providing motion to the crankshaft of the gas internal combustion engine. Thanks to the torque of the engine, which is transmitted to the electric generator, electricity is produced. Gas turbine engines work on the basis of a gas turbine installed in the system. In these engines, as a result of the combustion of fuel, the flow of gas affects the blades of the turbine, thereby creating a torque and rotating the rotor, which in turn is connected to the generator. The microturbine engine is similar to the gas turbine engine, but the first one is smaller and more compact than the second one, and the microturbine engine is used at low power. The advantages of such cogeneration plants are:

- Environmentally safe
- Two types of energy are provided: thermal and electric
- Regardless of time of day, season, etc.
- Have compact dimensions (for private use)
- Uses biogas based on organic waste

The disadvantages of the cogeneration plant are:

- Lack of control of the temperature of the hot side of the heat-generating elements

- Impracticality when using a water cooling system on low-power boilers
- Reduction of the overall efficiency of the installation when using useful thermal energy of the boiler.

1.5 Diesel/gas/petrol generators

A gasoline generator is a power device that produces electricity using an internal combustion engine. The generator is small in size, relatively inexpensive and easy to use. These generators have a variety of applications and can be used both at home (for example, in cottages or summer cottages) and outdoors, for example, on picnics or on trips. The principle of operation of gasoline generators is based on electromagnetic induction, which converts mechanical energy that occurs during fuel combustion into electric current. Gasoline is the fuel used for these generators. There are two options for starting a gasoline generator: manual, with electric start. By purpose, these generators can be divided into two main groups:

- Household (small in size with a power of up to 4 kW with continuous operation for four hours)
- Professional (rated power 30 kW, with built-in powerful four-stroke engines, can work continuously for ten hours)

The advantages of this type of generator are: reliability, low noise level, stable operation in any weather, simple maintenance, long service life. The following can be considered as disadvantages: not the possibility of continuous work for a long time, and low-power. The device that supplies uninterrupted power supply and runs on natural gas is called a gas generator. In gas generators, the principle of operation is based on the transformation of rotational mechanical energy into electrical energy. Thanks to the piston engine connected to the rotor of the magnetic cushion, energy is converted. The advantages of such a generator are: a long working time (it will work as long as there is gas in the main pipe), environmental friendliness, inexpensive fuel (store in cylinders) and a long service life. Disadvantages of the gas generator are as follows: high price, rather difficult installation. A diesel generator is

a stationary or mobile power plant with built-in one or more electric generators driven by a diesel internal combustion engine. The principle of operation of a diesel generator is similar to a gasoline generator. Diesel generators can be classified according to the following parameters:

- Power (low-power (up to 50 kW), medium-power (from 50 to 200 kW), high-power (over 200 kW))
- Type of cooling (air, radiator (can be both water-air and water-water))
- Purpose (power, lighting, able to cope with significant power drops, and special purpose (for example, backup use at a nuclear power plant))
- Mobility (stationary, mobile, portable)
- Method of generating electromagnetic fields (synchronous, asynchronous)
- Number of phases (single-phase with 220 V output, three-phase with 230 and 400 V outputs)

Also, the diesel generator has the following three types of start-up:

- Manual (starting with a handle or pull cable)
- Electric starter (ignition key)
- Autorun

A diesel generator can be considered reliable for the following reasons:

- A wide spectrum of power
- Autonomy
- Low operating costs
- Higher rotation frequency compared to gasoline generators

But it is also impossible to do without the disadvantages listed below:

- High noise level
- Weak temperature regime
- Release of harmful substances
- A constant load is required

Conclusion: during the analysis of existing types of autonomous energy sources, all the pros and cons of autonomous sources of electricity were listed, and in our case, a gasoline generator (DVZ) is suitable.

