

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

Ігор ЧИЧУРА

«__» _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему:

АВТОМАТИЗОВАНА ПОРТАТИВНА СОНЯЧНА МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ

Виконав:

Марко Євгеній Володимирович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

проф. Іваницький В.П.

(вчене звання, ПІБ, посада)

_____ (підпис)

Ужгород – 2023

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної магістерської роботи: 68 сторінок, 8 таблиць, 9 рисунків, 6 додатків, 13 джерел посилань.

СОНЯЧНА ЕНЕРЕТИКА, МІНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, КОНТРОЛЕР

Об'єкт дослідження – контролер заряджання акумуляторної батареї портативної сонячної міні електростанції.

Мета роботи - розробити електронний контролер для керування процесами функціонування міні електростанції із сонячною батареєю та акумуляторною батареєю.

Методи дослідження – аналіз теоретичних та експериментальних даних, проектування технічних схем, розробка алгоритму для програми мікроконтролера, розробка інструкції початкової інсталяції та налаштування пристрою.

Розроблено загальну концепцію проектування портативних сонячних міні електростанцій. Спроектовано структурну схему моделі контролера, схеми енергетичних та інформаційних потоків міні електростанції, створено алгоритм керування моделлю контролера для написання програми мікроконтролера.

Спроектована й виконана методами комп'ютерної графіки електрична принципова схема контролера заряджання, Розроблена інструкція налаштування параметрів роботи контролера.

Основні технічні параметри спроектованого контролера:

- можливість роботи із сонячними панелями піковою потужністю до 150 Вт при вихідній напрузі більше 14 В;
- заряджання будь-якого типу акумуляторної батареї із оптимальною ЕРС 12 В та ємністю до 100 А·год;
- максимальний струм заряджання акумулятора – 10 А;
- встановлення мінімальної і максимальної допустимих робочих напруг акумулятора міні електростанції та інтервалу часу заряджання акумулятора;
- звукова сигналізація про нештатні ситуації та про вихід за допустимі межі параметрів міні електростанції.

ABSTRACT

The magister's thesis contains: 68 pages, 8 tables, 9 figures, 6 additions, 13 reference sources.

SOLAR POWER, MINI POWER STATION, CONTROLLER

The object of study - the controller of a portable solar power station.

The aim of the work is to develop a model of an electronic controller to control the operation of a mini power station with a solar panel and a battery.

Research methods - analysis and synthesis of experimental data, design of technical schemes, development of an algorithm for the microcontroller program, development of instructions for initial installation and configuration of the device, model layout and study of its parameters.

The general concept of designing portable solar power stations has been developed. The structural scheme of the controller model, the scheme of energy and information flows in the mini power station are designed, the algorithm of the controller model for writing the program of the microcontroller is created.

The electric schematic diagram of the controller model is designed and executed by methods of computer graphics. The instruction of adjustment of parameters of the controller model working and use of its remote control is developed. An experimental model of the controller model was mounted and a study of its parameters and features of the operation process was carried out.

The main technical parameters of the model of the designed controller:

- the ability to work with solar panels with a peak power of up to 150 W at an output voltage of more than 14 V;
- charging of any rechargeable battery type with optimal EMF of 12 V and capacity up to 100 A • h;
- maximum battery charging current - 10 A;
- setting the minimum and maximum allowable operating battery voltages of the mini power station and the interval of the battery charging;
- audible alarm about abnormal situations and about exceeding the permissible limits of the mini power station parameters.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СТАНУ РОЗВИТКУ ПОРТАТИВНИХ МІНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	11
1.1 Особливості та типи портативних міні електростанцій.....	11
1.2 Базові функції контролера портативних сонячних міні електростанцій та їх розширення.....	14
1.3 Аналіз технічних параметрів та характеристик сучасних ринкових портативних сонячних міні електростанцій.....	15
1.4 Портативні сонячні міні електростанції для автомобілів.....	20
1.5 Особливості процесу керування портативними сонячними міні електростанціями.....	21
1.6 Аналіз пристроїв акумулювання електричної енергії для портативних міні електростанцій.....	22
2 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ РОБОТИ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТОВАНОЇ МІНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ.....	25
2.1 Базова концепція проектного пристрою.....	25
2.2 Розрахунок базових параметрів основних модулів електростанції.....	27
3 ВИБІР ТА АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ.....	32
3.1 Вибір фотоелектричних перетворювачів та проектування сонячної батареї.....	32
3.2 Вибір базового модуля контролера заряду акумулятора.....	36
3.3 Мікроконтролер для автоматизації міні електростанції.....	40
3.4 Давач струму.....	41
3.5 Світловий індикатор струму заряджання та зумер звукового сигналу.....	45
3.6 Акумуляторна батарея для контролера міні електростанції.....	46

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ		
		Прізвище ім'я	Підпис	Дата			
Розробив	Марко Є.В.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Іваницький В.П.				у	6	68
Т. контроль					ІТФ, кафедра ПБ, 2 курс магістри денна форма		
Н. контроль							
Затвердив	Чичура І.І.						

4 ПРОЕКТУВАННЯ ГРАФІЧНИХ СХЕМ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КОНТРОЛЕРА.....	48
4.1 Структурна схема і схеми енергетичних та інформаційних потоків міні електростанції.....	48
4.2 Розробка електричної принципової схеми контролера.....	50
4.3 Формування таблиці вхідних та вихідних інформаційних сигналів.....	52
4.4 Розробка алгоритму для програми керування роботою контролера.....	53
5 НАЛАШТУВАННЯ ФУНКЦІЙ КОНТРОЛЕРА.....	56
5.1 Встановлення базових параметрів інтерфейсу контролера.....	56
5.2 Налаштування системи контролю експлуатації акумуляторної батареї.....	59
5.3 Процес функціонування контролера у складі міні електростанції.....	61
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	67
Додаток А СТРУКТУРНА СХЕМА СПРОЕКТОВАНОГО КОНТРОЛЕРА	
Додаток Б СХЕМА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ МІНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	
Додаток В СХЕМА ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ МІНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	
Додаток Г ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА СПРОЕКТОВАНОГО КОНТРОЛЕРА	
Додаток Д АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА МОДУЛЯ ARDUINO	
Додаток Е ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ	
Додаток Ж ВІДОМІСТЬ ДОКУМЕНТІВ	

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення

ЕРС – електрорушійна сила сонячної панелі

МК - мікроконтролер

СП – сонячна панель

N340 – модуль мікроконтролера ArduinoNano CH340

Умовні позначення

I_{pmax} - максимальний вихідний фотострум від сонячної панелі

t_c – час, який витрачається контролером на заряджання акумулятора

U – текуча робоча напруга на акумуляторі

U_H – максимальна допустима напруга при роботі акумулятора

U_L – мінімальна допустима напруга при роботі акумулятора

η – ступінь розряду акумулятора

τ – інтервал часу, який необхідний для заряджання акумулятора

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВСТУП

Різні портативні побутові пристрої та прилади на сьогодні стають все більш популярною серед користувачів та багатьох виробників побутової техніки й мобільних додатків. Така ситуація зумовлюється постійним зростанням нашої повсякденної та періодичної мобільності у всіх сферах людської діяльності. Звичайно, бажано, щоб така мобільність не приводила до суттєвого зменшення зручності та комфорту нашого життя. Визначальним питанням у такому підході є наявність широкого спектру легкодоступних та зручних при використанні надійних і економічних джерел електричної енергії. Важливою умовою є також екологічна чистота використання таких джерел.

З точки зору окреслених проблем, досить перспективним на сьогодні є застосування портативних сонячних міні електростанцій. Вони стають нам у пригоді у найрізноманітніших практичних ситуаціях – від туризму до серйозних рятувальних робіт у зонах стихійних лих чи військових дій. При цьому вимагається, щоб потужність портативних джерел електричної енергії охоплювала практичні випадки від живлення одного лише сучасного смартфона до обслуговування невеликої побутової техніки, наприклад, малопотужного електричного чайника чи міні холодильника.

У випадку автомобільних подорожей забезпечення електричною енергією можна покласти на штатні автомобільні акумулятори. Але, у більшості випадків, використання даних пристроїв обмежене малими споживаними потужностями та відносно коротким періодом дії. Крім того, сильне розрядження автомобільного акумулятора не дозволить після стоянки завести двигун автомобіля. Не вирішує проблеми й використовувати постійного режиму підзарядки акумулятора працюючим на холостих обертах двигуном. Таки процес є екологічно шкідливо, а також різко зменшує часовий ресурс двигуна автомобіля. Тому, на нашу думку, оптимальним рішенням окреслених питань є застосування різного типу

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

портативних сонячних джерел електричної енергії (часто їх ще називають Solar Pod [1]).

