

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої
потужності»

Здобувача групи СУдн-04п

Давидова Артема Тагіровича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

Артем Давидов

Керівник: доцент, к.ф.- м.н.

Павлов А.В.

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. листів	№ екз.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3	A4		Завдання кафедри	2		
4						
5	A4		Анотація	1		
6	A4		Технічне завдання	2		
7	A4	СУдн-04п.151. 01 ПЗ	Пояснювальна записка	55		
8						
9						
10			<u>Документація</u> <u>конструкторська</u>			
11						
12	A3	СУдн-04п.151. 01 С1	Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності. Схема структурна	1		
13	A3	СУдн-04п.151. 01 С2	Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності. Схема функціональна автоматизації	1		
14						

					СУдн-04п. 151. 01 ВП			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Давидов А.Т.			Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності. Відомість проекту	Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Павлов А.В.					1	1
Реценз.						СумДУ, СУдн-04п		
Н. Контр.		Павлов А.В.						
Затверд.		Леонтьєв П.В.						

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри КСУ
П.В. Леонт'єв
« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Давидову Артему Тагіровичу

1 Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності

затверджено наказом ректора СумДУ № 0451-VI від «29»04. 2024 р.

2 Термін здачі студентом закінченого проекту «12» 06. 2024 р.

3 Вихідні дані до кваліфікаційної роботи : Завдання кафедри, технічний опис складових сонячної електростанції, вимоги системи автоматизації

4 Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):

1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2 ОПИС СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4 РОЗРОБКА МОДУЛЮ КОНТРОЛЮ СТАНУ АКУМУЛЯТОРНОЇ ЧАСТИНИ

5 СЕРВЕРНА ЧАСТИНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності. Схема структурна.

2. Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності. Схема функціональна автоматизації.

6 Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу проектування (виконання роботи)	Строк виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Огляд аналогів та прототипів.	22.04-01.05.24
2	Опис технологічного об'єкта автоматизації	02.05-07.05.24
3	Опис схем автоматизації	08.05-12.05.24
4	Вибір засобів автоматизації	13.05-20.05.24
5	Розробка модулю контролю стану акумуляторної частини	21.05-23.05.24
6	Серверна частина системи керування та диспетчеризації сонячної електростанції малої потужності	24.05-28.05.24
7	Технічне оформлення проектної документації. Здача проекту керівнику	01.06-12.06.24

7 Дата видачі завдання „22” 04. 2024 р.

Керівник проекту:
доцент, к.ф.-м.н.

Павлов А.В.

Здобувач:
студент групи СУдн-04п

Давидов А. Т.

АНОТАЦІЯ

Давидов Артем Тагірович. Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності.

Кваліфікаційна робота бакалавра. Сумський державний університет, Суми, 2024.

Кваліфікаційна робота містить 55 аркушів пояснювальної записки, включаючи 26 рисунків, 12 таблиць, 1 додаток, конструкторську документацію, що складається з 2 креслень.

Робота присвячена системі керування сонячною електростанцією малої потужності.

Обрано оптимальну структуру системи керування з урахуванням відповідних засобів автоматизації, які повинні бути використані. Складено перелік всіх вхідних та вихідних аналогових та дискретних сигналів і, як результат, розроблено функціональну схему автоматизації та таблицю адресного простору всіх необхідних сигналів для промислового протоколу Modbus TCP.

Повністю розроблено пристрій, для забезпечення задач керування в системі за місцем розташування виконуючих пристроїв та давачів сигналів

Спроектовано та реалізовано серверну (керуючу) частину системи керування. Її було реалізовано з використанням середовища Node-Red на основі логіко-структурної схеми подій в системі керування для попередження інформаційних колізій в процесі керування. Розроблено необхідний людино-машинний інтерфейс системи керування.

Проілюстровано розгортання серверної частини та долучення її до екосистеми Інтернету речей з описом перспектив подальшого масштабування.

Ключові слова: сигнал, автоматизація, мікроконтролер, модуль, система керування, Modbus, Інтернет речей, Node-Red.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматичного позиціонування сонячної панелі

Розробник:
студент групи СУдн-04п

Давидов А. Т.

Погоджено
керівник проекту

Павлов А.В.

1. Назва та галузь застосування об'єкта проектування.

Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності.

Призначено для контролю стану роботи сонячної електростанції, акумуляторних батарей.

2 Підстава для розробки

Наказ ректора Сумського державного університету. № 0451-VI від 29.04. 2024 р.

3 Мета і призначення розробки

Необхідно вибрати і провести аналіз сучасних апаратних засобів автоматизації, на підставі яких створити систему контролю стану сонячної електростанції малої потужності, що забезпечує виконання всіх технологічних вимог.

4 Джерела розробки

Проектна документація, нормативні документи.

5 Режими роботи об'єкта

Система управління передбачає роботу обладнання в автоматичному і ручному режимах.

6 Умови експлуатації агрегату

Об'єкт автоматизації експлуатується в таких кліматичних умовах:

- гранична мінімальна температура зовнішнього повітря - мінус 40 °С;
- гранична максимальна температура зовнішнього повітря - плюс 50 °С;
- відносна вологість зовнішнього повітря - 95 % при температурі + 35 °С;
- атмосферний тиск - від 84 до 107 кПа.

7 Технічні вимоги

Засоби апаратного забезпечення системи автоматизації повинні бути надійними, зручними і безпечними при експлуатації і монтажі.

8 Економічні показники

Економічна ефективність повинна забезпечуватися за рахунок застосування сучасної техніки, що має підвищити якість роботи.

9 Стадії та етапи розробки

Опис технологічного об'єкта автоматизації

Опис схем автоматизації. Вибір засобів автоматизації. Розробка модулю

контролю стану акумуляторної частини. Розробка серверної частини системи керування та диспетчеризації сонячної електростанції малої потужності.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавр
на тему: «Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої
потужності»

Здобувач групи СУдн-04п

Давидов А. Т.

Керівник: доцент, к.ф.-м.н.

Павлов А.В.

Суми – 2024

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	8
1.1 Будова сонячної електростанції.....	8
1.2 Гелеві акумулятори, як основний вузол сонячної електростанції.....	10
2 ОПИС СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	14
2.1 Структурна схема.....	14
2.2 Функціональна схема автоматизації.....	16
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	22
3.1 Давач освітленості.....	22
3.2 Давач положення.....	23
3.3 Сервопривід.....	24
3.4 Мікроконтролер.....	26
3.5 Контролер заряду акумуляторної батареї.....	27
3.6 Інвертор.....	28
3.7 Лічильник електроенергії.....	30
3.8 Давач температури акумуляторів.....	31
3.9 Реле ввімкнення вентиляторів.....	33
3.10 Охолоджуючий пристрій АКБ.....	33
3.11 Модуль давача струму.....	34
3.12 Пристій вимірювання напруги.....	35
3.13 Модулі перетворення.....	36
4 РОЗРОБКА МОДУЛЮ КОНТРОЛЮ СТАНУ АКУМУЛЯТОРНОЇ ЧАСТИНИ.....	39

					<i>СУдн-04п.151.01 ПЗ</i>			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Давидов А.Т.			Автоматизація контролю стану сонячної електростанції малої потужності. Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Павлов А.В.					2	53
Реценз.						СумДУ СУдн-04п		
Н. Контр.		Павлов А.В.						
Затвердив		Леонтьєв П.В.						

5 СЕРВЕРНА ЧАСТИНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	43
5.1 Загальні відомості про середовище розробки.....	43
5.2 Логіка роботи системи керування підключенням станції до електричної мережі будинку.....	44
5.3 Людино-машинний інтерфейс системи.....	46
5.4 Організація обробки інформаційних потоків в серверній частині системи.....	47
5.5 Архівування ключових даних та інформації про події в системі керування.....	50
5.6 Веб-клієнт системи керування.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
Додаток А.....	56

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АКБ– акумуляторна батарея;

ДБЖ– джерело безперервного живлення;

ККД– коефіцієнт корисної дії;

САУ– система автоматичного управління;

СЕС– сонячна електростанція;

НМІ– людино-машинний інтерфейс ;

SCADA– Система диспетчерського керування та збору даних.

					Судн-04п.151.01 ПЗ	Лист
						4
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Умови сьогодення вимагають від людства та світової економіки змінюватись, постійно пристосовуючись до галопуючих змін політичної та економічної ситуації. Зростання кількості населення (цифра вже сягає семи мільярдів), урбанізація, розвиток промисловості спричинили значне зростання використання кількості природних ресурсів в якості джерел енергії. Так, дійсно, надра Землі багаті такими ресурсами, як нафта, газ, вугілля, уран і здатні забезпечувати людство енергією, проте запаси цих ресурсів зовсім не безмежні. Ці джерела енергії відносяться до не відновлюваних. На відтворення цих ресурсів природним способом потрібний час, який сягає сотень мільйонів років.

Крім того, з кожним роком спостерігається зростання ціни на ці природні енергоресурси, що вочевидь пов'язано із зменшенням їх кількості та збільшення попиту.

Ще одна проблема полягає в тому, що спалювати такі цінні та дефіцитні на сьогодні газ та нафту, які зараз все більше використовуються хімічною промисловістю при виробництві різного виду промислової продукції, для вироблення енергії стає просто недоцільним.

Глобальною проблемою людства при використанні природних джерел з метою отримання енергії методом спалювання є екологічна проблема. Ні для кого не секрет, що при спалюванні цих ресурсів в атмосферу виділяється велика кількість шкідливих речовин, що забруднюють повітря, руйнують озоновий шар і можуть призвести до більш глобальних екологічних катастроф, спричинених неконтрольованим потраплянням ультрафіолетових променів на поверхню Землі, глобальним потеплінням.

Боротьба за виживання вимагає застосування людством більш нетрадиційних, незвичних для суспільства способів існування та розвитку. Одним з яких є саме отримання електричної енергії.

Так, за останні десятиріччя людство значно більше стало використовувати природні (відновлювальні) джерела енергії. До таких відносяться енергія сонця,

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						5
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

вітру, води, тепла енергія, що виділяється з надр Землі. Окремим напрямком використання природних джерел є біоенергетика.

Потужність використання відновлюваних джерел енергії на даний час сягає 4600 ГВт. Щоб уявити масштаб цієї кількості, слід уявити, що таку кількість виробляють такі світові промислові лідери, як США та Китай разом взяті.

За даними української енергетичної стратегії, до 2030 року частка енергії, отриманої від альтернативних джерел, має сягати четвертої частини від усього обсягу.

Мабуть одним з найперспективніших та доцільних способів отримання енергії є використання енергії сонця. Це дійсно дуже потужне джерело, що забезпечує планету і світловою і тепловою енергією. Величина енергії сонця, що потрапляє на поверхню планети, в багато разів перевищує ту кількість енергії, яка потрібна людству.

Від людства вимагається лише раціонально використовувати цю енергію, постійно працюючи над вдосконаленням установок, що перетворюють сонячну енергію в електричну, підвищуючи при цьому ККД останніх.

Мабуть, кожен з мешканців в тій чи іншій мірі знайомий з сонячними електростанціями. Багато з них бачили ряди сонячних панелей промислового масштабу для вироблення електричної енергії, що передається в лінію електропередач. Деякі встановлюють невеликі сонячні електростанції на своїх приватних ділянках, забезпечуючи при цьому своє господарство необхідною електричною енергією. При досить невеликих первинних витратах, пов'язаних з закупівлею обладнання сонячних станцій, термін окупності останніх становить трохи більше двох років. Рентабельність такої електростанції забезпечується використанням так званого «зеленого тарифу», згідно з яким електроенергія, отримана з використанням відновлюваного джерела енергії, купується державою дорожче, ніж енергія від традиційних джерел енергії. Таким чином, держава заохочує виробників такої енергії та сприяє розвитку сонячних електростанцій.

Одним з нагальних питань, що потребують вирішення, є автоматизація технологічного процесу вироблення та акумуляування електричної енергії сонячних

					<i>СЧдн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						6
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

електростанцій, створення системи обліку та раціонального використання такої енергії.

Отже, технологічним об'єктом управління в даній кваліфікаційній роботі є сонячна електростанція малої потужності.