The device that supplies uninterrupted power supply and runs on natural gas is called a gas generator. In gas generators, the principle of operation is based on the transformation of rotational mechanical energy into electrical energy. Thanks to the piston engine connected to the rotor of the magnetic cushion, energy is converted. The advantages of such a generator are: a long working time (it will work as long as there is gas in the main pipe), environmental friendliness, inexpensive fuel (store in cylinders) and a long service life. Disadvantages of the gas generator are as follows: high price, rather difficult installation. A diesel generator is a stationary or mobile power plant with built-in one or more electric generators driven by a diesel internal combustion engine. The principle of operation of a diesel generator is similar to a gasoline generator. Diesel generators can be classified according to the following parameters:

- Power (low-power (up to 50 kW), medium-power (from 50 to 200 kW), high-power (over 200 kW))
- Type of cooling (air, radiator (can be both water-air and water-water))
- Purpose (power, lighting, able to cope with significant power drops, and special purpose (for example, backup use at a nuclear power plant))
- Mobility (stationary, mobile, portable)
- Method of generating electromagnetic fields (synchronous, asynchronous)
- Number of phases (single-phase with 220 V output, three-phase with 230 and 400 V outputs)

Also, the diesel generator has the following three types of start-up:

- Manual (starting with a handle or pull cable)
- Electric starter (ignition key)
- Autorun

A diesel generator can be considered reliable for the following reasons:

- A wide spectrum of power
- Autonomy
- Low operating costs
- Higher rotation frequency compared to gasoline generators

But it is also impossible to do without the disadvantages listed below:

- High noise level
- Weak temperature regime
- Release of harmful substances
- A constant load is required

Conclusion: during the analysis of existing types of autonomous energy sources, all the pros and cons of autonomous sources of electricity were listed, and in our case, a gasoline generator (DVZ) is suitable.

The device that supplies uninterrupted power supply and runs on natural gas is called a gas generator. In gas generators, the principle of operation is based on the transformation of rotational mechanical energy into electrical energy. Thanks to the piston engine connected to the rotor of the magnetic cushion, energy is converted. The advantages of such a generator are: a long working time (it will work as long as there is gas in the main pipe), environmental friendliness, inexpensive fuel (store in cylinders) and a long service life. Disadvantages of the gas generator are as follows: high price, rather difficult installation

Міністерство освіти та науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматки, електроніки та телекомунікацій

Розроблення автономної електростанції на базі Асинхронний двигун -
ДВЗ

Кваліфікаційна робота бакалавра

Виконав:

Студент групи 401МЕ

В'юн В.В.

Керівник:

Доцент, канд. техн. наук

Трет'як А.В.

Полтава 2023

Метою роботи є розроблення розроблення автономної електростанції на базі асинхронного двигуна-двигуна внутрішнього згорання, яка відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та енергоефективності..

Для виконання поставленої мети в роботі необхідно виконати наступні завдання:

- провести дослідження щодо вдосконалення конструкції асинхронного двигуна;
- оптимізації параметрів та режимів роботи електростанції;
- розробити системи керування та моніторингу;
- розробити конструктивну схему генераторної установки.

Об’єкт дослідження – процес генерування електростанцією електричної енергії у самостійному режимі.

Предмет дослідження – електростанція на базі Асинхронний двигун - ДВЗ.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВИДІВ АВТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