Дуже бажано, щоб сонячні мобільні електростанції працювали повністю автоматично та автономно. Крім того, сучасні підходи до проектування побутової техніки вимагають максимального забезпечення користувачів базовою інформацією про стан функціонування самої портативної електростанції, про стан того чи іншого буферного акумулюючого джерела електричної енергії, з яким електростанція працює, та про характер споживання електроенергії кінцевим споживачем енергії. Тому метою даної кваліфікаційної роботи ставилася розробка автоматичної сонячної портативної міні електростанції для роботи в тандемі зі стандартним буферним автомобільним акумулятором з електрорушійною силою 12 В.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 АНАЛІЗ СТАНУ РОЗВИТКУ ПОРТАТИВНИХ МІНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

1.1 Особливості та типи портативних міні електростанцій

Загальноприйнятим вважається відносити до портативних міні електростанцій будь-який генератор електричної енергії з вихідною потужністю до 1 кВт. Тому це може бути будь-яке джерело електрорушійної сили, яке виробляє електричну енергію за рахунок дії сторонніх сил. За типом використаних сторонніх сил до портативних джерел відносять:

- бензинові, дизельні та газові генератори (перетворення хімічної енергії в електричну);
- вітрові та гідрогенератори (перетворення механічної енергії);
- термогенератори (перетворення теплової енергії);
- фотоелектричні перетворювачі (перетворення енергії випромінювання Сонці);
- деякі інші генеруючі пристрої екзотичної природи.

Найбільш виправданим з технічної, екологічної та споживацької точок зору на сьогодні в області портативних електростанцій є технології, у основі яких покладено застосування процесів трансформування енергії сонячного випромінювання видимого спектрального діапазоні в електричну енергію. Такі процеси протікають у фотоелектричних перетворювачах (або за побутовою назвою – у сонячних батареях). Дані генеруючі прилади стають дуже поширеними як для централізованих електричних мереж, так і для систем децентралізованого (автономного) електропостачання різних побутових, громадських та виробничих об'єктів. Суттєвим недоліком тут є те, що використання таких електричних генераторів малої потужності самих по собі не дає змоги забезпечити оптимальні технічні режими живлення різних споживачів електричної енергії в умовах

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

широкого діапазону постійних змін параметрів споживаного електричного струму.

Одним із шляхів розв'язання окресленої проблеми є включення до енергетичної системи сонячної міні електростанції того або іншого буферного акумулюючого пристрою. Найчастіше у ролі останнього на сьогодні виступає акумуляторна батарея (кислотна, іонна чи іншого типу). Тому типовий енергетичний модуль сучасної портативної сонячної міні електростанції містить у собі невелику сонячну батарею (СБ) та той чи інший тип акумулятора (кислотного, іонного, іоністорного та інше) необхідної електричної ємності. Для мобільних електростанцій в якості буферного пристрою часто виступає штатний акумулятор автомобіля або іншого портативного побутового приладу: мобільний телефон, ноутбук, електронна книга, електричний ліхтарик тощо.

Часто вживане пряме з'єднання портативної електростанції з акумуляторною батареєю є дуже неефективним рішенням як з точки зору раціонального використання генерованої енергії, так і з точки зору використання енергетичних ресурсів акумулятора. Тому технічно грамотним підходом є включення між цими двома енергетичними джерелами додаткового електронного модуля, який називають контролером. Даний модуль забезпечує оптимальні технічні режими передачі генерованої електроенергії до акумулятора та до споживачів навіть при умові наявності на виході генератора електричного струму із суттєво змінними параметрами.

Таким чином, сучасна сонячна портативна міні електростанція має бути обладнана, по крайній мірі, трьома важливими блоками: СБ, акумуляторна батарея та контролер (рис.1.1). До того ж, головні електричні параметри цих трьох компонентів повинні бути взаємно узгоджені між собою. Лише в такому випадку можна досягти забезпечення максимальної ефективності отримання електричної енергії від СБ та її використання споживачами. Тому рішення такої задачі є також важливим етапом розробки сучасних автоматичних портативних сонячних електростанцій

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд портативної сучасної сонячної міні електростанції

Ще одна важлива умова експлуатації сонячних електростанцій. Максимальна їх проектна електрична потужність відповідає нормованій потужності сонячного випромінювання на поверхні СБ, яка рівна 1000 Ватт на один квадратний метр. Це відповідає ясній сонячній погоді. У той же час, при мінливій хмарності цей показник знижується до величини біля 600 Вт/м^2 , а при видимому Сонці у вигляді «білого диску» – до 300 Вт/м^2 . У похмурий же зимовий день потужність сонячного випромінювання рідко перевищує 150 Вт/м^2 . Тому у процесі розробки портативних сонячних міні електростанції слід брати до уваги, що кількість виробленої електричної енергії буде варіюватися в дуже широких межах залежно від зміни погодних умов. Це означає, що для безперебійного постачання сонячною електростанцією електричної енергії потужність СБ та ємність акумуляторної батареї мають братися із великим запасом, величина якого визначається тими умовами, у яких планується використання портативної електростанції.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2 Базові функції контролера портативних сонячних міні електростанцій та їх розширення

При невеликих площах СБ вони генерують досить малі потужності електричного струму. За фізичним принципом роботи фотоелектричних перетворювачів зі зміною інтенсивності сонячного освітлення на поверхні СБ генерована нею електрорушійна сила (ЕРС) змінюється відносно мало, тоді як величина фотоструму може змінюватися на кілька порядків. У випадку прямого живлення споживачів від СБ або заряджання від неї акумулятора вказані зміни фотоструму обумовлюють низьку ефективність віддачі генерованої електричної енергії в навантаження. Тому для портативних сонячних мініелектростанцій обов'язково має проводитися оптимізація процесу проходження електричної енергії через всі модулі. Зазвичай для цього застосовують спеціальні прилади – контролери. На них покладається виконання по крайній мірі двох основних функцій:

1. Підтримання на акумуляторі (або на споживачеві) величини напруги, яка є оптимальною для його функціонування.

2. Забезпечення протікання процесу підзарядки акумулятора навіть при низьких інтенсивностях сонячного випромінювання, тобто, при гранично малих фотострумах від СБ.

Однак, як правило, стандартні ринкові модулі контролерів практично не забезпечують користувачів широким набором сервісних функцій. Тому їх застосування вимагає постійної уваги користувачів для здійснення контролю процесу функціонування портативної сонячної мініелектростанції, параметрів текучого стану та протікання зарядки акумулятора, параметрів використання електричної енергії споживачами тощо. Внаслідок цього досить актуальною задачею на сьогодні є розробка автоматичних контролерів сонячних електростанцій, які не тільки беруть під свій постійний контроль всі процеси, які протікають у різних модулях такої енергетичної системи як «СБ – контролер – акумуляторна батарея – споживач», але й надають користувачеві максимум

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

інформації про неї. Звичайно, що такий електронний пристрій повинен бути обладнаний цілим рядом датчиків, які забезпечуватимуть отримання всіх кількісних та якісних даних щодо основних особливостей текучого режиму функціонування портативної сонячної мініелектростанції. Отриману даними інформацію має аналізувати МК. На основі такого аналізу МК буде відображати необхідні технічні величини на інформаційному табло та сигналізувати про можливі неполадки й нештатні ситуації в електростанції. Проектування такого електронного контролера з розширеним набором функціональних можливостей є метою нашої роботи.

1.3 Аналіз технічних параметрів та характеристик сучасних ринкових портативних сонячних мініелектростанцій

За своїм зовнішнім виглядом більшість присутніх на сучасному ринку сонячних мініелектростанцій являють окрему виносну СБ із додатковим електронним блоком (рис.1.1). Останній конструктивно виконують у вигляді невеликого (як правило, алюмінієвого або пластикового) кейсу, який часто називають Solar Pod [2] (рис.1.2). Виглядають такі сучасні електронні кейси дуже привабливо та стильно, оскільки мають свою якісну і детально продуману ергономіку.

У середині Solar Pod зазвичай знаходиться акумулятор того або іншого типу та простий контролер його зарядки і розрядки на споживачів електричної енергії. На зовнішніх стінках Solar Pod розташовують індикатори електричної ємності акумулятора – у більшості випадків у вигляді лінійки світлодіодів. Додаткові інформаційні пристрої на Solar Pod практично відсутні. На корпусі також можуть знаходитися вимикачі самого приладу та його окремих модулів, різного типу розетки та енергетичні порти тощо.