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						7
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Будова сонячної електростанції

Отримання електричної та теплової енергії із сонячного випромінювання можливе кількома способами:

- шляхом використання фотоелементів;
- шляхом нагріву поверхонь, поглинаючих сонячне випромінювання, яке в подальшому у вигляді теплової енергії передається воді, що використовується в системах опалення та в парових генераторах (геліотермальна станція);
- шляхом перетворення сонячної енергії в повітряний потік, який надходить до турбінного генератора (термоповітряна станція);
- шляхом генерування водяної пари в балоні аеростата, поверхня якого нагрівається сонячними променями (сонячна аеростатна станція).

Таким чином, сонячна енергія може бути використана як для отримання електричної енергії, так і для теплової.

Вартість електроенергії, що отримана за допомогою сонячної електростанції, є досить низькою.

Одним з самих перспективних способів трансформації сонячного випромінювання в електричну енергію є використання сонячних панелей.

Генерування постійного струму сонячними модулями забезпечує електричною енергією протягом світлового дня. Інтенсивність генерування напряму залежить від кількості світлового випромінювання.

Структурна схема сонячної електростанції наведена на рисунку 1.1.

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						8
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

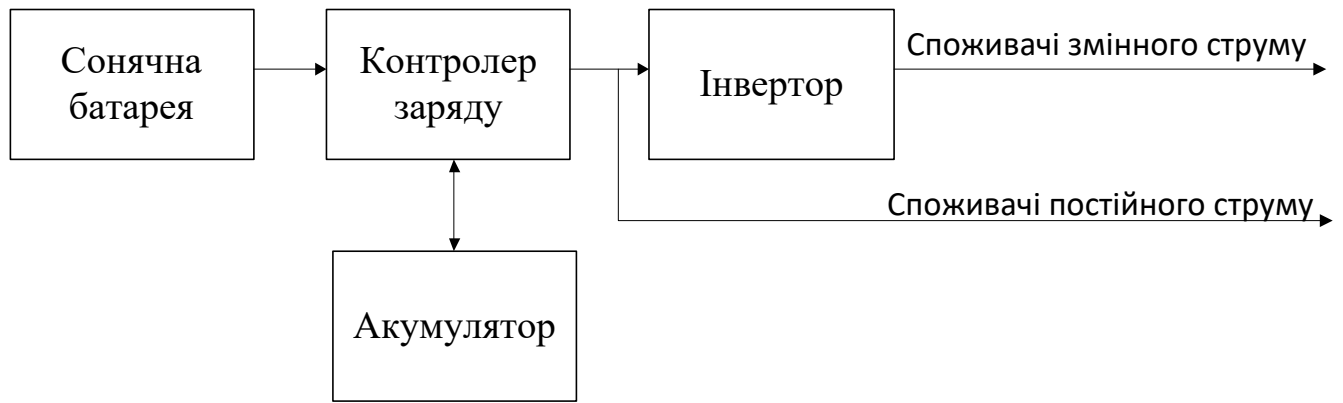


Рисунок 1.1 – Структура сонячної електростанції

Таким чином, складовими сонячної електростанції є:

- сонячні батареї;
- контролер заряду акумуляторів;
- акумуляторна батарея;
- пристрій балансування заряду акумуляторів;
- інвертор;
- пристрій обліку електричної енергії (лічильник).

Сонячна батарея представляє собою низку з'єднаних між собою сонячних панелей, що перетворюють світлову енергію в електрику. Сонячна панель представляє собою сукупність поєднаних між собою моно-кремнієвих пластин, які покриті спеціальним композитним шаром, що витримує будь-які погодні умови (сніг, град, злива, температурні зміни і т. ін.).

Зазвичай такі сонячні панелі розташовують на дахах будівель, стінах, спеціально облаштованих для цього металевих конструкціях.

Зазвичай, сонячні панелі спрямовують в південному напрямку і роблять їх нерухомими. Тож впродовж світлового дня вони не можуть працювати на повну потужність.

Контролер заряду акумуляторів використовується для оптимізації циклів заряду-розряду акумуляторних батарей в залежності від їх типу і умов використання, від сонячних панелей. Забезпечує зниження втрат енергії та продовження терміну служби акумуляторних батарей. Оснащений системою

автоматичного визначення заряду акумуляторів, ШІМ контролером заряду акумулятора, температурною компенсацією струму заряду акумулятора, системою відключення при низькому заряді акумулятора, захистами від перевантаження та короткого замикання.

Акумуляторна батарея використовується для накопичення та зберігання електричної енергії, яку генерують сонячні панелі. Акумулятори розраховані на значну кількість зарядів – розрядів, а призначений ресурс їх використання становить від 5 до 12 років в залежності від умов використання.

Все більше в даний час використовуються гелеві акумулятори. Специфіка їх конструкції полягає в тому, що вони закритого типу, не обслуговувані, а діюча речовина знаходиться не в рідкому стані, а у стані рідкого желе. До переваг таких акумуляторів слід віднести низький саморозряд, виключення внутрішнього короткого замикання, відсутність газів, що виділяються в процесі роботи акумулятора.

Інвертор застосований для перетворення напруги постійного струму 12 В, що видає акумуляторна батарея, в напругу змінного струму 220 В, оскільки більшість побутових приладів живиться саме такою напругою.

Пристрій балансування заряду акумуляторів (балансир заряду акумуляторних батарей) призначений для забезпечення рівномірного заряду усіх акумуляторів акумуляторної батареї до 12 В в усіх режимах експлуатації, таких як режим холостого ходу, заряду, розряду. Фактичне їх призначення – нівелювати розбаланс заряду акумуляторних батарей, тим самим забезпечуючи продовження терміну служби акумуляторів, надійність, збільшення енерговіддачі та безпечну їх експлуатацію.

1.2 Гелеві акумулятори, як основний вузол сонячної електростанції

Мабуть, головним і вартісним елементом сонячної електростанції є акумуляторна батарея, від якості роботи якої залежить зберігання електричної енергії, продукованої сонячними панелями.

					<i>СУдн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						10
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні переваги гелевих акумуляторів порівняно зі звичайними, кислотно – свинцевими, були описані вище.

Замість рідкого електроліту в гелевих акумуляторах застосована сірчана кислота, загущена, у вигляді гелю. Такі акумулятори більш стійкі до глибоких розрядів і мають більший допустимий температурний діапазон. Також вони призначені для функціонування не тільки в циклічному, а і в буферному режимі.

На рисунку 1.2 зображені сімейство кривих розряду гелевих акумуляторів до визначеної кінцевої напруги. Розрядження акумулятора нижче даної напруги може призвести до зниження ємності і ресурсу експлуатації останнього.

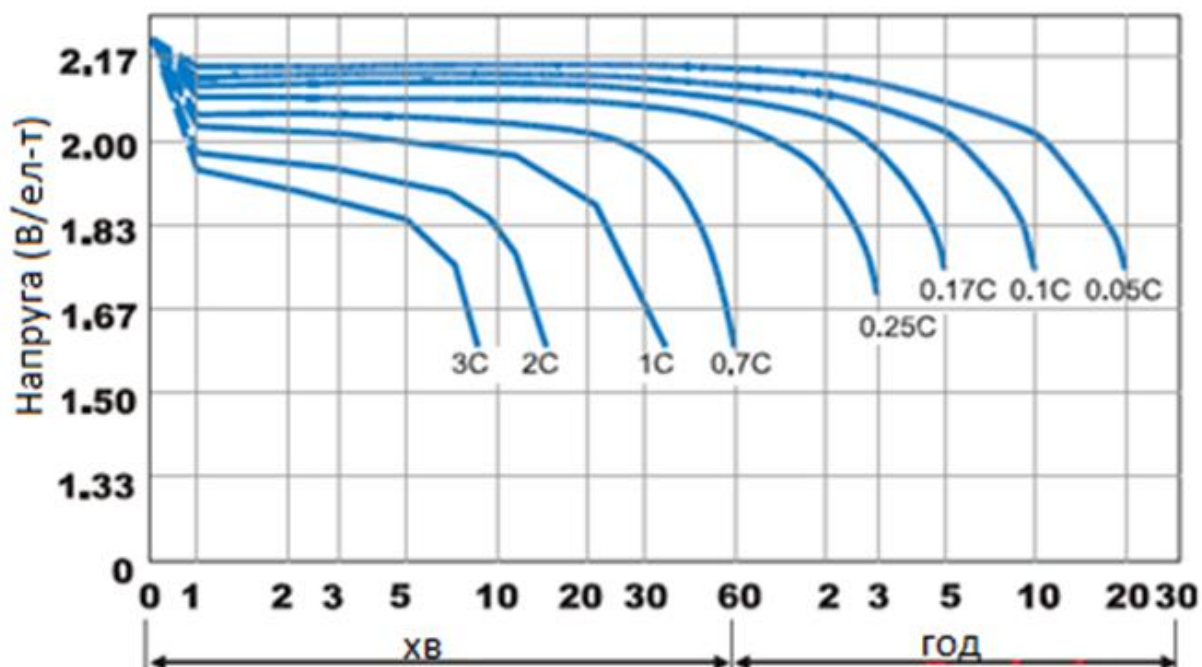


Рисунок 1.2 – Сімейство кривих розряду акумуляторів

На рисунку 1.3 наведені характеристики заряду постійною напругою гелевого акумулятора.

Для буферного режиму діапазон зарядної напруги гелевих акумуляторів становить 2.23 – 2.28 В\ел-т (за температури 25°C).

В циклічному режимі діапазон зарядної напруги гелевих акумуляторів становить 2.38 – 2.42 В\ел-т (за температури 25°C).

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

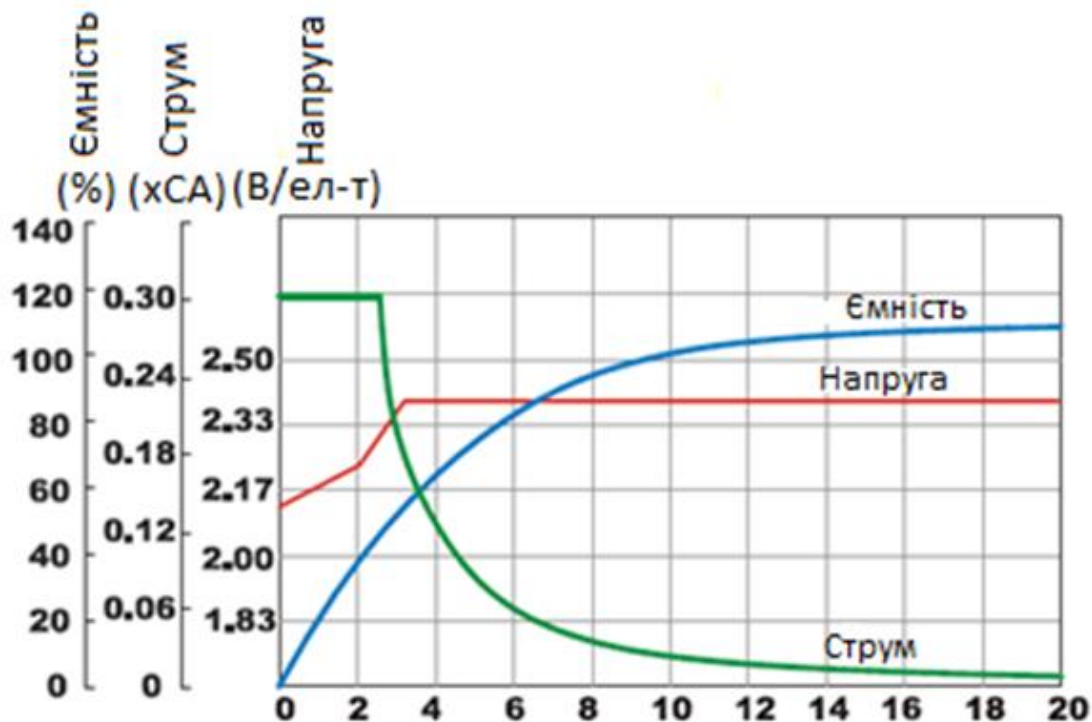


Рисунок 1.3 – Характеристики заряду постійною напругою

Метод двостадійного заряду за постійної напруги використовується для швидкого заряджання гелевих акумуляторів та підтримання їх в стані повної зарядки (буферний режим). Графічно метод двостадійного заряду приведений на рисунку 1.4.