3



Сонячна електростанція



Вітроелектростанція



Гідроелектростанція

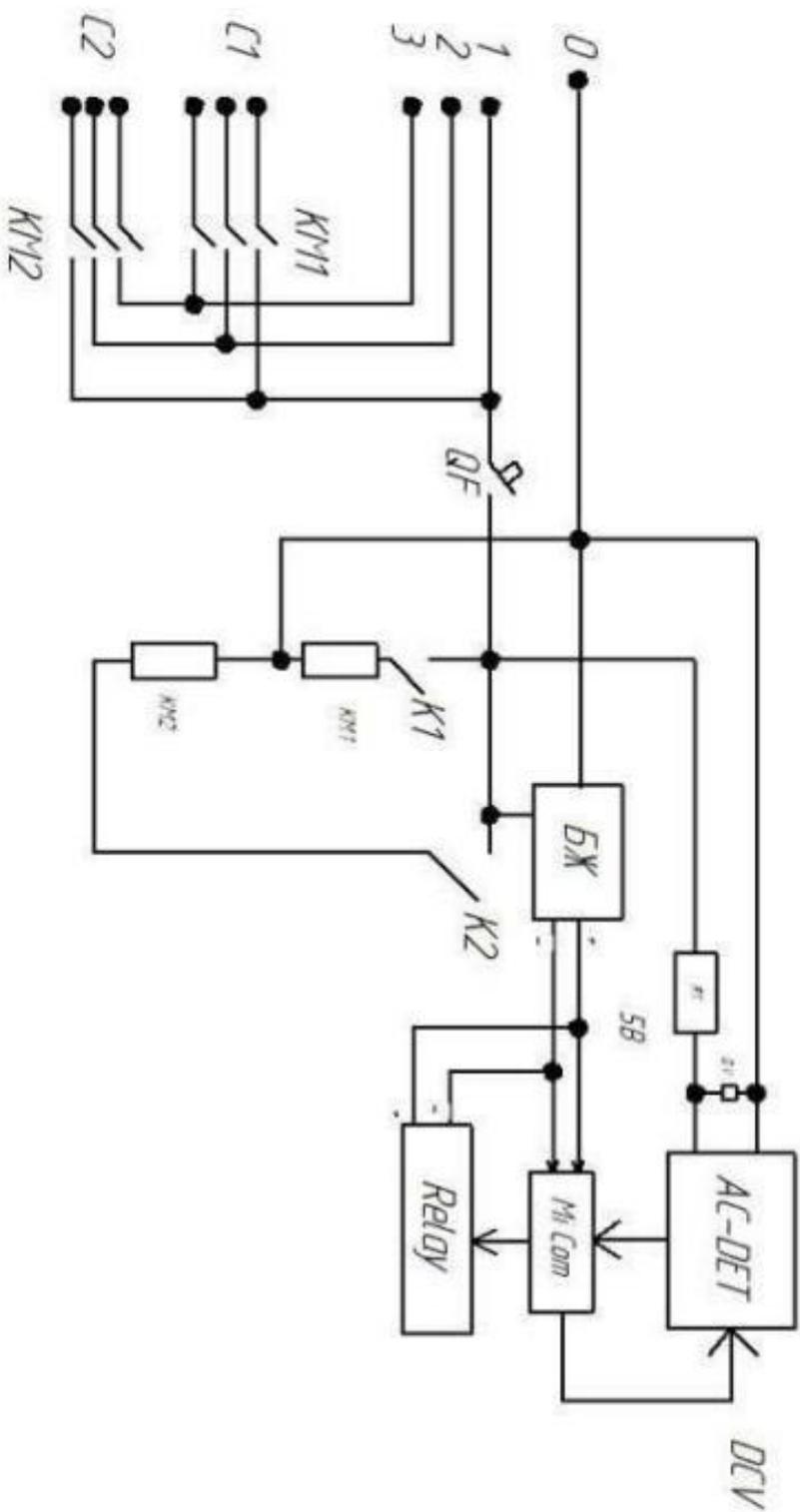


Когенераційна
установка

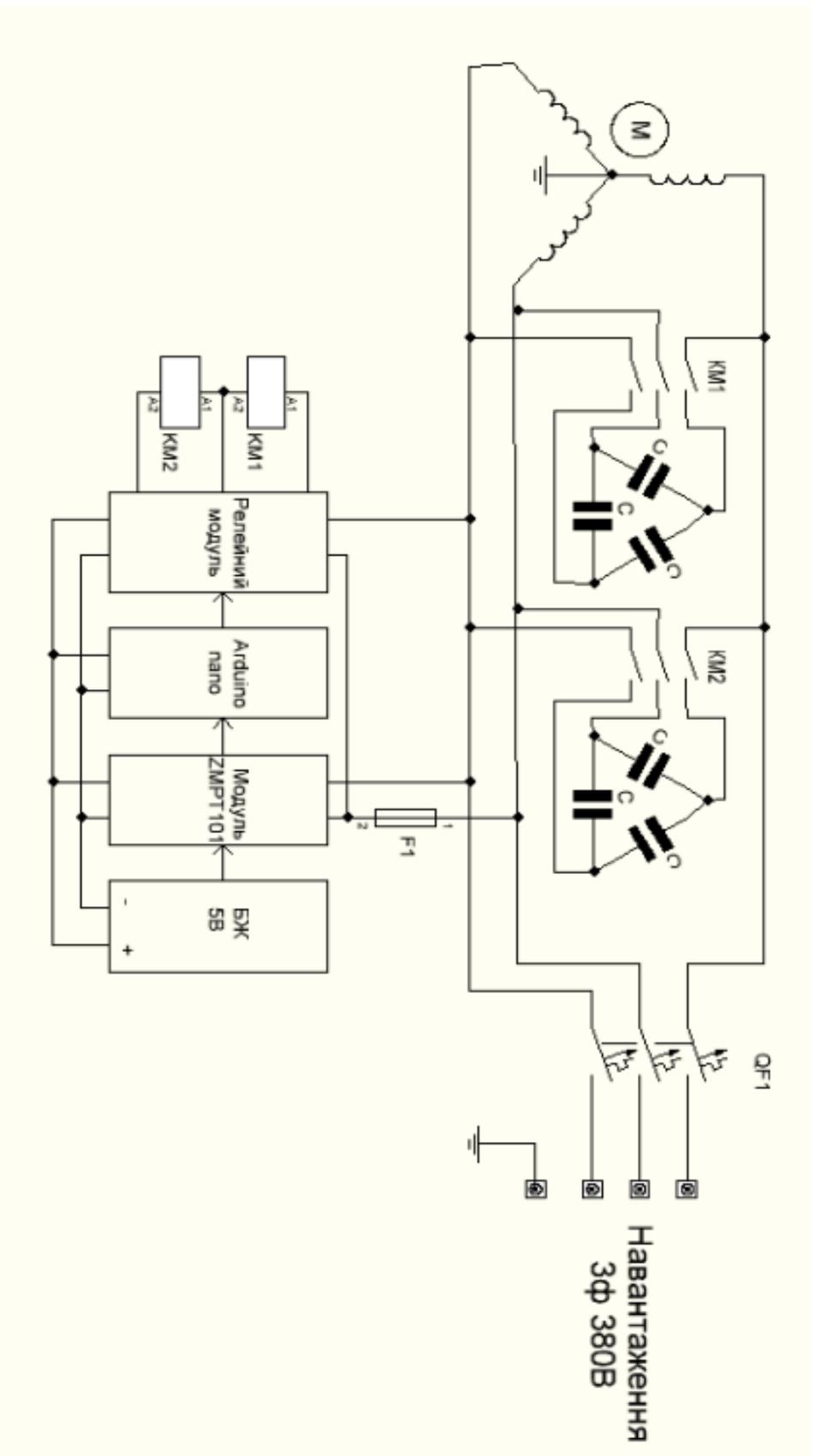