У цілому, акумуляторні батареї таких приладів можуть заряджатися і від «рідної» СБ, і від інших різних джерел електричної енергії. Це робить станції Solar Pod досить універсальними у використанні.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд типових ринкових Solar Pod різних фірм з різною вихідною потужністю [2]

Таким чином, на корпусі Solar Pod переважно розташовується лише система рознімачів для під'єднання власне СБ, інших зовнішніх джерел енергії та її споживачів. Для останніх стандартними енергетичними рознімачами є розетки на 220 В змінного струму, кілька стандартних USB-портів та 12-вольтовий автомобільний рознімач того або іншого типу (рис.1.2). При великих вихідних потужностях дані пристрої можуть мати охолоджуючий вентилятор.

Розглянуті вище Solar Pod комплектуються стаціонарними, розкладними або гнучкими ролонними СБ, які легко монтуються в будь-якому необхідному місці. Сонячна батарея, як правило, має також спеціальну підставку, яка дозволяє користувачеві періодично змінювати кут її нахилу для оптимальної орієнтації на Сонце.


За технічними параметрами і характеристиками присутні на ринку Solar Pod можуть суттєво різнитися між собою. Але більшість таких портативних енергетичних пристроїв розраховані на ємність акумуляторної батареї до 50 А·год із величиною ЕРС 6 В або 12 В. При цьому максимальні споживані струми від акумулятора досягають 10 А. Вартість таких приладів також суттєво змінюється і

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

в залежності від фірми виробника може варіюватися від 100 євро до 200 євро на кожні 100 Вт вихідної потужності.

Для приблизної оцінки в табл.1.1 наведено основні технічні параметри і характеристики однієї широко представлені на сучасному ринку стаціонарної портативної сонячної мініелектростанції українського виробництва – Турист SHS-107R [3].

Таблиця 1.1 – Основні технічні параметри і характеристики сонячної мініелектростанції Турист SHS-107R [3]

Вид параметру	Величина параметра
Потужність СБ	До 10 Вт
Тип акумуляторної батареї	Літій-іонна, вбудована з ЕРС 12 В та ємністю 7 А·год
Контролер заряду акумулятора	Вбудований на силу зарядки до 3 А
USB-рознімачі	Стандартні 2 штуки на 5 В та 1 А вихідного струму кожний
Автомобільні рознімачі 12 В	3 штуки на 2 А вихідного струму кожний
Світлодіодний індикатор заряду	Наявний
Інші особливості комплектації	Є вбудоване радіо FM з MP3 плеєром
Ринкова вартість	Біля 3000 грн
Зовнішній вигляд	<p>СОНЯЧНА СТАНЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ</p> 

Таким чином, проведений аналіз сучасного ринку показує, що Solar Pod на сьогодні стають універсальними і досить корисними пристроями, вартість яких є доступною для широкого кола користувачів і які можуть використовуватись в різних областях діяльності..

Більшість виробників для своїх повноцінних портативних Solar Pod застосовують вбудовані літій-іонні або літій-залізо-фосфатні акумуляторні батареї. Це дозволяє суттєво знизити масу пристрою до 4 – 5 кг і зменшити їхні геометричні габарити при збільшенні електричної ємності до 30 А·год. Для порівняння, подібні портативні електричні станції зі свинцево-кислотними акумуляторами при близьких електричних параметрах важать удвічі більше. Ще однією важливою перевагою, наприклад, літій-залізо-фосфатних акумуляторних батарей є великий середній робочий ресурс, який перевищує 10 років. Крім того, після використання такі акумулятори можна повністю переробляти без екологічної шкоди навколишньому середовищу.

До серйозних недоліків Solar Pod, у першу чергу, слід віднести значні обмеження для їх широкого використання у якості портативного надійного аварійного або тривалого резервного джерела електричної енергії. Це обумовлено їхнім дуже обмеженим енергетичним ресурсом. Крім того, потужності невеликих СБ, якими комплектуються дані пристрої, при несприятливих погодних умовах не забезпечують достатнього електричного живлення споживачів чи необхідної підзарядки акумуляторів.

Аналізуючи відгуки інтернет-джерел можна помітити, що більшість користувачів відзначають відсутність взагалі світлодіодних індикаторів щодо режиму роботи Solar Pod або вказують на їхню дуже малу інформативність для практичного використання. Дехто навіть вважає це якщо не основною, то досить важливою проблемою даного типу портативних пристроїв. Більш того, у деяких Solar Pod покази індикатора можуть хибно сприйматися користувачами. Наприклад, технічний аналіз показує, що в цих приладах зовсім не враховується характер електричного з'єднання базових модулів Solar Pod: СБ, контролера і акумуляторної батареї при різних рівнях відбору потужності споживачами.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Виявляється, що всі ці особливості впливають на функціонування світлодіодного індикатора і можуть суттєво змінювати покази останнього. Наведемо найбільш типовий приклад. При кожному новому вмиканні Solar Pod його світлодіодний індикатор показує певне значення залишкової ємності акумуляторної батареї. Але це значення зовсім не відповідає справжньому стану акумулятора і не відображає наявності чи відсутності у вихідному колі споживачів. Більше того, фірми виробники рекомендують увімкнути спочатку Solar Pod на зарядку протягом від 30 до 60 хвилин для отримання більш точного і близького до істинного значення величини рівня зарядженості акумуляторної батареї за індикатором. При цьому тривалість «витримки» на зарядку залежить від наявного ступеня розрядженості акумуляторної батареї та потужності підключеного до неї навантаження. Така технічна поведінка не є виправданою для серйозних електронних приладів сучасно рівня розвитку з широким впровадженням МК. Даний недолік стає особливо важливим, якщо врахувати, що вартість деяких Solar Pod може перевищувати 500 Євро.

Таким чином, результати нашого аналізу показують, що більшість ринкових сучасних Solar Pod не підходять для екстреного використання, оскільки на початку його примінення користувач не має найменшого уявлення про те, в якому стані наразі знаходиться акумуляторна батарея. Для цього може буде потрібно затратити до 1 години часу.

Ще однією окремою серйозною проблемою Solar Pod у якості портативних мініелектростанцій є канал вихідної ЕРС стандартного змінного струму 220 В частотою 50 Гц. Для генерації такої напруги в Solar Pod використовуються стандартні електричні модулі-інвертори. У більшості випадків вони підбираються для цих приладів без достатнього запасу вихідної потужності. У результаті, при підключенні до такого виходу 220 В навіть простого NoteBook інвертор починає сильно нагріватися. При цьому, у залежності від типу Solar Pod, відбувається або аварійне відключення зовнішнього каналу напруги 220 В, або вмикається вбудований охолоджуючий вентилятор (який додатково забирає електричну енергію від акумулятора і створює не зовсім приємні шуми), або інвертор від

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

перегріву виходить з ладу. На нашу думку, жоден із згаданих вище технічних випадків не є виправданим для ринкових електронних пристроїв при наявній сучасній високо надійній елементній базі. Зокрема відмітимо, що більшість правильно підібраних за вихідною потужністю сучасних модулів-інверторів, які мають відкриті для адекватної конвекції повітря отвори, не потребують примусового охолодження і надійно працюють у заданих для них діапазонах споживаних потужностей.

1.4 Портативні сонячні мініелектростанції для автомобілів

Використання портативних сонячних мініелектростанцій для автомобілів має суттєві переваги. Це обумовлено кількома причинами:

- можна використати конструктивні елементи кузова автомобіля (дах, дверці та інше) для розміщення СБ;
- є можливість встановити СБ постійно і не витратити зайвий час на їхнє встановлення та демонтаж кожного дня;
- можна використати гнучкі рулонні варіанти конструкції СБ, які не займають значне місце у багажнику;
- без проблем можна при необхідності значно збільшити площу СБ, а, відповідно, і їх вихідну потужність, що забезпечить користувачам можливість комфортного використання значно більшого набору і більш потужних побутових електричних пристроїв;
- можливість різних типів встановлення СБ для їх використання під час руху: гнучких прямо на дах; жорстких на підставки для багажника; поворотних на спеціальних кронштейнах з автоматичною орієнтацією на Сонце, наприклад, за допомогою трекера;
- легкість адаптації СБ долюбих типів автомобілів (легкових, вантажних, автобусів тощо);

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- великий термін експлуатації мобільних СБ, гарантію на які деякі фірми надають до 10 років, а загальний термін експлуатації яких вже наближається до 30 років;

- у якості акумулюючого пристрою можна використати штатну акумуляторну батарею автомобіля.

Особливо доречним на сьогодні є використання відмічених вище технічних підходів для електромобілів, оскільки у цьому випадку вони дають значний додатковий економічний та екологічний позитивний ефект постійно – при експлуатації автомобіля кожного дня.