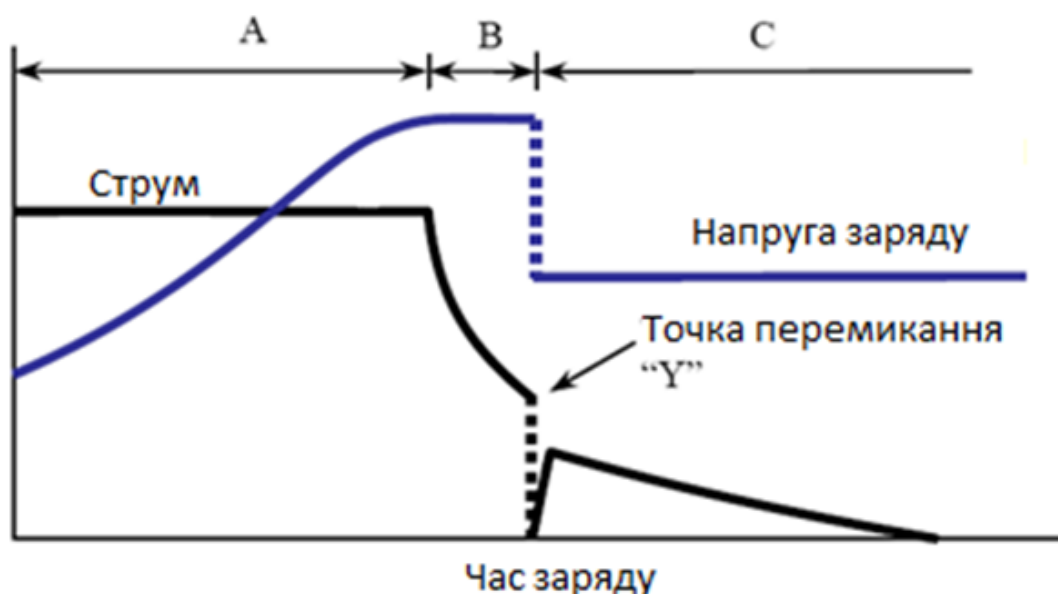


Рисунок 1.4 - Метод двостадійного заряду гелевих акумуляторів

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Опишемо більш детально даний метод.

На ділянці часу А струм заряду становить 0.3 А, при цьому відбувається зростання напруги на акумуляторі.

На ділянці часу В струм заряду знижується, при цьому відбувається стабілізація напруги на акумуляторі на рівні 2.4 В\ел-т. В цей період акумулятор заряджений на рівні 80%.

Коли зарядний струм досягає точки Y, заряд акумулятора переходить на стадію С. Зарядна напруга при цьому стабілізується на рівні 2.25 В\ел-т, а струм заряду знижується майже до 0. Процес заряджання переходить в буферний режим.

Залежність напруги заряду від температури оточуючого середовища представлена на рисунку 1.5.

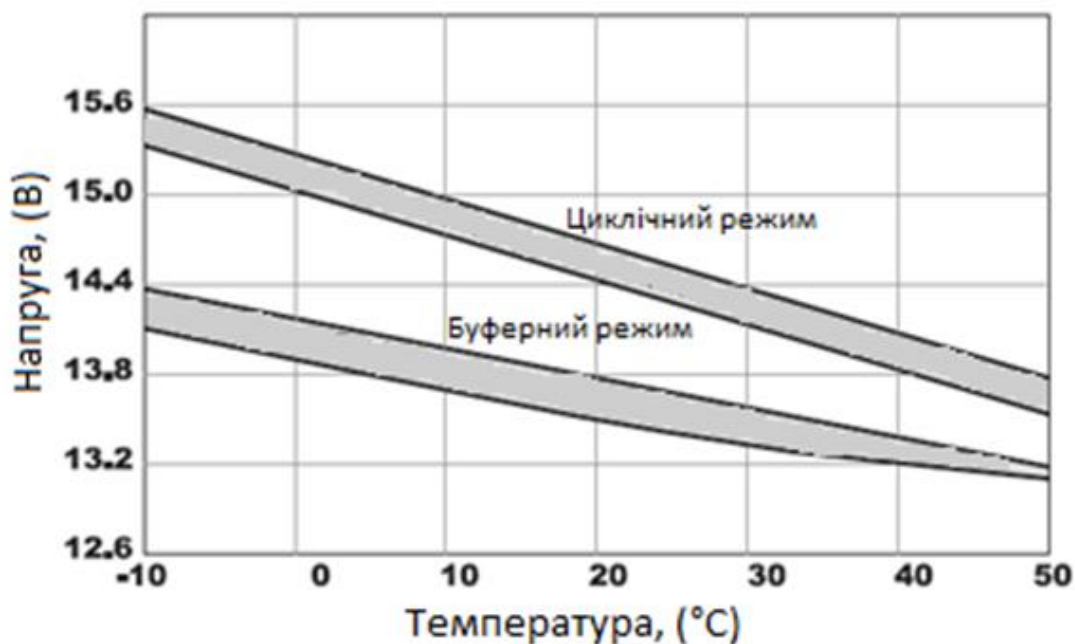


Рисунок 1.5 - Залежність напруги заряду від температури оточуючого середовища

2 ОПИС СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Структурна схема

Дана схема освітлює в схематичному вигляді окремі функціональні частини системи, призначення, їхні взаємозв'язки, можливі способи поєднання на фізичному рівні та шляхи обміну інформацією між елементами.

Обраний об'єкт автоматизації, сонячна електростанція малої потужності призначена для вироблення електричної енергії на власні потреби і лише часткової передачі надлишку електроенергії в загальну лінію електропередач.

Основним функціональним призначенням даної електростанції є акумулювання електричної енергії для власних потреб.

Отже, одним з найголовніших елементів в сонячній електростанції є батарея акумуляторів, що здатна накопичувати електричний заряд. Вона ж є і самим дороговартісним елементом даного об'єкта автоматизації. Отже, даний вузол потребує окремої, підвищеної уваги.

Основна вимога до роботи акумуляторних батарей – підтримувати на заданому рівні їхню температуру, не допускаючи їхнього перегріву, випаровування води та підвищення щільності електроліту. З цією метою в системі передбачені датчики температури, що збирають інформацію з акумуляторів та передають її на контролер.

На підставі аналізу даних датчиків контролер видає команду на виконавчий механізм для зниження температури акумуляторів шляхом ввімкнення вентиляторів охолодження.

Балансир заряду акумуляторних батарей призначений для забезпечення рівномірного заряду усіх частин акумуляторної батареї до 12 В в усіх режимах експлуатації, таких як режим холостого ходу, заряду, розряду. Фактичне їх призначення – нівелювати розбаланс заряду акумуляторних батарей, тим самим

					<i>СЧДн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						14
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечуючи продовження терміну служби акумуляторів, надійність, збільшення енерговіддачі та безпечну їх експлуатацію.

Контролер заряду акумуляторів використовується для оптимізації циклів заряду-розряду акумуляторних батарей в залежності від їх типу і умов використання, від сонячних панелей. Забезпечує зниження втрат енергії та продовження терміну служби акумуляторних батарей. Оснащений системою автоматичного визначення заряду акумуляторів, ШІМ контролером заряду акумулятора, температурною компенсацією струму заряду акумулятора, системою відключення при низькому заряді акумулятора, захистами від перевантаження та короткого замикання.

Інвертор застосований для перетворення напруги постійного струму 12 В, що видає акумуляторна батарея, в напругу змінного струму 220 В, оскільки більшість побутових приладів живиться саме такою напругою.

Давачі освітленості призначені для визначення максимального рівня освітлення сонячних панелей, тобто визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей до сонячних променів.

Інформація з давачів освітленості надходить до контролера, де порівнюється з інформацією, що надійшла попередньо. Так відбувається до тих пір, поки система управління положенням не визначить оптимального положення сонячної панелі відносно сонячних променів з метою забезпечення максимальної кількості сонячних променів на панель.

Крім того, до контролера надходить інформація про положення (кут нахилу) сонячної панелі, що також враховується при визначенні оптимального положення панелі.

Виконавчим механізмом, що забезпечує зміну куту нахилу сонячної панелі, є сервопривід. Він забезпечує точність позиціонування сонячної панелі згідно керуючого впливу, що надходить з мікроконтролера.

Основні функції контролю та управління покладаються на мікроконтролер, що забезпечує обробку вхідної інформації від давачів та формує сигнали управління об'єктом автоматизації.

						Лист
						15
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	СЧдн-04п.151.01 ПЗ	

Станція оператора (пункт диспетчера) або пункт контролю і обчислення являє собою ЕОМ, на якій встановлено сервер бази даних, людино - машинний інтерфейс з візуалізацією технологічного процесу, процесу управління та виводом інформації про стан об'єкта. Тут відбуваються обчислення, аналіз та архівування даних про стан технологічного об'єкта, формуються графіки змін параметрів об'єкта, виводяться попереджувальні та аварійні сигнали, здійснюється контроль та керування технологічним процесом.

Отже, побудовано трирівневу систему управління сонячної електростанції.

Нижній рівень – рівень датчиків струму, напруги, температури, освітленості та положення, інформація з яких передається до мікроконтролера шиною 1 – Wire, а також виконавчих механізмів: серводприводу, вентиляторів охолодження.

Середній рівень – рівень контролерів, поєднаних між собою контролерними мережами, пристроїв перетворення та пристроїв для поєднання з верхнім рівнем.

Верхній рівень – диспетчерський, що представляє собою одну або декілька станцій керування (ЕОМ), на якій встановлено сервер бази даних, людино - машинний інтерфейс з візуалізацією технологічного процесу, процесу управління та виводом інформації про стан об'єкта.

Структурна схема системи управління сонячної електростанції малої потужності представлена на кресленні СУдн-04п.151. 01 С1.

2.2 Функціональна схема автоматизації

Дана схема визначає структуру вузлів контролю та керування технологічним об'єктом, а також оснащення об'єкта засобами та приладами автоматизації та місця їх встановлення та розташування.

Функціональна схема автоматизації сонячної електростанції малої потужності представлена на кресленні СУдн-04п.151. 01 С2.

Елементи даної схеми приведені в таблиці 2.1.

									Лист
									16
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 2.1 – Елементи схеми функціональної автоматизації

Номер на схемі	Позначення елемента	Найменування
Інвертор		
	TE 1	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці
	EI 1 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
	EI 1 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці
Сонячна панель		
1	TE 2	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці
2	LE 1	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання рівня освітленості, встановлений на місці
3	LE 2	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання рівня освітленості, встановлений на місці
4	GCU	Пристрій для регулювання положення, переміщення, перетворюючий
Акумуляторна батарея		
	TE 2	Первинний вимірювальний перетворювач

		для вимірювання температури, встановлений на місці
	EI 2 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
	EI 2 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці
5	TE 3	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці
6	EI 3 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
7	EI 3 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці
	TE 7	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці
	EI 7 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
	EI 7 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини

		(напруги) показниковий, встановлений на місці
8	TE 5	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці
9	EI 5 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
10	EI 5 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці
	M	Двигун вентилятора
	NS	Пристрій ввімкнення – вимкнення
	TE 8	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці
	EI 8 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
	EI 8 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці
	TE 6	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури, встановлений на місці

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

	EI 6 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
	EI 6 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці
Лічильник		
	EI 4 A	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на місці
	EI 4 V	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на місці

TE 1 - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури інвертора, встановлений на інверторі;

EI 1 A - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання струму показниковий, встановлений вході в інвертор;

EI 1 V Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання напруги показниковий, встановлений вході в інвертор;

TE 2 - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури зовнішнього повітря, встановлений на сонячній панелі;

LE 1, LE 2 - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання рівня освітленості, встановлений на сонячній панелі;

GSY - Пристрій для регулювання положення, переміщення, перетворюючий, встановлений на сонячній панелі (сервопривід);

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						20
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

TE 3, TE 4, TE 5, TE 6, TE 7, TE 8 - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання температури акумуляторів, встановлений на акумуляторах батареї;

EI 3 A, EI 4 A, EI 5 A, EI 6 A, EI 7 A, EI 8 A - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання струму акумулятора (при заряді і розряді), встановлений на акумуляторах батареї;

EI 3 V, EI 4 V, EI 5 V, EI 6 V, EI 7 V, EI 8 V, - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання напруги акумулятора (при заряді і розряді), встановлений на акумуляторах батареї;

M - Двигун вентилятора охолодження акумуляторної батареї;

NS - Реле ввімкнення – вимкнення двигуна вентилятора охолодження акумуляторної батареї;

EI 4 A - Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (струму) показниковий, встановлений на лічильнику електроенергії;

EI 4 V Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання електричної величини (напруги) показниковий, встановлений на лічильнику електроенергії.