Паливний
генератор

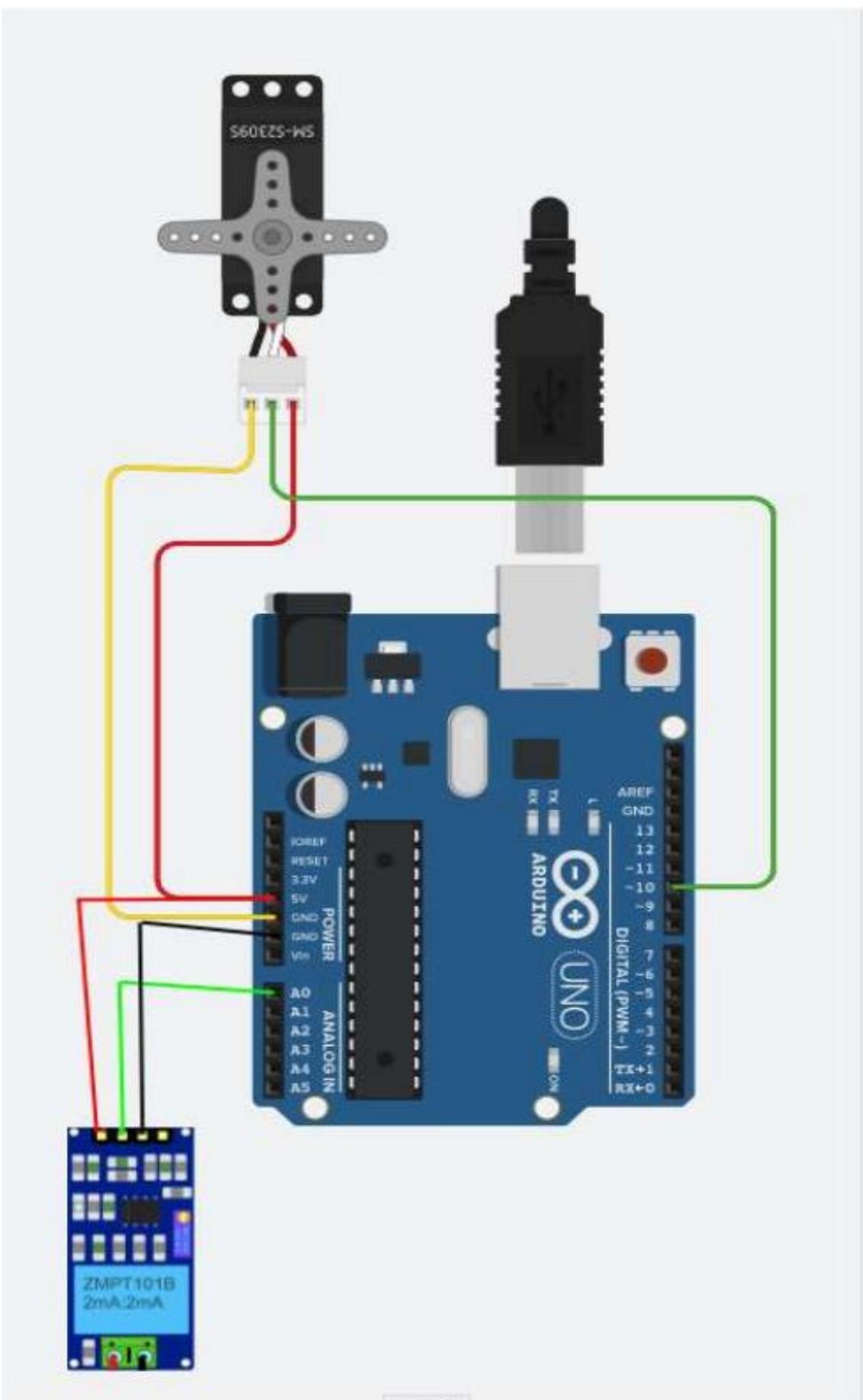
Структурна схема генераторної установки



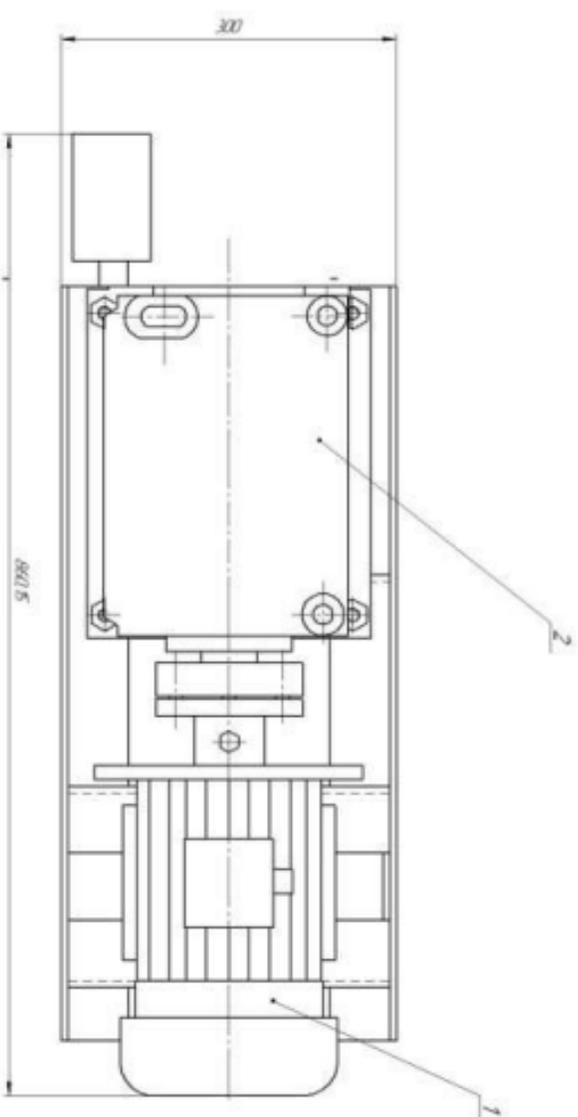
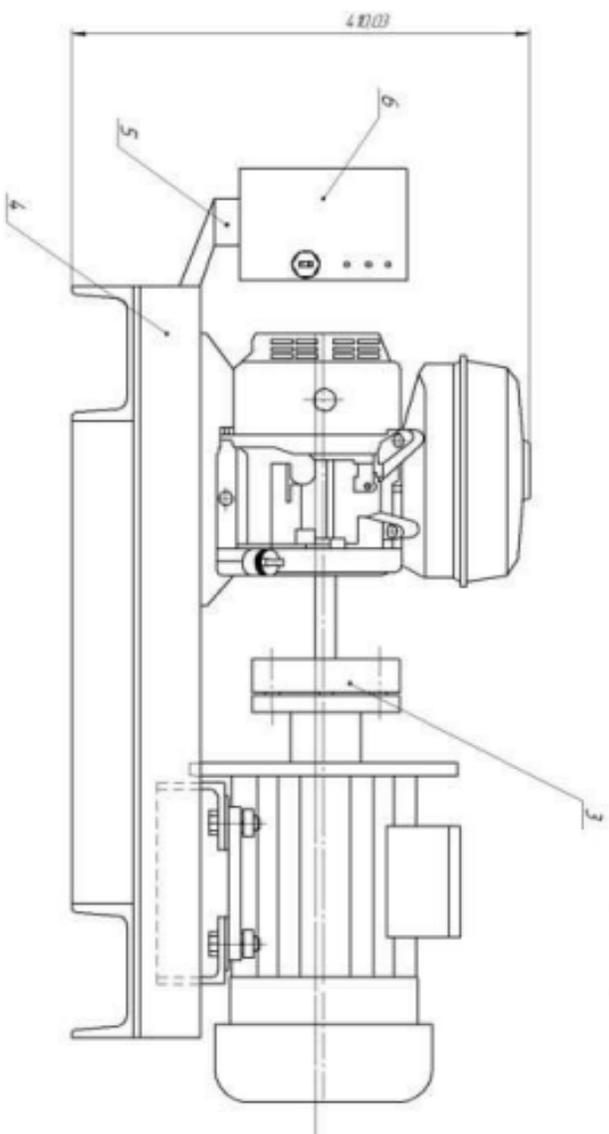
Електрична схема генераторної установки



Блок-схема системи стабілізації згенерованої напруги



Зовнішній вигляд генераторної установки



Технічні характеристики

1. Генератор: тип - АУР750S4, потужність - 75 кВт
2. Двигун: чотирициліндровий згоряння тип - ВКЛ1730СЕ - 1
3. З'єднання доки ДВЗ / генератора
4. Рамка
5. Кріплення для встановлення шифр автоматки
6. Шифр автоматки