Для прикладу наведемо проведений в [4] технічний аналіз переваг та недоліки застосування сучасних гнучких СБ для створення автомобільних мініелектростанцій (наприклад, для військових застосувань). Автори даного дослідження відмічають малий вплив таких СБ на аеродинаміку автомобіля і можливість їх встановлення практично на всій зовнішній поверхні кузова. Просто реалізується монтаж СБ і у вигляді сонцезахисних ролетів на вікна.

Однак такі технічні рішення мають й певні негативні наслідки. У випадку гнучких сонячних панелей досить ймовірною є їх механічна деформація під дією інтенсивного впливу відкритої атмосфери (особливо сильних дощів, перепадів температури повітря, накопичення на поверхні води та бруду, які затіняють енергогенеруючі ділянки та інше). Слід враховувати й можливість сильного механічного пошкодження СБ під час проїзду під гілками дерев, низько звисаючими архітектурними конструкціями та іншими предметами.

1.5 Особливості процесу керування портативними сонячними мініелектростанціями

При розробці портативних сонячних електростанцій слід приймати до уваги ті основні принципи дії систем автоматичного керування, які забезпечують тривале й ефективне їх функціонування. Аналіз показує, що для цього необхідно щоб керування забезпечувало:

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- підтримання на максимальному у даних умовах рівні величини освітленості СБ;
- постійне функціонування в системі цілого набору давачів, які поставляють необхідну усесторонню вхідну інформацією головному керуючому пристрою (МК або промислового контролеру);
- реалізацію ефективного алгоритму керування усіма процесами в усіх модулях електростанції;
- правильний вибір оптимального джерела акумуляції електричної енергії та керуючого пристрою для такого джерела;
- забезпечення оптимального енергетичного взаємозв'язку між усіма силовими компонентами системи;
- забезпечення функціонування основних компонентів електростанції в оптимальних режимах, що дає змогу досягти базової кінцевої мети проектування – досягнення максимальної енергетичної та інформаційної ефективності роботи системи;
- наявність постійного контролю основних параметрів і характеристик експлуатації портативної мініелектростанції та індикація найбільш важливих ситуацій оператору або користувачам;
- забезпечення таких базових режимів роботи та запасів акумульованої електроенергії, які є достатніми для комфортного тривалого перебування користувачів.

Перераховані підходи покладемо в основу розробки нашої роботи.

1.6 Аналіз пристроїв акумулювання електричної енергії для портативних мініелектростанцій

Сонячна ресурсозберігаюча енергетика, внаслідок її періодичності та непостійності, не може ефективно розвиватися без розробки надійних сучасних пристроїв акумуляції електричної енергії. На сьогодні найбільше використання у відміченій ролі набули різні хімічні джерела струму – акумулятори. У даних

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

пристроях хімічна енергія особливих просторово розділених окислювально-відновних хімічних реакцій перетворюється на електричну – при протіканні такого процесу акумулятор розряджається. Зарядження хімічних джерел забезпечуються шляхом зворотної трансформації електричної енергії в хімічну енергію. Оскільки описані електрохімічні процеси в хімічних джерелах електроенергії є оборотні, то їх можна використовувати багато разів (від 1000 до 10 000 циклів і більше, у залежності від типу акумулятора).

На сучасному ринку серед хімічних джерел електроенергії з великою електричною ємністю найбільш поширеними є літій-іонні, літій-залізо-фосфатні та деякі інші акумуляторні батареї. При цьому кожен із типів таких пристроїв може виготовлятися в різноманітних геометричних формах (циліндри, диски, паралелепіпеди і нестандартні конструкції) і з різними геометричними розмірами. Для аналізу та порівняння нами в табл. 1.2 надано деякі параметри основних типів сучасних акумуляторів.

Таблиця 1.2 – Порівняння параметрів різних типів сучасних акумуляторів

Параметри	Ni-Cd	Ni-M-H	Li-ion	Li-Fe
Густина енергії, Вт·год/кг	40-60	60-80	100	150-200
Внутрішній опір, мОм	100-200	150-250	150-250	-
Саморозряд за місяць, %	20	30	10	-
Напруга на одному елементі, В	1,25	1,25	3,6	2,7
Кількість робочих циклів заряду/розряду	1500	500	500- 1000	10000
Діапазон робочих температур, °С	-40 ...+60	-20 ...+60	-20 ...+60	-

Як видно з аналізу наведених даних, з точки зору оптимального поєднання різних експлуатаційних технічних параметрів, на сьогодні найбільш ефективними для сонячної енергетики є літій-залізо-фосфатні акумулятори. Вони мають рекордні величини нормованої ємності, кількості циклів заряду-розряду і діапазону робочих температур. Тому, не дивлячись на їхню високу вартість, дані

акумулюючі джерела електричної енергії можна віднести до фаворитів серед різних інших хімічних джерел.

Відмітимо, що при порівняльному аналізі ми не взяли до уваги поширені кислотні акумулятори. Для використання в області сонячної енергетики вони мають ряд принципових недоліків. Все ще їх досить широке різне використання на сьогодні (особливо у традиційних автомобілях) обумовлене тільки їхньою низькою вартістю.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ РОБОТИ ТА РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТОВАНОЇ МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1 Базова концепція проектного пристрою

Завданням нашої кваліфікаційної роботи є технічна розробка не цілого Solar Pod, а лише електронного модуля автоматичного керування сонячною мініелектростанцією. Але при проектуванні слід обов'язково врахувати і параметри генеруючої СБ, і характеристики буферної акумуляторної батареї, і режими роботи споживачів електричної енергії, і сумарне максимальне навантаження станції та інше.

У основу концепції модуля керування портативною мініелектростанцією покладемо контролер, який працюватиме із стандартним кислотним автомобільним акумулятором. Візьмемо для цього такі початкові параметри такої акумуляторної батареї:

- номінальна величина ЕРС $E = 12$ В;
- електрична номінальна ємність $C_E = 100$ А·год;
- внутрішній опір $r \approx 0,1$ Ом.

Задамо тривалість неперервного режиму роботи акумуляторної батареї з максимальною споживаною потужністю біля однієї години. Тоді, враховуючи наявну електричну ємність вибраного акумулятора, розрахуємо ту сумарну максимальну потужність всіх споживачів P_1 , які зможе жити енергією наш акумулятор протягом години. У розрахунках врахуємо, що кислотні акумулятори не слід часто розряджати нижче 40 % їхньої номінальної ємності. У такому випадку отримаємо:

$$P_1 = 0,6 \cdot C_E \cdot E = 720 \text{ Вт.}$$

Таким чином, проєктований контролер буде призначений для передачі всім споживачам за один цикл розрядки акумуляторної батареї сумарної максимальної величини електричної енергії

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$W_1 = P_1 \cdot 3600 \text{ с} = 2,6 \text{ МДж.}$$

Надалі прийнемо, що проєктований електронний модуль має забезпечити відновлення енергії повного розряду акумулятора W_1 протягом двох діб. Це означає, що наш контролер протягом доби зможе забезпечити передачу користувачу для живлення всіх своїх електричних пристроїв не більше 1,3 МДж електричної енергії. Одночасно, СБ має протягом доби компенсувати вказані втрати енергії шляхом генерації і передачі акумуляторній батареї таку ж кількість енергії або більше.

Відмітимо, що у розрахунках ми використали наближення ідеальних умов роботи всіх модулів портативної мініелектростанції. У реальних же умовах споживачі отримають приблизно на 10 % менше електричної енергії, ніж задано величиною W_1 . Відповідно і СБ має генерувати за один день на 10 % більшу сумарну електричну енергію або розвивати на 10 % більшу свою сумарну потужність [5].

Базовими умовами функціонування СБ мініелектростанції візьмемо літній сонячний день. У середньому для літнього дня інтенсивність сонячного випромінювання є достатньою для забезпечення генерації СБ необхідного фотоструму протягом часу $\tau \approx 12$ год. Тоді повна зарядка акумуляторної батареї при встановлених вище умовах буде можливою, якщо середня денна потужність СБ перевищуватиме величину

$$P_s = 1,1 \cdot P_1 / (2\tau) \approx 35 \text{ Вт.}$$

Оскільки в реальних погодних умовах інтенсивність сонячного випромінювання протягом доби може змінюватися у широкому діапазоні, то для проєктної потужності СБ нашої мініелектростанції слід взяти, по крайній мірі, удвічі більшу величину. Таким чином, для забезпечення прийнятих нами умов експлуатації сонячної портативної мініелектростанції її СБ мають бути підібрані на проєктну вихідну потужність біля 70 Вт.