Дані з датчиків EI 1 A, LE 1, LE 2, EI 2 A, EI 3 A, EI 4 A, EI 5 A, EI 6 A, EI 7 A, EI 8 A надходять до контролера у вигляді аналогового сигналу.

Дані з датчиків TE 1 , TE 2, TE 3, TE 4 , TE 5, TE 6, TE 7 , TE 8, EI 1 V, EI 2 V, EI 3 V, EI 4 V, EI 5 V, EI 6 V, EI 7 V, EI 8 V надходять до контролера у вигляді цифрового сигналу.

Керуючий вплив на сервопривід регулювання положення сонячної панелі GCU надходить у вигляді аналогового сигналу.

Керуючий вплив на реле вмикання – вимикання NS двигуна вентилятора M надходить у вигляді дискретного сигналу.

Обмін інформацією між пристроєм контролю і обчислення та мікроконтролером здійснюється у цифровому вигляді за допомогою інтерфейса RS – 485.

									Лист
									21
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Засоби автоматизації являють собою сукупність програмно-технічних засобів, які обираються згідно розробленої функціональної схеми автоматизації СУдн-04п.151.01 С2, описаної вище. До таких засобів відносять первинні перетворювачі, виконавчі присторої і мікроконтролер.

Обрана в якості об'єкта автоматизації сонячна електростанція потужністю 5000 Вт.

В якості накопичувача електроенергії обрано 6 акумуляторів ємністю 100 АН.

3.1 Давач освітленості

Давачі освітленості призначені для визначення максимального рівня освітлення сонячних панелей, тобто визначення оптимального кута нахилу сонячних панелей до сонячних променів.

Інформація з давачів освітленості надходить до контролера, де порівнюється з інформацією, що надійшла попередньо. Так відбувається до тих пір, поки система управління положенням не визначить оптимального положення сонячної панелі відносно сонячних променів з метою забезпечення максимальної кількості сонячних променів на панель.

В якості давача освітленості використано давач КУ-018 (рисунок 3.1), принцип дії якого полягає в зміні опору фоторезистора.

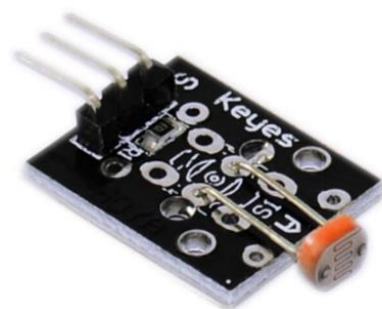


Рисунок 3.1 – Давач КУ-018

						Лист
						22
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Підключення даного датчика відбувається згідно таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Контакт KY-018	Контакт мікроконтролера
GND	GND
Vdd	+5V
Signal	Аналоговий контакт

3.2 Датчик положення

На вхід контролера надходить інформація про положення (кут нахилу) сонячної панелі, що також враховується при визначенні оптимального положення панелі.

В якості датчика положення сонячної панелі використовуємо модуль MPU-6050 GY-521, який є 3-х осевим модулем акселерометра та гіроскопу, що працює за протоколом I2C (рисунок 3.2).

Технічні характеристики модуля MPU-6050 GY-521 наведені в таблиці 3.2.

Підключення модуля здійснюється за схемою, представленою на рисунку 3.3.

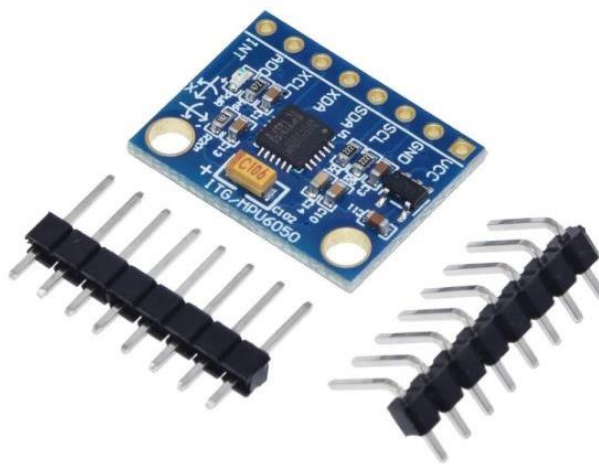


Рисунок 3.2 – Датчик положення MPU-6050 GY-521

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики датчика MPU-6050 GY-521

Живлення	3 - 5В
Чіп	MPU-6050
Діапазон гіроскопа	+ 250 500 1000 2000 ° / с
Діапазон акселерометра	± 2 ± 4 ± 8 ± 16 g
Протокол	I2C
Розмір плати	2x 1.6 см

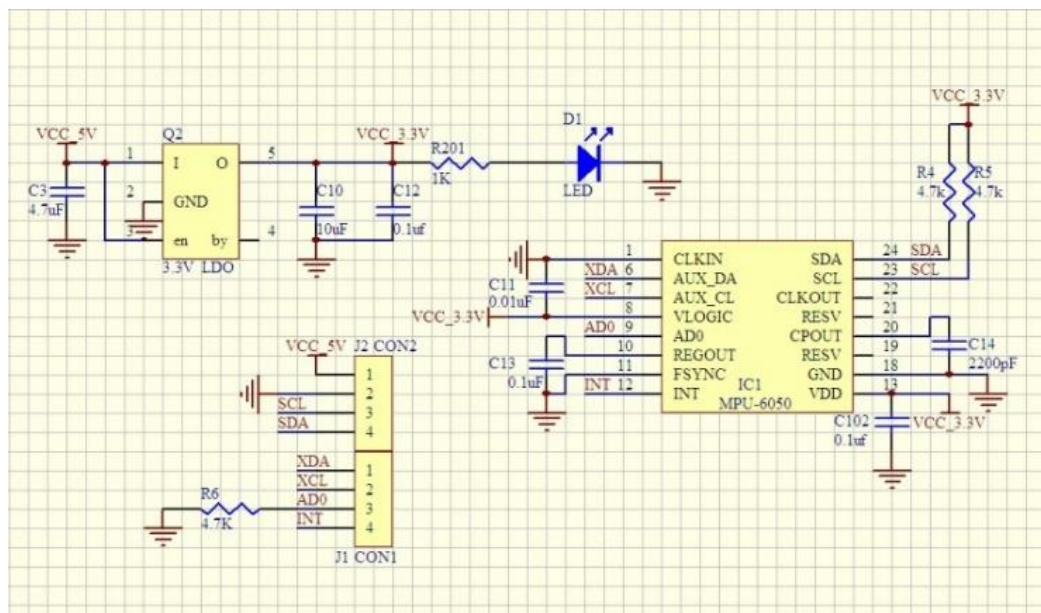


Рисунок 3.3 – Схема підключення датчика MPU-6050 GY-521

3.3 Сервопривід

Виконавчим механізмом, що забезпечує зміну куту нахилу сонячної панелі, є сервопривід. Він забезпечує точність позиціонування сонячної панелі згідно керуючого впливу, що надходить з мікроконтролера.

В якості сервоприводу обраний цифровий сервопривід SC-0251MG (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Цифровий сервопривід SC-0251MG

Технічні характеристики сервоприводу наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики сервоприводу SC-0251MG

Категорія	Керування та стабілізація
Розміри	40,7x20x 42,4 мм
Швидкість	0,20-0,18 сек / 60 °
Тип двигуна	Електричний, колекторний
Зусилля	13-16 кг / см
Робоча напруга	4,8-6 В
Довжина проводів	150 ± 5 мм
Тип контролера	Цифровий
Струм робочий	300-350 мА
Струм холостого ходу	5-6 мА
Частота робоча:	200-250 Гц
Тип управління:	ШІМ

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Нейтральна позиція	1500 мкс
Зона нечутливості	5 мкс
Імпульсний діапазон	800-2200 мкс
Ширина імпульса	1520 мкс
Кут граничний:	180 ° ± 10 °

3.4 Мікроконтролер

Основні функції контролю та управління покладаються на мікроконтролер, що забезпечує обробку вхідної інформації від датчиків та формує сигнали управління об'єктом автоматизації.

Для реалізації системи управління сонячною електростанцією використовуємо мікроконтролер Maple Mini (рисунок 3.5).

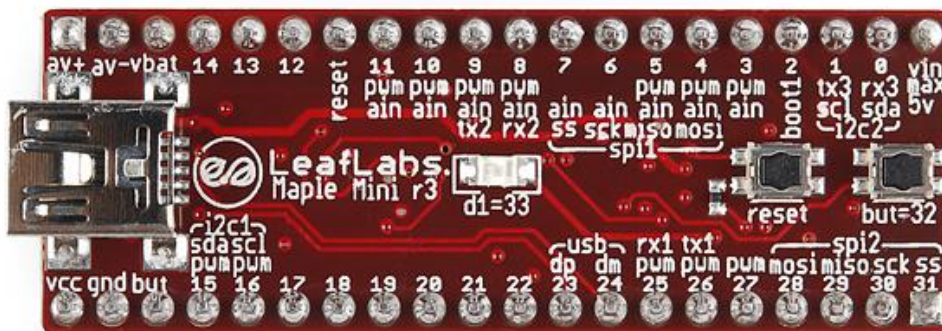


Рисунок 3.5 - Мікроконтролер Maple Mini

Технічні характеристики мікроконтролера Maple Mini наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики мікроконтролера Maple Mini

Процесор	Мікропроцесор ARM Cortex M3, 32-бітний
Частота тактова	72 МГц

Напруга живлення	3-12В
Цифрові входи / виходи	34 (з них 12 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	9
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Постійний струм для виводу 3.3 В	500 мА
Flash-пам'ять	128 КБ
ОЗП	20 КБ

3.5 Контролер заряду акумуляторної батареї

В якості контролера заряду для акумуляторної батареї для оптимізації режиму розряду-заряду обрано контролер JUTA (30 А, 12-24 В, PWM) CM 3024 Z (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 - Контролер JUTA (30 А, 12-24 В, PWM) CM 3024 Z

До переваг даного контролера слід віднести: вивід графічного зображення на РК дисплей, вивід на дисплей кількості енергії розряду – заряду, рівень заряду акумуляторів визначається автоматично, ШІМ – контролер заряду АКБ,

температурна компенсація струму в автоматичному режимі, контроль рівнів заряду-розряду, можливість програмування режимів роботи, захист контролера від перенавантаження та короткого замикання, можливість відключити навантаження за умови низького заряду АКБ.

Технічні характеристики даного контролера наведені в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики контролера JUTA (30 А, 12-24 В, PWM) CM 3024 Z

Робоча напруга	12/24 В
Робочий струм	30 А
Напруга від сонячних панелей, вхідна, максимальна	≤ 48 В
Потужність СБ, максимальна	360 (АБ 12В); 720 (АБ 24 В)
Максимальна напруга АКБ	12.5В /25.0В
Вольгість робочого середовища, максимально допустима	< 90%
Температура робоча	-10 ° С ... + 60° С
Температура зберігання	-30 ° С ... + 70° С
Розміри	90 x 188 x 48 мм
Вага	360 г

3.6 Інвертор

Для перетворення напруги постійного струму 12 В в енергію змінного струму 220 В обираємо інвертор потужністю 2000 Вт. В якості інвертора використовуємо Форт FX35 (рисунок 3.7).

До переваг даного інвертора слід віднести правильну форму синусоїди вихідного сигналу, значний коефіцієнт короточасної максимальної потужності, високу надійність, наявність модуля захисту від стрибків напруги, робота в повністю автоматичному режимі.



Рисунок 3.7 - Інвертор Форт FX35

Технічні характеристики даного інвертора наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики інвертора Форт FX35

Робоча напруга	24 В
Потужність номінальна	2000 Вт
Потужність короточасна	максимальна, 3500 Вт
Вихідний сигнал	Чиста синусоїда
Напруга виходу	220 В
Пристрій заряду	15 А
Потужність споживання ХХ	25 Вт
Коефіцієнт корисної дії	90-92 %
Вага	7 кг
Розміри	435 x 140 x 360 мм

3.7 Лічильник електроенергії

Призначення лічильника електроенергії – вимірювання активної електричної енергії прямого спрямування за диференційованими тарифами в мережах однофазних змінного струму частоти 50 Гц.

В якості лічильника електроенергії був обраний СТК1-10К5ХІ4Zt (рисунок 3.8). Технічні характеристики даного лічильника наведені в таблиці 3.7.



Рисунок 3.8 - Лічильник електроенергії СТК1-10К5ХІ4Zt

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики лічильника електроенергії СТК1-10К5ХІ4Zt

Клас точності вимірювання	1,0
Напруга номінальна	220 В
Частота номінальна	50 Гц
Струм номінальний	5 А, 10 А
Струм максимальний	60 А, 100 А
Розміри	188 x 130 x 85 мм
Вага	< 1,5 кг

Основні параметри лічильника наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Період інтегрування	15, 30, 60 хв.
Корекція часу (один раз на день)	10 с
Адаптація до літнього – зимового часу	Так
Градація місяців по сезонах	До 12 сезонів
Кількість можливого програмування часових тарифних зон для кожного сезону	До 8

3.8 Давач температури акумуляторів

Призначення давача температури акумуляторів АКБ – вимірювання температури з метою підтримування її на заданому рівні за допомогою виконавчого пристрою системи вентилявання.

В якості температурних давачів використовуємо давачі DS18B20 (рисунок 3.9).

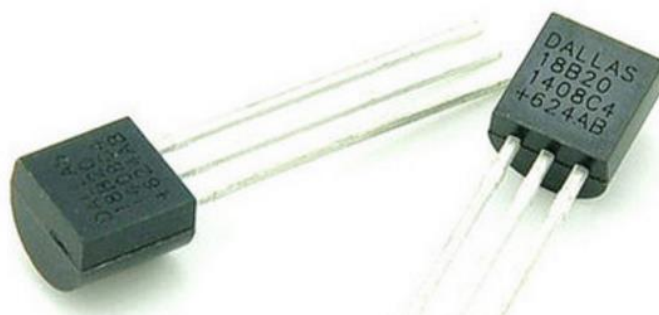


Рисунок 3.9 - Давач DS18B20

Діапазон вимірювання температури датчиком від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дані з датчика отримуються в цифровому вигляді з 12 бітним дозволом за протоколом 1-Wire.

Протокол 1-Wire дозволяє підключення значної кількості цих датчиків на один цифровий порт мікроконтролера за допомогою дводротового кабелю. При цьому кожен датчик має унікальний 64 бітовий код, що використовується мікроконтролером для опитування та розпізнавання низки таких датчиків.

Аналогова-цифровий перетворювач, яким оснащений даний датчик, дозволяє передавати сигнали від датчиків на достатньо великі відстані.

Основні параметри датчика DS18B20 наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Протокол передачі даних	one-wire
Напруга	3-5 В
Струм	1 мА
Діапазон вимірювання температури	$-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура робоча	Від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
Похибка вимірювання	$0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Крок дискретизації	$0.0625\text{ }^{\circ}\text{C}$

Схема підключення датчиків DS18B20 до мікроконтролера наведена на рисунку 3.10.

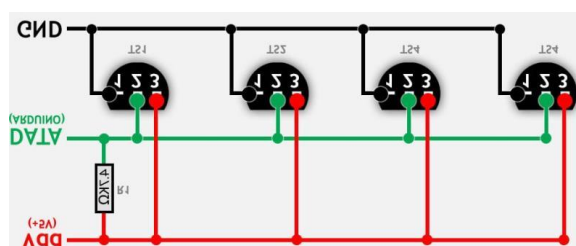


Рисунок 3.10 – Схема підключення датчиків DS18B20

3.9 Реле ввімкнення вентиляторів

В якості реле для ввімкнення охолоджуючого пристрою АКБ використовуємо реле КУ-019 (рисунок 3.11). Це реле достатньо універсальне і має змогу працювати з різними контролерами.

Підключення даного реле відбувається згідно таблиці 3.10.



Рисунок 3.11 – Реле КУ-019

Таблиця 3.10

Контакт реле КУ-019	Контакт мікроконтролера
-	GND
+	+5V
S	Цифровий контакт

Навантаження підключається до загального контакту реле COMMON і нормально розімкнутого контакту NO.

3.10 Охолоджуючий пристрій АКБ

В якості охолоджуючого пристрою для зниження температури акумуляторної батареї використовуємо вентиляторний блок Mersan FAN2C-BK (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Вентиляторний блок Mepsan FAN2C-BK

Керування вентиляторним блоком здійснюється через реле КУ-019, описане вище.

3.11 Модуль давача струму

Для вимірювання струму в колах зарядження акумуляторів використовуємо модуль давача струму ACS712 (рисунок 3.13).

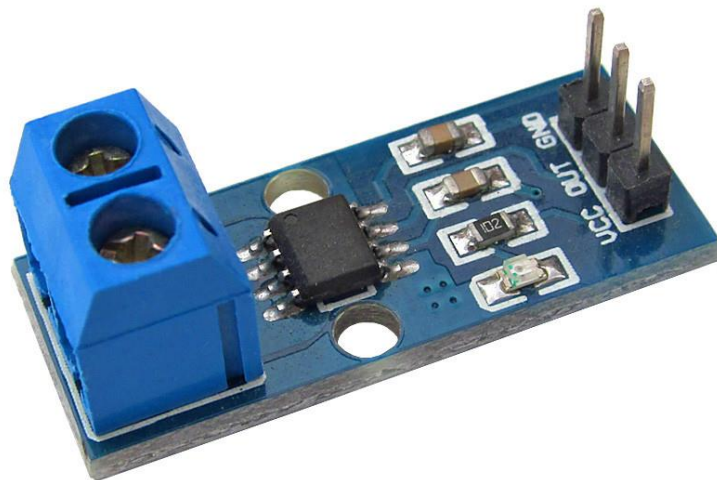


Рисунок 3.13 – Модуль давача струму ACS712

В модулі використано технологію ефекта Холла вимірювання величини магнітного поля, що створює струм і перетворення магнітного поля у вхідний аналоговий сигнал, пропорційний величині сили струму.

До переваг модуля слід віднести високу точність вимірювання, низьку залежність від температури та шуму, можливість вимірювання постійного та змінного струму, наявність захисту від перенапруги та перенавантаження. Модуль має широкий діапазон застосування, зокрема в сонячних панелях та пристроях заряду акумуляторів.

Підключення датчика до мікроконтролера здійснюється через 3 контакти: VCC і GND використовуються для подачі живлення, а контакт OUT – для передачі значень датчика або прийому даних від мікроконтролера.

Технічні характеристики модуля наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 - Технічні характеристики модуля ACS712

Мікросхема	ACS712T
Напруга живлення, В	5
Діапазон вимірювання, А	0...30
Точність, %	1.5
Чутливість мВ\А	66
Смуга пропускання, кГц	80
Робоча температура, °С	-40...+80
Розміри, мм	31,4 x 13 x 14

3.12 Пристій вимірювання напруги

В якості вимірювача напруги постійного струму акумуляторів (максимальна напруга може сягати 14,5 В) використовуємо дільник напруги з коефіцієнтом ділення 3.13. (рисунок 3.14).

Резистори в схемі обираємо з опором $R1 = 10 \text{ кОм}$ і $R2 = 4.7 \text{ кОм}$. Таким чином, максимальна напруга, що подається на аналоговий вхід мікроконтролера для вимірювання, становить 4.63 В.

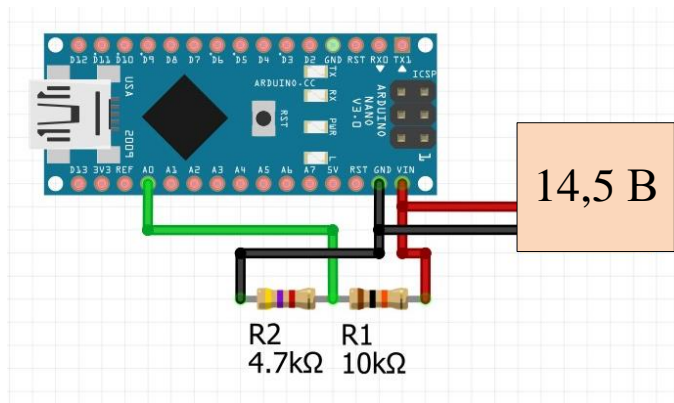


Рисунок 3.14 – Схема підключення дільника напруги до мікроконтролера

3.13 Модулі перетворення

Для передачі сигналу на велику відстань для обраного мікроконтролера рекомендовано використання конвертувальних модулів RS485 як з боку мікроконтролера, так і з боку станції оператора.

З боку мікроконтролера слід використовувати модуль перетворення на базі мікросхеми MAX485 (рисунок 3.15).

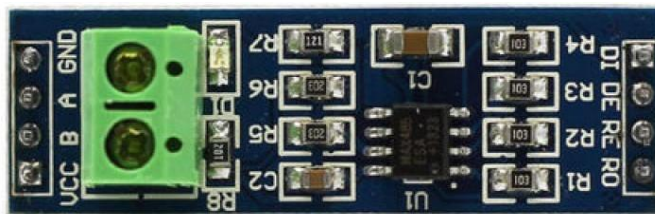


Рисунок 3.15 - Модуль перетворення MAX485

Модуль перетворення на базі мікросхеми MAX485 призначений для перетворення сигналів TTL (транзисторно-транзисторна логіка) на шині UART (універсальний асинхронний приймач-передавач) стандарт RS485 (рекомендований стандарт 485) і назад.

Цей модуль дозволяє передавати дані між пристроями на великі відстані (до 1200 метрів). Передача даних відбувається за двома проводами (вита пара). Стандарт RS485 дозволяє підключати до однієї шині кілька модулів перетворення

(пристроїв), але їхня робота забезпечується тільки в напівдуплексному режимі. Тобто одночасно передавати дані може лише один пристрій на шині. При завантаженні скетчу відключати модуль від шини UART не обов'язково.

Характеристики:

- Розміри: 44x14x20 мм;
- Робоча напруга: 5 В;
- Споживання струму: < 10 мА;
- Споживання струму в режимі очікування: < 5 мА;
- Швидкість передачі: < 2,5 Мбіт/с;
- Робоча температура: 0...70 °С;
- Вага: 5 грам.

З боку станції оператора слід використовувати перетворювач (адаптер) інтерфейсу USB-RS485 (рисунок 3.16).



Рисунок 3.16 - Перетворювач інтерфейсу USB-RS485

Перетворювач (адаптер) інтерфейсу USB-RS485 призначений для управління пристроями, що підтримують стандарт RS-485, за допомогою комп'ютера. Чудово працює з різними комп'ютерними пристроями (сканерами, принтерами, модемами тощо), сканерами штрих-кодів, поворотними камерами, банкоматами та іншою периферією, а також різними засобами та системами автоматизації (програмовані логічні контролери, централізовані системи управління, системи контролю доступу тощо).

Характеристики:

- Інтерфейс підключення до комп'ютера: USB 2.0, USB 1.1;
- Вихідний інтерфейс: RS-485;

- Мікросхема USB-адаптера: CH340;
- Вихідний драйвер IC: MAX-485;
- Розміри: 6,0x1,8x1,4 см;
- Сумісність з операційними системами Windows XP, Vista, Windows 10, Windows 7, Linux, MacOS і wince5.0;
- Швидкість передачі: 50 бод - 2 М бод;
- Максимальна довжина лінії зв'язку RS-485: 1,2 км;
- Діапазон робочих температур: -40°C~+85°C.

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						38
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА МОДУЛЮ КОНТРОЛЮ СТАНУ АКУМУЛЯТОРНОЇ ЧАСТИНИ

Загалом, як було описано раніше, акумуляторна частина системи складається з шести 6 гелевих акумуляторів Logic Power LP-GL 12-100 АН ємністю 100 А·год та робочою напругою 12V. Для контролю режиму роботи та своєчасного виявлення аварійного стану цієї підсистеми необхідно забезпечувати систематичне вимірювання в реальному часі наступних параметрів:

- фактичної напруги на кожному з акумуляторів;
- фактичного значення струму кожного з акумуляторів;
- фактичного значення температури корпусу з акумуляторів.

Вимір фактичного значення напруги на акумуляторах дозволяє своєчасно виявити обриви відповідних електричних з'єднань в акумуляторній підсистемі та запобігти нештатній роботі її елементів.

Вимір фактичного значення струму акумуляторів дозволяє своєчасно виявити небажані зміни внутрішнього опору акумуляторів та в поєднанні з вимірюваннями напруги оцінити негайні значення робочих потужностей акумуляторних елементів підсистеми.