Для розрахунків параметрів електронного модуля контролера додатково умовно визначимо, що серед споживачів електричної енергії не буде пристроїв, потужністю більшою за 300 Вт.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таким чином початковою базовою концепцією проєктованого модуля портативної мініелектростанції є контролер процесів заряду-розряду акумулятора, який працює:

- із СБ проєктної сумарної потужності не менше 70 Вт;
- із стандартним автомобільним кислотним акумулятором з ЕРС 12 В і ємністю не менше 100 А·год;
- із споживачами енергії, сумарна миттєва потужність яких ніколи не перевищує 300 Вт.

2.2 Розрахунок базових параметрів основних модулів електростанції

Головним компонентом генерації електричної енергії нашої розробки є СБ. Для портативних сонячних електростанцій є досить необхідним застосування найбільш ефективних сучасних фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії. На сьогодні таким умовам відповідають монокристалічні фотоелементи, коефіцієнт ефективності яких досягає величин біля 25 %. СБ на основі таких фотоелементів будуть трохи дорожчими. Але у результаті їх використання можна майже удвічі зменшити площу батареї фотоелементів, а відповідно будуть менші загальні габарити та вага СБ. Тому для портативних пристроїв таке рішення цілком обґрунтоване. Крім того, при цьому досягається й певна економія матеріальних та фінансових ресурсів за рахунок зменшення вартості несучих елементів конструкції СБ.

Основним електричним параметром СБ є їхня вихідна ЕРС E . Враховуючи режими їх роботи переважно для зарядки 12 В акумуляторних батарей, слід взяти значення E із певним запасом. Зокрема, автори дослідження [6] приводять практичні рекомендації, згідно з якими зарядку 12 В акумуляторів необхідно проводити за допомогою зовнішнього джерела постійного струму з величиною ЕРС, не менше 14 В. Враховуючи дані рекомендації, на початку процесу проєктування виберемо СБ із значенням $E > 15$ В.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

При вибраній вище величині ЕРС СБ генеруватиме максимальний фотострум, який можна розрахувати як

$$I_{pmax} = P/E \cdot \approx 4,6 \text{ А.}$$

Таким чином, проєктований контролер сонячної портативної мініелектростанції буде працювати з вхідними струмами, не меншими розрахованої величини. З метою уніфікації нашого контролера з точки зору роботи і з більш потужними СБ та акумуляторними батареями, надалі проведимо розробку модуля контролера з максимальним робочим струмом $I_{cmax} = 10 \text{ А}$. З цієї ж причини нам необхідно забезпечити в електронному контролері можливість варіювання вихідної напруги для зарядки акумулятора в широких межах. На нашу думку, для проєктованого пристрою доцільно взяти діапазон вихідних напруг від 12 В до 16 В.

Згідно з розробленою нами концепцією, СБ проєктованого модуля контролера мініелектростанції буде забезпечувати лише процес зарядки акумуляторної батареї. Тобто, живлення зовнішніх споживачів напругу від СБ буде відсутнє. Таке технічне рішення необхідне для забезпечення роботи СБ в режимі точки максимальної потужності. А для цього слід усунути вплив параметрів споживачів, які змінюються в широких межах, на функціонування СБ. Це тим більше важливо, оскільки за прийнятою концепцією споживачі можуть мати максимальну споживану потужність до 300 Вт. У такому граничному режимі споживачі можуть вивести СБ у близький до аварійного стан короткого замикання.

З точки зору зручності конструкції електронного модуля контролера, його доцільно об'єднати з блоком рознімачів для підключення різного типу зовнішніх споживачів електричної енергії. На сьогодні найбільш актуальними із них для мобільного життя є такі рознімачі:

- стандартні USB-порти зі стабілізованою вихідною ЕРС +5 В (мобільні телефони, power-банки, різні портативні аудіо пристрої та інше);

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- прості рознімачі типу «автомобільна запальничка» з ЕРС +12 В (через них можна жити більшість мобільних пристроїв, які призначені для використання безпосередньо в автомобілі);

- розетка стандартного змінного струму з ЕРС = 220 В (вона має бути пристосована для відповідних споживачів невеликої потужності, які використовуються як мобільно, так і стаціонарно, наприклад, це можуть бути ноутбуки, електричний нагрівник, малопотужна плитка та інше).

Оскільки нами проектується система саме для автомобільного мобільного портативного використання, то ми вважаємо недоцільним вводити до складу електронного блоку контролера окремий модуль інвертора, який забезпечуватиме для споживачів змінну ЕРС 220 В. Більш виправданим, на нашу думку, є застосування для даної мети високоякісних спеціалізованих автомобільних інверторів, які напряму підключаються до акумуляторної батареї або до спеціальних рознімачів типу «автомобільна запальничка». При такому технічному рішенні користувач мати можливість використовувати стандартні електричні приладами змінного струму як при змонтованій сонячній електростанції, так і при її відсутності. Відмітимо також, що, згідно з нашою концепцією портативності, один із інверторів має бути розрахований на неперервну тривалу роботу зі споживачами загальною потужністю до 500 Вт.

Підсумовуючи проведений аналіз, при подальшому проектуванні передбачимо наявність у нашого контролерного модуля лише трьох USB-портів та двох рознімачів типу «автомобільна запальничка» +12 В для виводу енергії постійного струму.

Особливу увагу при розробці модуля контролера ми звертатимемо на його надійні інформаційні сервісні функції, оскільки саме таких показників бракує більшості наявних ринкових сучасних Solar Pod. З нашої точки зору, основними із таких функцій мають бути:

- надійний постійний контроль та індикація для користувача величини сумарного вихідного фотоструму СБ та струму заряджання акумуляторної батареї;

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- видача спеціального сигналу при зменшенні величини сили фотоструму заряджання нижче вказаного критичного рівня та автоматичне відключення тих або інших модулів мініелектростанції при цьому;

- надійний контроль та індикація текучого ступеня розрядки акумулятора на споживачів;

- генерування спеціального сигналу при ситуації досягнення акумуляторною батареєю критичної розрядки, ступінь якої задається в налаштуваннях модуля контролера;

- сигналізація про перевищення величини потужності сумарного споживання електричної енергії від акумуляторної батареї вище заданого користувачем критичного рівня з метою уникнення її критичного розряджання та руйнування;

- проста можливість задавати та в будь-який момент мобільно коректувати критичні значення величин, які перераховані вище в даному переліку, із використанням «дружнього» для користувачів інтерфейсу.

Виходячи із визначеного завдання нашої роботи – розробити автоматичний електронний контролер та із наведеного вище аналізу параметрів і переліку сервісів, які має мати спроектований пристрій, можна стверджувати про доцільність використання в нашій розробці сучасного мікроконтролера. Введення його до складу модуля контролера значно спростить технічну електронну складову процесу проектування без суттєвого збільшення вартості закінченого пристрою. Враховуючи визначені концепцією проектування блоку контролера параметри, для їх досягнення достатньо взяти сучасний простий серійний готовий модуль із малопотужним 8-бітовим мікроконтролером, наприклад, модуль платформи Arduino. Також врахуємо, що більшість перерахованих вище технічних, інформаційних та сервісних функцій контролера легко можна забезпечити різними сучасними спеціалізованими серійними модулями (наприклад, давачі сили струму, напруги, потужності, ємності акумуляторної батареї, світлодіодні дисплеї, зумери та інше). Такий підхід значно спростить

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

процес проектування електронного блоку контролера, підвищить його функціональну надійність та знизить вартість виробництва.

Визначені параметри різних модулів портативної мініелектростанції покладемо в основу подальшої розробки нашої системи.

АКТ
2023

АКТ
2023

					КМР.АКТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3 ВИБІР ТА АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ

3.1 Вибір фотоелектричних перетворювачів та проектування СБ

Ефективність фотоелементів, із яких формують СБ, визначається їхніми внутрішніми фізичними і технологічними характеристиками та зовнішніми природними факторами і заданими технічними умовами експлуатації портативної сонячної мініелектростанції. У нашому випадку основну увагу необхідно звернути на внутрішні фізико-технічні характеристики фотоелементів, Для нашої системи вони мають забезпечувати найвищу ефективність генерації електричної енергії при заданих природних умовах.

Відповідно до концепції проектування ми обґрунтували свій вибір для СБ саме монокристалічних фотоелементів, які мають на сьогодні найвищий коефіцієнт корисної дії у порівнянні з усіма іншими широко представленими на світовому ринку виробами такого типу. Прикладом вибраних фотоелементів може бути продукція тайванської фірми NeoSolarPower типу 4BB або 5BB модельного ряду SC-M156 [7]. Основні параметри таких фотоелементів наведені в табл. 3.1.