Вимір фактичних значень температур корпусів акумуляторних елементів підсистеми дозволяє отримати додаткову інформацію про конкретне навантаження кожного з елементів та сформуванню локальний керуючий сигнал для спрацювання системи охолодження, тобто включення обдувних вентиляторів.

Додатково на модуль покладені функції комунікації з людино-машинним інтерфейсом основної системи за інтерфейсом RS485 протоколом ModBus RTU, а саме передавання-прийняття наступної керуючої інформації:

- однонаправлене передавання інформації про значення напруг $U_1 \dots U_6$ на кожній з акумуляторних батарей;
- однонаправлене передавання інформації про значення струмів $I_1 \dots I_6$ кожної з акумуляторних батарей;

									Лист
									39
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

- однонаправлене передавання інформації про значення температур на корпусах Т1...Т6 кожної з акумуляторних батарей;
- інформація про фактичний стан системи охолодження (увімкнено/вимкнено).

Опис відповідного адресного простору пакету ModBus RTU з даними для людино-машиного інтерфейсу та для аналітичного опрацювання в системі диспетчеризації наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Адресний простір повідомлення пакету ModBus RTU та тип даних

Номер Slave-пристрою	Номер регістру	Тип даних в мікро-контролері	Тип змінної на сервері	Позначення та умовна назва змінної
1	0	Int 16	Input Register 0 (Int 32)	U1 (напруга батареї 1)
	1		Input Register 1 (Int 32)	U2 (напруга батареї 2)
	2		Input Register 2 (Int 32)	U3 (напруга батареї 3)
	3		Input Register 3 (Int 32)	U4 (напруга батареї 4)
	4		Input Register 4 (Int 32)	U5 (напруга батареї 5)
	5		Input Register 5 (Int 32)	U6 (напруга батареї 6)
	6		Input Register 6 (Int 32)	I1 (струм батареї 1)
	7		Input Register 7 (Int 32)	I2 (струм батареї 2)
	8		Input Register 8 (Int 32)	I3 (струм батареї 3)
	9		Input Register 9 (Int 32)	I4 (струм батареї 4)
	10		Input Register 10 (Int 32)	I5 (струм батареї 5)
	11		Input Register 11 (Int 32)	I6 (струм батареї 6)
	12		Input Register 12 (Int 32)	T1 (температура батареї 1)
	13		Input Register 13 (Int 32)	T2 (температура батареї 2)
	14		Input Register 14 (Int 32)	T3 (температура батареї 3)
	15		Input Register 15 (Int 32)	T4 (температура батареї 4)
	16		Input Register 16 (Int 32)	T5 (температура батареї 5)
	17		Input Register 17 (Int 32)	T6 (температура батареї 6)
	18		Input Register 18 (Int 32)	C (увімкнено/вимкнено охолодження батарей)

Для ілюстрації структури, складових елементів, робочих інтерфейсів та відповідних інформаційних процесів пристрою контролю стану акумуляторної частини системи керування та диспетчеризації сонячною електростанцією малої потужності нижче наведено відповідну схему у структурно-модульному форматі (рисунок 4.1).

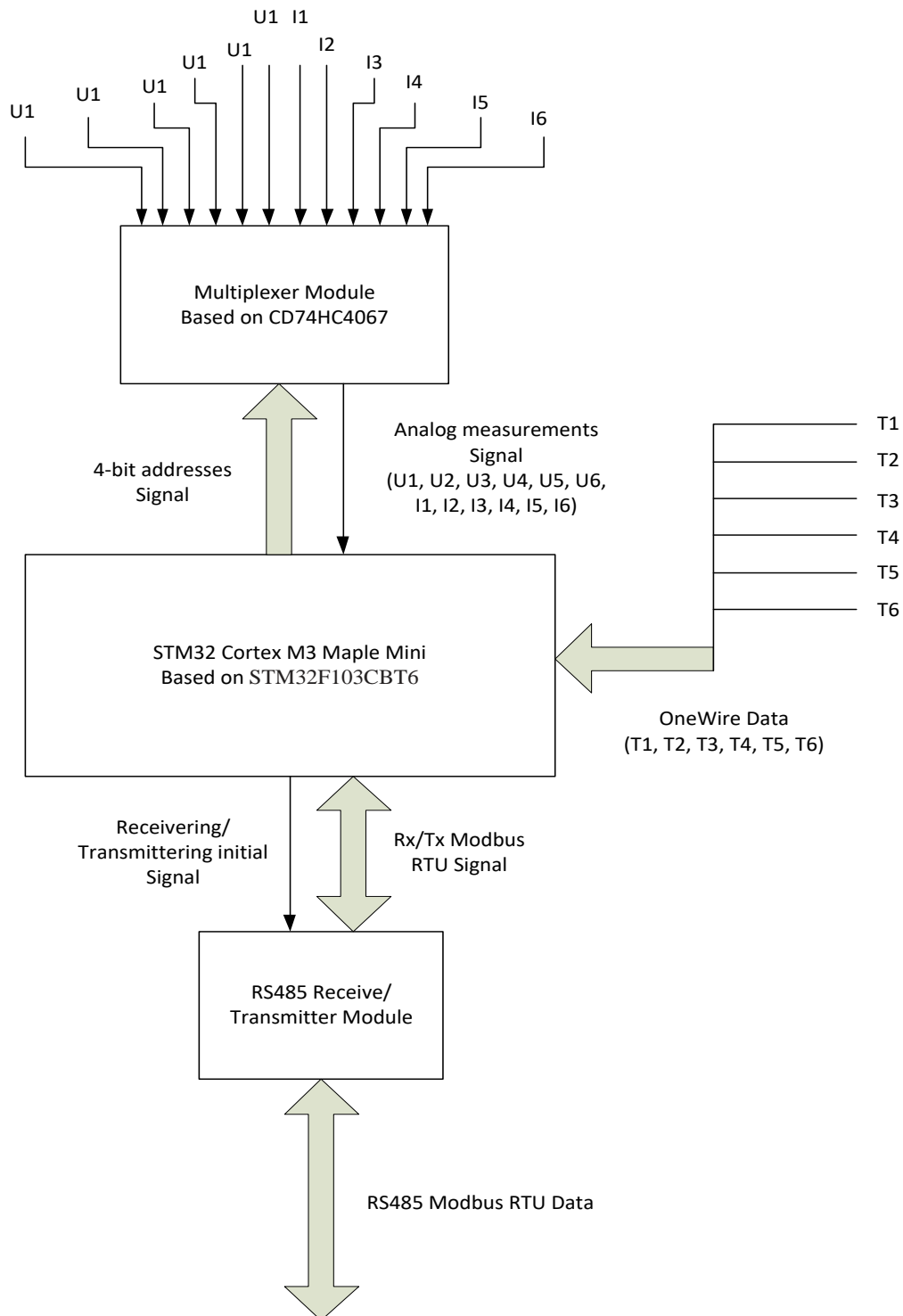


Рисунок 4.1 – Схема пристрою контролю стану акумуляторної частини системи керування

Ця схема може бути корисною при прототипуванні пристрою, а також при створенні програми мікроконтролера (прошивки), на основі якого, як основного обчислювально-керуючого засобу, відповідна підсистема може бути реалізована. В цій роботі відповідна реалізація здійснена на основі відладочної плати STM32 Cortex M3 Maple Mini на основі 32-бітного мікропроцесора STM32F103CBT6 фірми STMicroelectronics.

У додатку А наведено приклад коду для мікроконтролера відладочної плати STM32 Cortex M3 Maple Mini написаний у фреймворці Wiring, який по суті є спрощеним діалектом мов програмування C/C++ та має можливість використовувати повний функціонал відповідних мов програмування, а також, за необхідності, для оптимізації низькорівневого коду, асемблерні вкладення.

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						42
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 СЕРВЕРНА ЧАСТИНА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

5.1 Загальні відомості про середовище розробки

Загалом серверна складова системи керування та диспетчеризації сонячною електростанцією малої потужності була розроблена з використанням візуального середовища програмування Node-Red.

Node-RED — це інструмент програмування для об'єднання апаратних пристроїв, API та онлайн-сервісів як складових частин екосистеми IoT різними способами, розроблений працівниками компанії IBM в рамках проекту JS Foundation .

Це середовище програмування та являє собою редактор на основі браузера, який забезпечує спрощення роботи при об'єднанні інформаційних потоків за допомогою широкого діапазону вузлів у палітрі (вбудований функціонал). Розгортання проектів, розроблених в середовищі, відбувається шляхом запуску та виконання сценаріїв, з використанням платформи Node.js. одним клацанням миші.

Середовище дозволяє створювати функції JavaScript у вбудованому редакторі за допомогою спеціалізованого текстового редактора. Вбудована бібліотека дозволяє зберігати корисні функції, шаблони або потоки для повторного використання.

Середовище виконання побудовано на основі Node.js, повністю використовуючи переваги керованої подіями моделі без блокування. Це робить його ідеальним для роботи на межі мережі на недорогому обладнанні, такому як Raspberry Pi, а також у хмарі. Потоки, створені в Node-Red, зберігаються за допомогою JSON, який можна легко імпортувати та експортувати для спільного використання з іншими проектами.

Онлайн - бібліотека потоків в середовищі дозволяє легко розповсюджувати власні розробки та ділитися своїми найкращими потоками зі світом. Маючи понад

									Лист
									43
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

225 000 модулів у сховищі пакетів Node-Red, можна легко розширити діапазон вузлів палітри, щоб додати нові можливості.

Дане середовище дозволяє розробляти та прототипувати основні ключові елементи SCADA - систем, такі як: підсистеми обміну даними та зв'язку з об'єктом в реальному часі, підсистеми обробки інформації в реальному часі, підсистеми логічного управління та інші, зокрема, людино-машинний інтерфейс.

5.2 Логіка роботи системи керування підключенням станції до електричної мережі будинку

Для того, щоб стало можливим підключення до електричної мережі сонячної станції, як джерела альтернативного живлення будинку, її систему керування в серверній частині треба активувати. Механізмом активації може бути введення спеціального строкового коду у спеціальному вікні людино-машинного інтерфейсу, відповідно для деактивації необхідно ввести у вікно активації любе строкове значення відмінне від правильного. Після активації стає доступною опція з можливістю включення режиму автоматичного переключення електричної мережі будинку на живлення від сонячної станції при відсутності напруги в централізованій мережі постачання електричної енергії та, відповідно, автоматичний зворотній перехід. Слід зауважити, що моніторинг значень напруг в централізованій мережі живлення та на виході інвертора сонячної станції повинен вестись безперервно (в реальному часі) системою керування для своєчасного реагування на зміну умов роботи.

Окрім автоматичного режиму роботи системи керування є можливість ручного переключення між джерелами живлення будинку за умови можливості генерування сонячною станцією змінної напруги 230В (батареї заряджені, всі підсистеми в нормальному стані та ін.). Відповідне переключення у ручному режимі відбувається через людино-машинний інтерфейс.

						Лист
						44
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Судн-04п.151.01 ПЗ	

Якщо систему керування не було активовано, то живлення будинку відбувається лише шляхом підключення до централізованої мережі постачання електричної енергії зі змінною напругою 230В, незалежно від значень напруги в централізованій мережі та на виході інвертора сонячної станції.

Ілюстрація роботи відповідної системи керування наведено на рисунку 5.1.

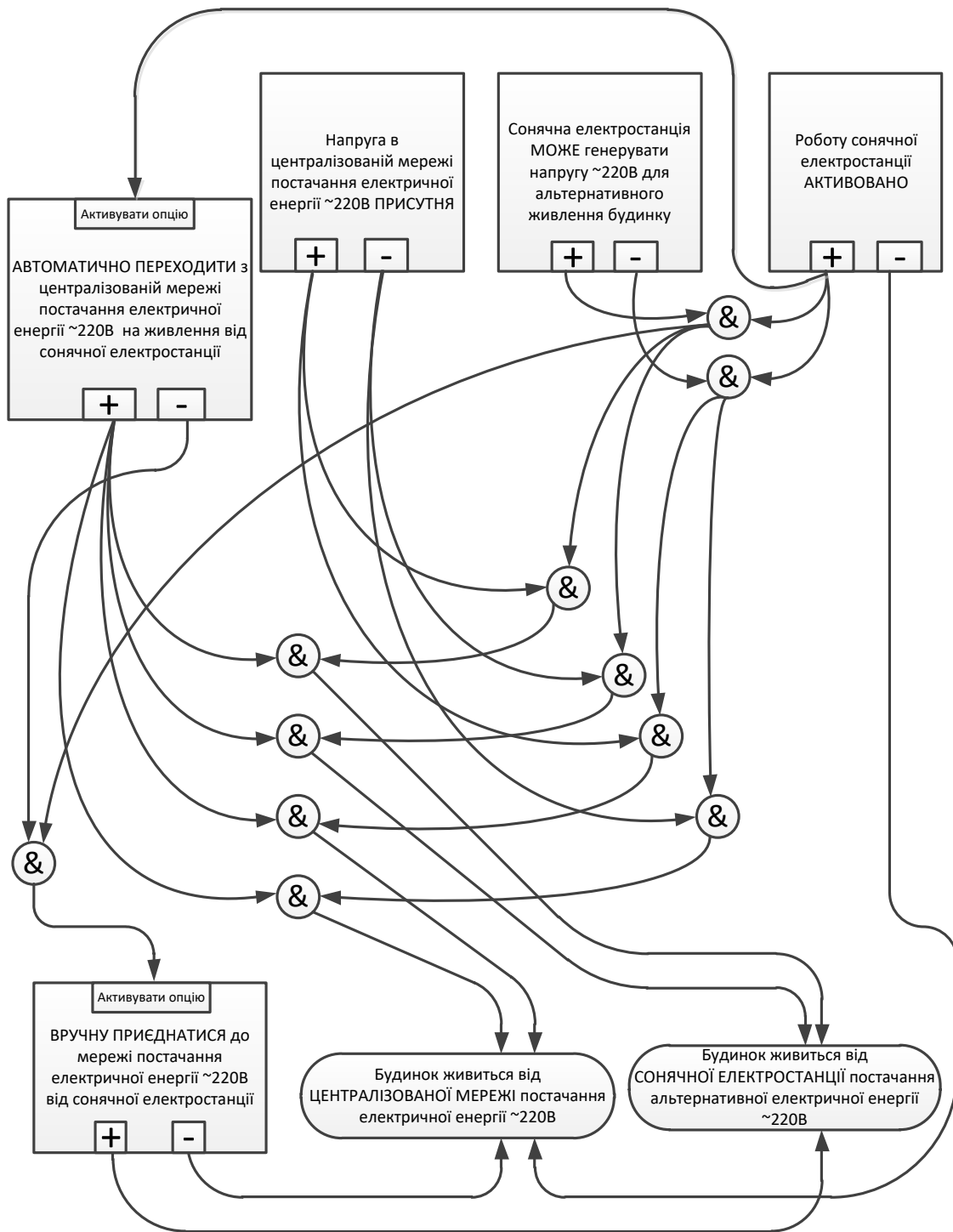


Рисунок 5.1 – Логічно-структурна схема роботи та організації подій в системі керування сонячною станцією малої потужності

5.3 Людино-машинний інтерфейс системи

Важливою особливістю правильно організованого людино-машинного інтерфейсу системи керування є лаконічне (не обтяжене надлишковою інформацією) оформлення, яке дозволяє оператору швидко та правильно оцінити умови функціонування системи, та, у випадку виявлення певних позаштатних умов, своєчасно прийняти необхідні рішення. Враховуючи сказане, людино-машинний інтерфейс системи керування та диспетчеризації сонячною електростанцією малої потужності, спроектовано з винесенням наступної робочої інформації у головне вікно панелі оператора та у вікно трендів:

- поточний час;
- наявність живлення від мережі та значення відповідної напруги;
- наявність живлення від сонячних панелей (значення напруги на вході та виході контролера заряду АКБ), значення відповідних напруг на виході і виході інвертора;
- значення параметрів всіх елементів акумуляторної підсистеми (температури, напруги, струму, увімкнено/вимкнено охолодження батарей) та узагальнена інформація про її стан;
- загальна інформація про стан трекінгової системи;
- тренди сигналів;
- архів подій.

Враховуючи описаний вище перелік, середовищі Node-Red з використанням групи інструментів Dashboard, організовано людино-машинний інтерфейс (НМІ) системи, загальний вигляд вікна оператора якого наведено на рисунку 5.2. Слід відмітити, що отримання даних для заповнення вікон параметрів НМІ відбувається або шляхом прямої комунікації з ключовими підсистемами, або на основі запрограмованої скриптової аналітики серверної частини системи керування.

Приклад: значення напруг на акумуляторних батареях акумуляторної підсистеми, значення струмів заряджання/розряджання, температури на корпусах та інформація про те, чи увімкнено обдуб батарей, приходять в НМІ безпосередньо

						Лист
						46
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	СЧдн-04п.151.01 ПЗ	

з модулю контролю стану акумуляторної частини (описаний раніше) по комунікації RS485 ModBus RTU. Але інформація про необхідність провести додатковий технічний огляд підсистеми (тег – «Балансування») формується програмно, на рівні скриптів, як наслідок - попарного порівняння значень температур, напруг, струмів з додатковою обробкою результатів відповідних порівнянь.

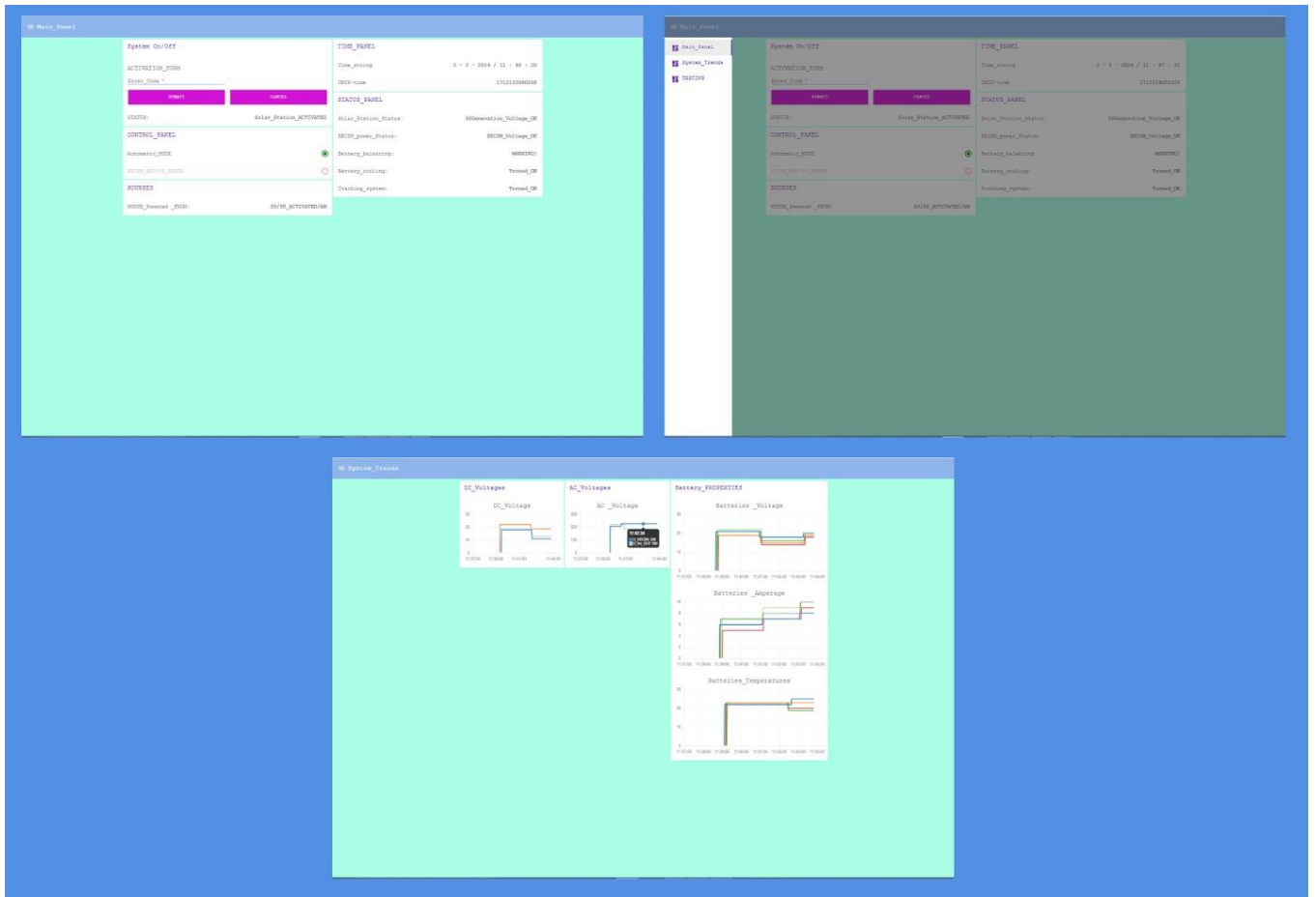


Рисунок 5.2 – Вікна людино-машинного інтерфейсу системи керування сонячною станцією малої потужності

5.4 Організація обробки інформаційних потоків в серверній частині системи

Як зазначалося раніше, розробка серверної частини системи керування сонячною електростанцією проводилася в середовищі Node-Red компанії IBM. Це

середовище, по суті, є графічною інтерпретацією програмного середовища Node.js, вдосконалене для багатопоточних рішень.

Node.js - це однопотокове кросплатформове середовище виконання з відкритим вихідним кодом та бібліотека, яка використовується для запуску веб-додатків, написаних на JavaScript, поза браузером клієнта. Це середовище дозволяє запускати програми, написані мовою Javascript, поза браузером. Історично програми, написані на Javascript, на відміну інших мов програмування, можна було запустити лише у браузерах, які мали спеціальний вбудований движок виконання коду даної мови. При розробці Node.js за основу було взято двигун виконання JavaScript під назвою V8, який був створений компанією Google та використовувався в браузері Google Chrome. Оскільки після створення Node.js Javascript код можна запустити фактично в будь-якому середовищі, за допомогою цієї бібліотеки можна написати не лише фронтенд, а й серверну частину веб-програми. Node.js має відкритий код, тому працювати з ним можна абсолютно безкоштовно. Його і сьогодні продовжує розвивати та покращувати глобальна спільнота розробників.

Для реалізації повного функціоналу серверної частини системи керування необхідно розгорнути 5 інформаційних потоків, які в проекті були умовно названі «MAIN PANEL», «Time_Panel», «TRENDS», «TESTING», «SOURCES». Розглянемо більш детально призначення кожного з інформаційних потоків.

«MAIN PANEL». Запуск цього потоку дозволяє активувати/деактивувати систему керування, забезпечує часову синхронізацію між усіма керуючими процесами та підсистемами, створює набір подій та алармів, які здатні в повному обсязі освітити негайний стан системи керування. Також тут створюються всі передумови для переходу системи керування між режимами роботи. Також тут реалізовано виведення основної сторінки НМІ системи керування.

«Time_Panel». Створює часовий інформаційний потік на основі значення негайного системного часу в UNIX-форматі для забезпечення часової синхронізації між усіма процесами в системі керування. Також в цьому потоці відбувається

									Лист
									48
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

часова ініціалізація процесів архівування всього набору подій, алармів, параметрів та станів системи керування.

«TRENDS». Цей інформаційний потік забезпечує виведення трендів сигналів системи керування, відповідає за формування вікна трендів НМІ системи керування.

«TESTING». Цей потік дозволяє в ручному режимі перевірити працездатність всіх елементів серверної частини системи керування та, за необхідності, отримати базову інформацію для подальшого відлагодження системи керування.

«SOURCES». У цій підсистемі формується інформаційний потік з усіма вхідними та вихідними сигналами для серверної частини системи керування. Ведеться опрацювання протоколів за якими відбуваються всі внутрішні та зовнішні комунікації системи керування сонячною електростанцією.

Загальна ілюстрація проекту серверної частини системи керування сонячною електростанцією малої потужності з усіма інформаційними потоками наведено на рисунку 5.3.