Їхньою особливістю є монолітна структура активного шару, що дозволяє їм легко витримувати сильні пориви вітру, опади у вигляді граду та інші великі механічні навантаження. За рахунок же суттєво більшої ефективності генерації електричної енергії їхня площа може бути приблизно на 25 % меншою, у порівнянні з полікристалічними. Однак доречно відмітити, що якісні та кількісні параметри і характеристики різних моделей сонячних фотоелементів навіть одного типу можуть суттєво відрізнятися в залежності від країни походження та фірми-виробника.

Для відведення генерованої ЕРС на фронтальній стороні фотоелементів типу SC-M156 змонтовано електроди негативної полярності ЕРС. Вони виконані у вигляді 4 срібних шин шириною біля 4 мм та з відстанню між ними біля 39 мм (рис.3.1а). На тильній стороні вмонтовано систему електродів позитивної

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

полярності ЕРС у вигляді набору срібно-алюмінієвих смужок шириною 1,9 мм (рис.3.1б).

Таблиця 3.1 – Основні параметри монокристалічних фотогенеруючих елементів SC-M156 (приведені для стандартних умов: температура функціонування 25 °С, потужність сонячного випромінювання 1 кВт/м²) [7]

Параметр	Величина параметру
Проектна ефективність (ККД)	Біля 20 %
Кількість шин на фронтальній поверхні	4L або 5L
Напруга у режимі холостого ходу	Біля 0.54 В
Проектний струм режиму короткого замикання	Біля 9 А
Проектна пікова вихідна потужність	Біля 4.8 Вт
Форма та розміри	Квадрат зі стороною біля 107 мм
Температурний коефіцієнт ефективності	- 0.4 %/°С
Термін служби	30 – 50 років
Вартість	Біля 2 Євро

Типова вольт-амперна характеристика фотоелементів модельного ряду SC-M156 наведена на рис.3.2 [7].

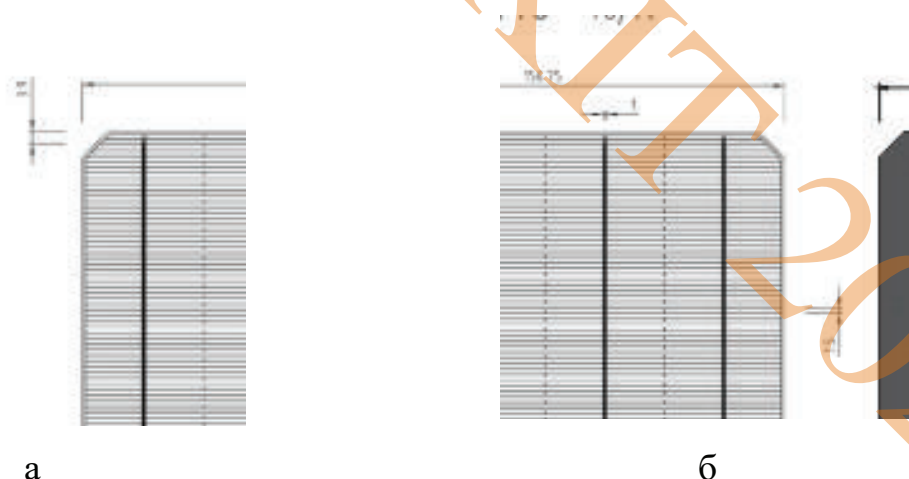


Рисунок 3.1 – Вигляд фотоелементів SC-M156 з фронтальної (а) та тильної (б) сторін [7]

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Перший спосіб – удвічі збільшити вихідну потужність СБ. Відповідно, при цьому удвічі зростуть габарити та вага СБ.

Другий спосіб – увести до складу електронного модуля проектного контролера додатковий простий модуль DC-DC перетворювача, який підвищуватиме вихідну напругу СБ з 9 В до необхідного для нас рівня більше 14 В.

Третій спосіб – використати комбінацію двох перших варіантів.

Застосування першого сценарію забезпечує сумарна потужність СБ біля 140 Вт. Це означає можливість значно швидшого заряджання акумуляторної батареї, а відповідно дозволяє користувачам використовувати протягом доби майже удвічі більше електричної енергії, що дуже важливо для портативних мініелектростанцій. Крім того, можна збільшити потужність використовуваних електричних пристроїв – у рамках розробленої нами концепції до граничного значення 500 Вт. Однак такі переваги з’являються за рахунок збільшення масо-габаритних показників СБ більше ніж удвічі. Зростає і вартість розробленої мініелектростанції.

Другий варіант виконання умов завдання на кваліфікаційну роботу легко реалізувати, оскільки на сучасному ринку електронних модулів широко представлені DC-DC пристрої, які можуть ефективно працювати при низьких вхідних напругах від СБ. При цьому величина цієї напруги може змінюється в широких межах від кількох вольт до кількох десятків вольт. Однак при цьому, звичайно, відбуваються додаткові втрати генерованої СБ потужності.

Враховуючи всі викладені позитивні і негативні наслідки, ми зупиняємося на комбінованому варіанті оптимізації загальної структури нашої портативної сонячної мініелектростанції. Такий варіант включає подвоєну кількість фотоелектричних перетворювачів СБ та додавання до контролера зарядки спеціального модуля DC-DC перетворювача. Таке технічне рішення суттєво покращує експлуатаційні параметри проектного мініелектростанції. Крім того, введення в структуру нашого пристрою DC-DC перетворювача дозволяє відбирати від СБ корисну потужність навіть при низьких інтенсивностях

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

сонячного випромінювання, коли стандартні контролери зарядки припиняють свою роботу. Такі додаткові надходження енергії можуть компенсувати втрати потужності мініелектростанції на DC-DC модулі.

Таким чином, кінцевим варіантом СБ для мініелектростанції беремо два окремих конструктивних модулі по 16 фотоелектричних перетворювачів SC-M156 у кожному. При цьому в кожному модулі фотоелементи з'єднаємо послідовно, а для утворення загальної СБ обидва модулі також з'єднаємо послідовно. У такому випадку наша СБ матиме такі параметри: величина ЕРС ≈ 18 В, сила вихідного струму режиму короткого замикання біля 9 А, пікова проєктована потужність біля 140 Вт, габаритні розміри в транспортному положенні приблизно 40 см на 40 см на 7 см (два складені один на інший модулі). Із наведених даних слідує, що розроблена СБ відповідає умовам портативності.

Відмітимо також, що надалі при проектуванні електронного контролера будемо враховувати можливість його функціонування і з СБ, складеними з інших типів фотоелектричних перетворювачів. Основною умовою при цьому буде лише близькість ЕРС такої батареї до значення від 16 В до 18 В. Звичайно, що інші типи СБ (наприклад, полікристалічні) із такою ж площею в еквівалентних умовах експлуатації будуть генерувати меншу потужність вихідного електричного струму за рахунок меншого свого ККД.

3.2 Вибір базового модуля контролера заряду акумулятора

Контролер являє собою електронний модуль, який розміщується між СБ та акумулятором. Основне його призначення полягає в регулюванні напруги та сили струму, які генеруються на виході СБ. При цьому регулювання здійснюється у тих межах, які відповідають оптимальному якісному режиму заряджання акумуляторної батареї. При можливості контролер також забезпечує і живлення споживачів електричною енергією одночасного із процесом заряджанням акумулятора.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Якщо СБ виробляє в певні моменти більшу ЕРС, ніж потрібно для заряджання акумуляторної батареї, то контролери також здійснюють перетворення «зайвої» напруги на своєму вході у вихідний електричний струм. Таким чином зменшується час, який необхідний для зарядки акумулятора.

На сьогодні в сонячних електростанціях різного типу знаходять переважно застосування три базові типи контролерів:

- типу увімкнено/вимкнено (або ON/OFF контролери, у яких керуючим елементом виступає реле);
- електронні контролери із широтно-імпульсним перетворенням вхідної напруги;
- контролери із функцією стеження за точкою максимальної потужності СБ (або MPPT (maximum power point tracker) контролери).

Перший із розглянутих тип контролера працює найменш ефективно. Однак, враховуючи малий термін експлуатації портативних «туристичних» сонячних мініелектростанцій протягом року, ми вважаємо доцільним вибрати саме даний тип електронного пристрою. Це зумовлено його технічною простотою, надійністю функціонування та низькою вартістю. Зокрема, ціна двох інших розглянутих нами типів контролерів на даний час у кілька разів вища. Однак, якщо планується тривале неперервне використання портативної мініелектростанції, тоді до її складу бажано ввести контролер із інтелектуальною програмою реалізації процесу зарядки акумулятора.

Конкретний тип та характеристики контролера підбираються під технічні параметри як СБ, так і акумуляторної батареї. Базовими для аналізу тут виступають номінальна величина ЕРС акумулятора та максимальний робочий фотострум, який може генерувати СБ при найбільш сприятливих метеорологічних умовах.