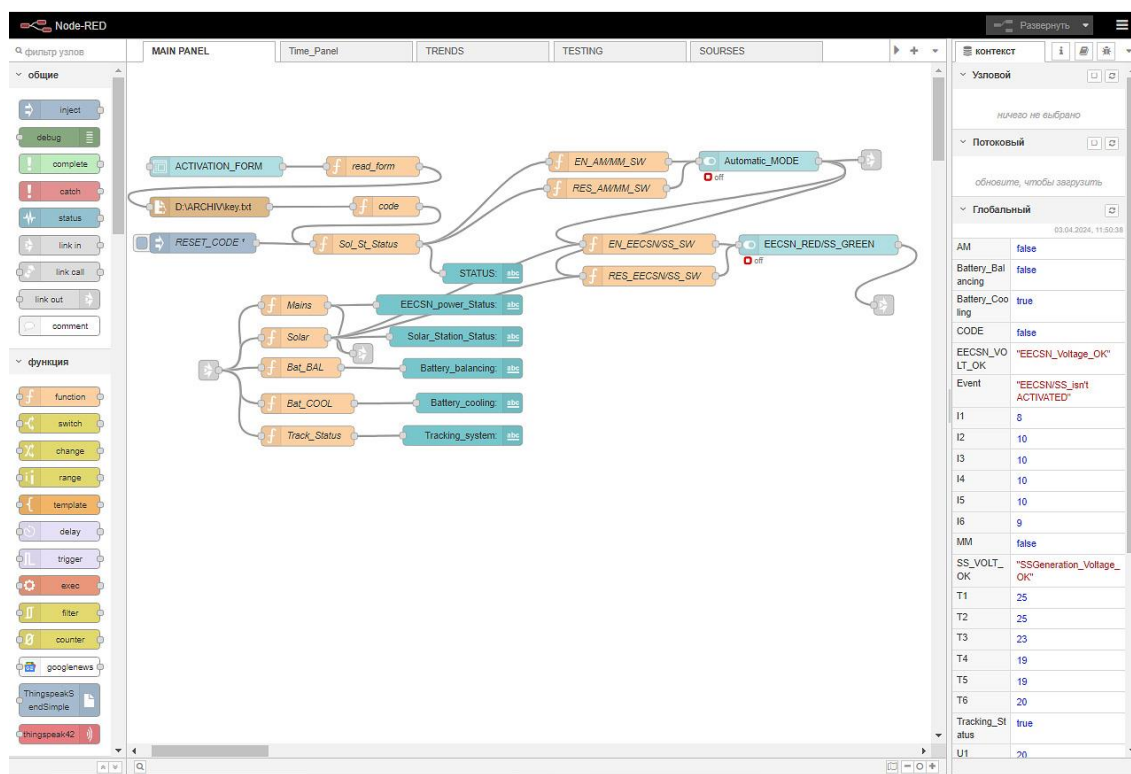


Рисунок 5.3 – Приклад організації інформаційних потоків в системі керування сонячною станцією малої потужності за допомогою середовища Node-Red

5.5 Архівування ключових даних та інформації про події в системі керування

Для того, щоб наша серверна частина відповідала необхідному мінімуму ключових вимог до SCADA-систем, чим вона по суті і є у мінімалістичному та бюджетному уявленні, в ній реалізовано архівування всіх ключових подій, алермів та значень важливих сигналів системи керування. Архівування відбувається шляхом запису у файли events.csv та archive.csv відповідних даних у реальному часі з проставленням часових міток у UNIX-форматі.

У events.csv архівується інформація про активування/деактивування системи керування сонячною електростанцією, зміну режимів роботи, сповіщення зовнішніх до серверної частини підсистем системи керування, узагальнені назви подій, алерми та інша сервісна інформація. Всі записи доповнюються часовими мітками.

У archive.csv архівується повна інформація про негайні значення всіх трендів сигналів системи керування. Всі записи доповнюються часовими мітками.

Слід зауважити, що перелічені вище файли мають атрибут «лише для читання» та не можуть бути змінені ззовні (лише автоматично системою керування), а можуть бути переглянуті у багатьох офісних додатках, наприклад, Microsoft Excel.

5.6 Веб-клієнт системи керування

Окрім основного функціоналу у серверної частини системи керування є додатковий функціонал у вигляді веб-клієнта, який по суті є веб-двійником основної системи та дає можливість дистанційного моніторингу відповідної сонячної електростанції. Особливості його використання наступні:

- 1) Як тільки основний сервер було запущено, то відразу з'являється можливість доступу до серверної частини системи керування. Дистанційно можна відлагоджувати проект, тестувати, моніторити основні параметри та

						Лист
						50
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	СЧдн-04п.151.01 ПЗ	

реалізувати автоматизоване керування системою. Доступ здійснюється через Internet-мережу за наступним посиланням:

<http://<IP-адреса основного сервера>:1880>.

- 2) Як тільки основний сервер було запущено, то відразу з'являється можливість дистанційного доступу до людино-машинного інтерфейсу системи керування за наступним посиланням:

<http://<IP-адреса основного сервера>:1880/ui>.

Як вже відмічалось раніше, веб-варіант людино-машинного інтерфейсу системи керування є повним двійником людино-машинного інтерфейсу основної системи.

Ілюстрація роботи та вигляду веб-клієнту системи керування сонячною електростанцією малої потужності наведено на рисунку 5.4.

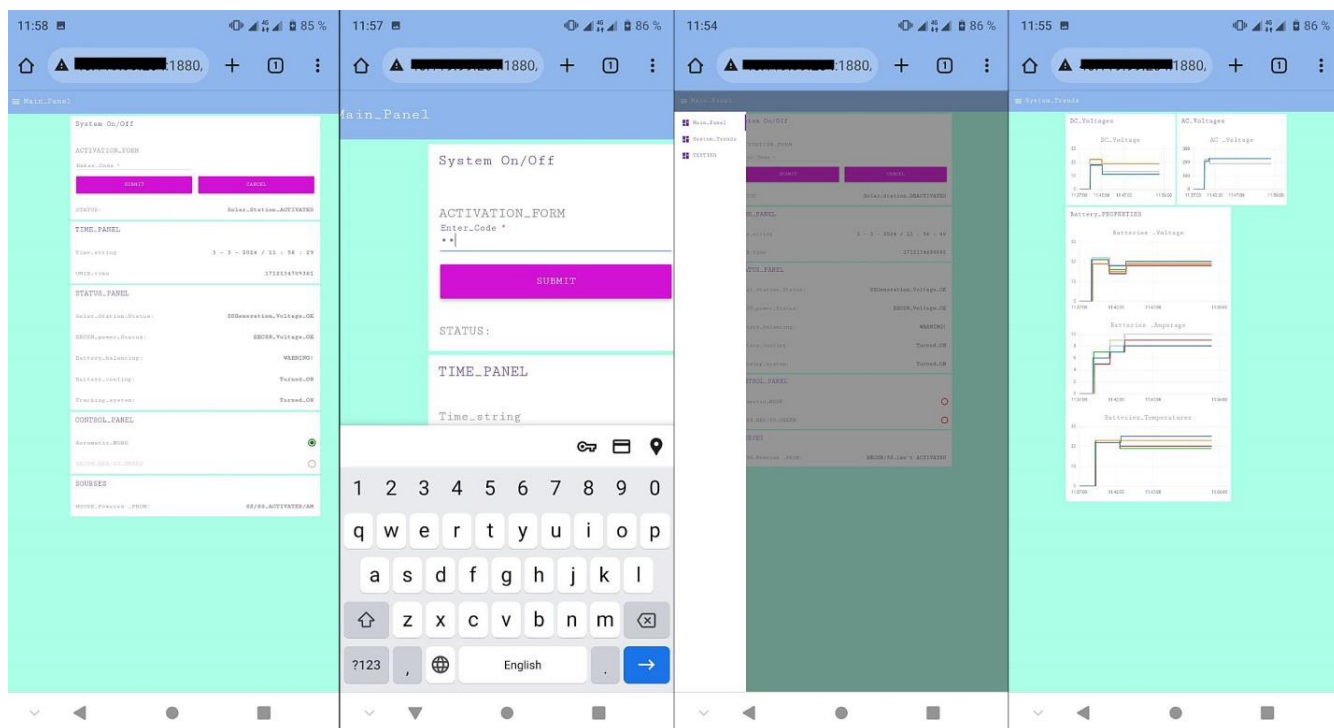


Рисунок 5.4 - НМІ веб-клієнту системи керування сонячною електростанцією малої потужності

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

Резюмуючи матеріали наведені в проекті можна зробити наступні висновки:

1) Основним призначенням системи керування сонячною станцією малої потужності є забезпечення якісного моніторингу негайного стану відповідної станції для попередження виникнення нештатних ситуацій при її функціонуванні та забезпечення можливості своєчасно реагувати на них дистанційно або локально.

2) Використання мікроконтролерних відладочних плат бюджетного сегменту, наприклад, STM32 Cortex M3 Maple Mini, у якості ключових програмованих логічно-обчислюючих пристроїв відповідних підсистем нашої системи керування, може значно здешевити всю систему, без втрати якості її функціонування.

3) Розробка та модернізація системи керування сонячною станцією може бути значно спрощена, якщо результуючу систему розглядати у клієнт-серверному вигляді. У цьому випадку додатковим бонусом системи керування може стати використання надбюджетних диспетчерських рішень або SCADA-систем розроблених з відповідними мінімальними витратами.

4) Декомпозиція системи керування за клієнт-серверним принципом дозволяє, ще на етапі проектування, зручно формувати необхідний функціонал результуючої системи керування. Також є можливість, за необхідності, гнучко модифікувати або модернізувати систему керування, навіть під час її негайної експлуатації.

5) Використання середовища Node-Red дає дуже великі можливості щодо розробки функціоналу подібних систем керування, навіть без втрати їх бюджетності. Використання цього середовища у серверній частині, може дозволити приєднати відповідну систему керування до екосистеми Інтернету речей (IoT), чим суттєво підвищується потенціал відповідної системи керування і її підсистем щодо масштабованості, надійності та функціональності. Також це дозволяє організувати дистанційну діагностику приладів та своєчасну програмну модернізацію.

					<i>СЧдн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						52
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

б) До побажань щодо вдосконалення, наведеної у проекті системи керування, можна віднести наступні:

- Реалізацію можливості зміни базової прошивки модулю підсистеми контролю стану акумуляторної частини дистанційно;
- Реалізацію гарячої заміни вбудованих у модулю контролю стану акумуляторної частини датчиків, а також екстреного додавання нових додаткових;
- Реалізацію самодіагностики всіх підсистем системи керування.

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						53
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сонячні теплові електростанції. URL: <https://solarsoul.net/uk/sonyachni-teplovi-elektrostantsi%d1%97>. (дата звернення: 20.04.2024).
2. Сонячна енергетика. URL: <https://loogjur.wixsite.com/gildya/--cr2p>. (дата звернення: 18.04.2024).
3. Автоматика і автоматизація технологічних процесів: підручник / Т. Б. Головка, К. Г. Рего, Ю. О. Скрипник.– К. : Либідь, 1997.– 232 с.
4. Оформлення конструкторської документації: навч. посіб. / В. В. Ванін, А. В. Блюк, Г. О. Гнітецька.– К. : Каравелла, 2003.– 160 с.
5. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТЗОВ „Простір М”, 2014. – 202
6. Клименко Б.В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі. Навчальний посібник. – Харків: Талант, 2008. – 208 с.
7. Raju Gottumukkala, Rizwan Merchant, Adam Tauzin, Kaleb Leon, Andrew Roche, Paul Darby, "Cyber-physical System Security of Vehicle Charging Stations", April 2019
8. Amal Ahmed Anda and Daniel Amyot "Arithmetic Semantics of Feature and Goal Models for Adaptive Cyber-Physical Systems", Sep 2019
9. "Cybersecurity of Electric Vehicle Smart Charging Management Systems", Aug 2020
10. Samrat Acharya, Yury Dvorkin, Ramesh Karri, "Public Plug-in Electric Vehicles + Grid Data: Is a New Cyberattack Vector Viable?" , 27 Feb 2020
11. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування / А. О. Мельник, В. А. Мельник, В. С. Глухов, А. М. Сало, за ред. А. О. Мельника. – Львів: "Магнолія 2006", 2019. – 237 с.

									Лист
									54
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

12. Кіберфізичні системи: технології збору даних / О.Ю. Бочкарьов, В.А. Голембо, Я.С. Парамуд, В.О. Яцук. За ред. А.О. Мельника, Львів: “Магнолія 2006”, 2019. - 176 с.

13. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry; 2nd Ed; Jeremy Blum; Wiley; 512 pages. – 2019.

					<i>Судн-04п.151.01 ПЗ</i>	Лист
						55
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