У наш час контролер заряду акумуляторної батареї для проектування різних енергетичних система доцільно брати у вигляді окремого комерційного модуля, який самостійно зможе виконувати основні функції автоматичного контролю процесом заряджання акумулятора. Аналіз обширної інформації з різних інтернет-

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

джерел показує, що оптимальними для розробки мініелектростанції параметрами володіє сучасний цифровий модуль контролера XYL-10A фірми Innovateking-EU [8]. Зовнішній вигляд даного пристрою наведено на рис.3.3, на якому також показані основні електричні кола комутації вхідної й вихідної напруг.

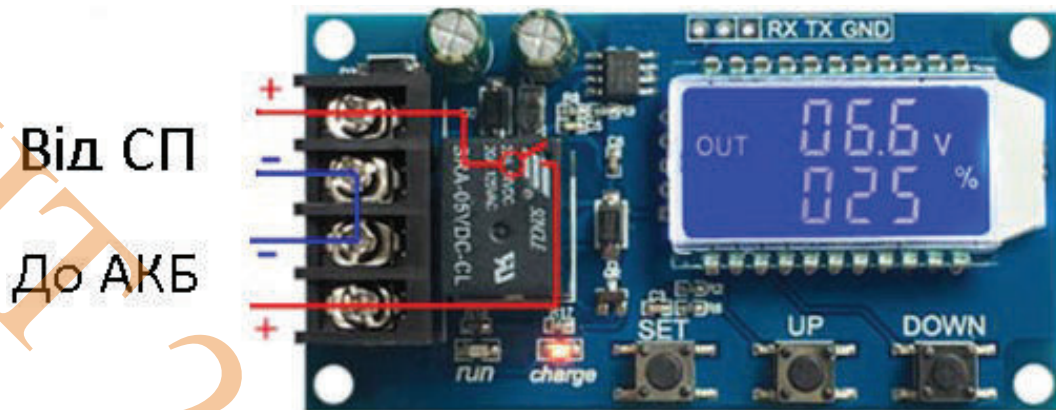


Рисунок 3.3 - Цифровий модуль контролера зарядки акумуляторів XYL-10A [8]

У порівнянні з іншими подібними приладами контролер XYL-10A має кілька особливих позитивних рис:

- вбудований зручний при використанні дисплей, на який можна виводити текучу напругу на акумуляторній батареї, приблизний ступінь її розрядки та проміжок часу від початку текучого етапу зарядки;
- вбудований індикатора робочого стану;
- встановлені сервіси регулювання часу зарядки акумулятора;
- підтримки стандартного протоколу UART;
- низька вартість;
- широкий вибір функцій інсталяції, налаштування та керування, що полегшує створення на його основі автоматичної мініелектростанції.

Основні технічні характеристики приладу XYL-10A наведено в табл. 3.2 за даними [8].

При використанні у складі мініелектростанції більш потужних СБ, для них можна використати однотипний модуль XYL-30A. Він відрізняється лише конструкцією контактів реле, які можуть комутувати струми до 30 А.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Таблиця 3.2 – Основні технічні параметри приладу XYL-10A [8]

Параметр	Величина параметру
Діапазон змін вхідної постійної напруги	Від 6 В до 60 В
Максимальна сила струму зарядки, яка обмежена стійкістю контактів електромагнітного реле	10 А
Похибка керування напругами старту та фінішу процесу зарядки	Не більше 0,1 В
Точність відображення текучої напруги акумулятора	0,1 В
Тип акумуляторів, з якими працює контролер	Кислотний акумулятор або літієва батарея
Тип виходу ЕРС зарядки на акумулятор	Пряме з'єднання входу контролера з акумулятором через контакти реле.
Номінальна ЕРС акумуляторів	Від 6 В до 48 В
Геометричні розміри	79 мм на 42 мм на 18 мм
Вартість	Біля 6 Євро

Електронний модуль XYL-10A має важливу особливість. Для його функціонування є необхідним, щоб напруга на акумуляторній батареї не була меншою 5 В. Це обумовлено характером електронної схеми контролера – робота його активних компонентів передбачає наявність саме напруги +5 В для живлення. При меншому значенні напруги модуль XY-L10A працює не стабільно або припиняє свою роботу.

Відмітимо також, що вказані в табл.3.2 межі комутування контролером вхідної напруги від +6 В до +60 В на акумуляторну батарею визначаються внутрішніми параметрами вбудованого стабілізатора напруги приладу XY-L10A. Тому вихід за ці межі також зумовлює або нестійку роботу контролера, або навіть його вихід з ладу.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Вибраний для нашої розробки модуль XYL-10A має також важливу можливість запису у свою внутрішню пам'ять програми керування динамікою процесів заряджання акумуляторної батареї. Така функція дозволяє програмно реалізувати різні режими зарядки, а також дає можливість ведення дистанційного керування мініелектростанцією через зовнішній комп'ютер або мобільний телефон.

3.3 Мікроконтролер для автоматизації міні електростанції

Для автоматизації невеликих електронних систем на сьогодні все ширшого використання набуває така звана платформа Arduino. У її конструктивну основу покладено сучасний модульний принцип. Головними базовими модулями вибраної платформи Arduino є окремі плати мікроконтролерів. Такі плати несуть на собі певний більш або менш «потужний» мікроконтролер та набір необхідних для зовнішньої комутації електронних компонент. Застосування вказаних модулів суттєво спрощує процес інтегрування мікроконтролерів у різні автоматичні пристрої та їх розробку.

Одним із найбільш простих мікроконтролерних модулів платформи є модель ArduinoNano CH340, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 3.4. Надалі для скорочення будемо позначати такий модуль N340. За своїми функціональними можливостями вибраний модуль оптимально підходять для забезпечення виконання поставлених перед нами завдань проектування. З його допомогою можна провести безпечно технічне макетування відносно простих пристроїв керування та систем автоматизації.

Елементною основою модуля N340 є 8-бітний мікроконтролер фірми Атмел АТМega328Р. Він конструктивно розміщений у стандартному квадратному корпусі типу 32-TQFP. Таким чином, дана мікросхема має 32 ніжки: які розміщені по 8 штук на кожній стороні.

Зовнішнє комутування модуля N340 зручно здійснювати за допомогою 30 бічних штирових ніжок-контактів, які розміщені у вигляді двох лінійних

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

рознімачів, змонтованих на краях плати (див. рис. 3.4). За допомогою даних контактів різні сигнали відводяться від мікроконтролера та подаються на нього. Плата N340 містить також різні додаткові електронні компоненти, які призначені для виконання допоміжних функцій роботи модуля.

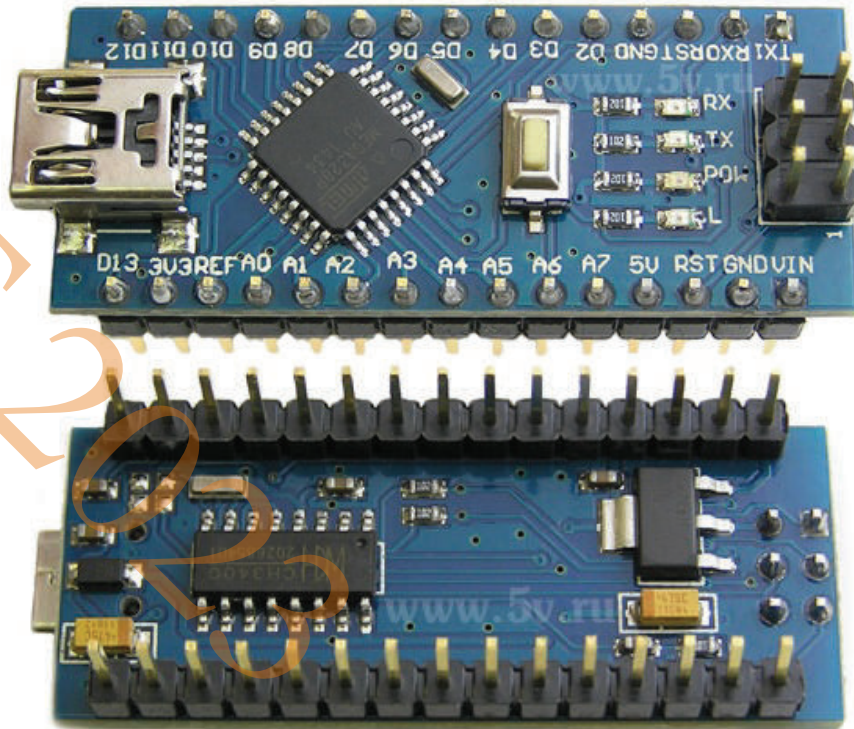


Рисунок 3.4 – Розміщення конструктивних елементів на двох сторонах плати модуля N340

Основні функціональні параметри та характеристики вибраного для проектування електронного контролера нашої мініелектростанції модуля наведено в табл. 3.3.

3.4 Давач струму

Процес вимірювання і контролю сили струмів, які протікають в різних електричних колах проектованої мініелектростанції, є досить важливим технічним питанням нашої розробки. При цьому слід врахувати можливі режими роботи самих давачів сили струму в електричних колах (режим захисту від

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

перевантаження, імпульсний режим живлення, програмоване забезпечення певної функції зміни струму, режим зарядки акумуляторної батареї та інше). У проєктованому нами пристрої доцільно використати давачі сили струму, які забезпечують виконання таких основних вимог:

Таблиця 3.3 – Основні технічні параметри модуля N340 [9]

Назва параметру	Величина параметру
ЕРС логічного рівня	+5 В
Діапазон рекомендованих напруг живлення модуля	Від +6 В до + 12 В
Кількість цифрових входів/виходів	14
Кількість контактів, які забезпечують виведення широтно-імпульсних сигналів	6
Кількість входів аналогово-цифрових перетворювачів	8
Максимально допустима сила вихідного струму через один цифровий пін	20 мА
Об'єм внутрішньої флеш пам'яті	32 кБайти
Об'єм внутрішньої оперативної пам'яті	2 кБайти
Тактова частота генератора мікропроцесора	16 МГц
Геометричні розміри	45 мм на 18 мм
Відстань між бічними контактами	2,54 мм
Відстань між двома лінійками бічних контактів	15 мм
Вага модуля	6 г
Орієнтовна вартість	Біля 4 Євро

- вихідний сигнал від давача має бути пропорційний силі струму, який протікає;

- результат вимірювання має дуже слабо залежати від температури давача;

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- конструктивно модуль давача повинен забезпечувати гальванічну розв'язку між електричними колами живлення зовнішнього навантаження та сенсором давача сили струму.

На сьогодні оптимально поєднують відмічені вище властивості давачі сили струму із сенсорами на основі ефекту Холла. У проектуваному нами пристрої доцільно проводити вимірювання та контроль сили струму у двох електричних колах:

- коло від СП до входу нашого контролера, через яке протікатиме струм заряджання акумулятора;
- коло від акумуляторної батареї до сумарного навантаження, через яке будуть живитися всі зовнішні споживачі.

Виходячи із умов проектування, ми вирішили використати готовий сучасний модуль ACS712ELC-10A [10], зовнішній вигляд якого наведено на рис. 3.5. Даний модуль функціонує саме на використанні ефекту Холла. Основне його призначення – вимірювання в різних електричних колах сили постійного або змінного струму до 10 А.

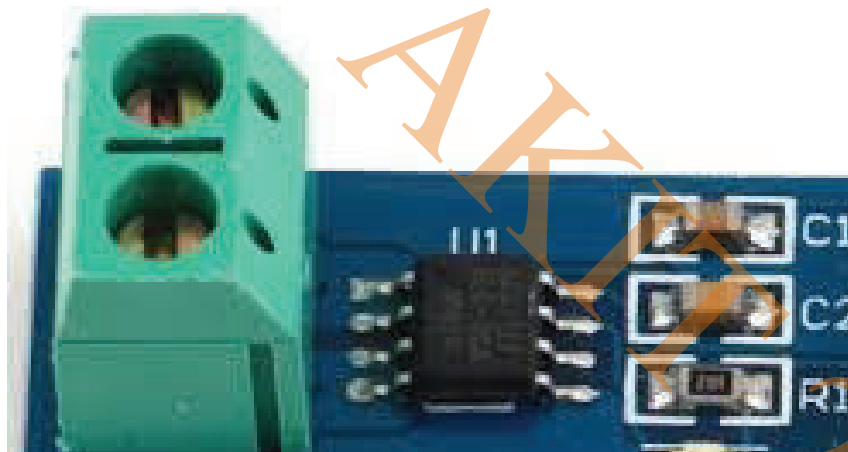


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд давача сили струму ACS712ELC-10A [10]

Обраний нами давач містить сенсор Холла близько до якого розміщено мідний провідник. При протіканні через даний провідник електричного струму створюється магнітне поле, яке сприймається сенсором Холла. Модуль ACS712

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

на сьогодні забезпечує економне та прецизійне вимірювання сили струму в різних електричних та електронних системах.

Основні технічні параметри та характеристики модуля ACS712ELC-10A наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики давача сили струму ACS712ELC-10A [10]

Параметр	Величина параметру
Напруга живлення мікросхем	Стабілізована +5 В
Діапазон вимірювання сили струму	Від 0 А до 10 А
Рівень чутливості сенсора	100 мВ/А
Похибка вимірювання сили струму	1,5 %
Інтервал часу для встановлення вихідного сигналу	5 мкс
Споживаний власний струм	Не більше 11 мА
Опір провідної шини струму	1,2 мОм
Температурний діапазон експлуатації	Від -40 °С до +85 °С
Геометричні розміри	35 мм на 13 мм
Ринкова вартість	Біля 2 Євро

Точність та чутливість вибраного нами давача оптимізовані за рахунок максимального наближення магнітного сигналу струмового провідника безпосередньо до сприймаючої поверхні елемента Холла. Крім того, напруга живлення сенсора Холла забезпечується додатковою стабілізацією BiCMOS Hall мікросхемою з низьким динамічним зміщенням робочої точки, що також підвищує точність вимірювань.

Використання аналогового давача ACS712ELC-10A вимагає врахування деяких особливостей його роботи:

- оскільки сенсор працює на основі ефекту Хола, то датчик досить чутливий до зовнішніх магнітних полів;
- вихідним сигналом датчика є аналогова напруга, яка пропорційна силі струму у досліджуваному колі;

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- при відсутності протікання струму через провідник давача вихідний сигнал рівний половині напруги живлення модуля сенсора; у подальшому величина напруги на виході давача ACS712 зменшується до нуля або збільшується аж до напруги живлення +5 В, у залежності від напрямку протікання струму у провіднику давача;

- модуль ACS712 оснащено вбудованим фільтром низькочастотних завад та шумів;

- гальванічна розв'язка між вимірювальними та сигнальними електричними колами має пробивну напругу не менше 2,1 кВ;

- простий світлодіодний індикатор робочого режиму полегшує налаштування давача.

3.5 Світловий індикатор струму заряджання та зумер звукового сигналу

Для індикації орієнтовної величини сили струму заряджання акумуляторної батареї застосуємо стандартні малопотужні світлові діоди різних кольорів свічення. При цьому колір свічення світлових діодів буде нести певну інформацію про функціонування контролера:

- білий колір – струм заряджання акумулятора близький до мінімального допустимого рівня;

- зелений колір – відповідає діапазону оптимальних величин струму заряджання для відповідного типу акумулятора;

- червоне свічення – сила струму заряджання перевищила критичну величину;

- червоний мигаючий сигнал – напруга заряджання вища за допустиму для даного типу акумуляторної батареї.

Для появи відповідного свічення на кожному із світлодіодів будемо подавати на них різну напругу живлення. Для цього кожний світлодіод під'єднаємо до свого окремого цифрового піна модуля N340. Високий рівень напруги на цих пінах відповідає +5 В. Для налаштування кольору свічення

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

кожного із світлових діодів використаємо малопотужні налагоджувальні резистори з номіналом максимального опору 1 кОм. При цьому величину робочого опору налагоджувального резистора в каналі кожного світлодіода встановимо таку, щоб на самому світлодіоді виникав спад напруги, необхідний для свічення відповідним кольором згідно із його характеристикою.

Для оперативного інформування користувача про вихід режиму заряджання акумуляторної батареї за встановлений робочий діапазон величин використаємо малопотужний зумер. Його також під'єднаємо до окремого цифрового піну модуля N340.

Розшифрування встановлених нами у розробленій моделі контролера діапазонів сили струму заряджання та порядок дій модуля МК N340 при виявленні різних вхідних сигналів від датчика струм буде наведено у відповідній таблиці вхідних і вихідних інформаційних потоків та у створеному алгоритмі функціонування спроектованого пристрою в наступному розділі даної пояснювальної записки.

3.6 Акумуляторна батарея для контролера міні електростанції

На сьогодні на світовому ринку представлено багато різних типів акумуляторів. Зокрема, у автомобілях із двигунами внутрішнього згорання найбільш поширеними є кислотні акумуляторні батареї «відкритого типу» з рідким електролітом. Вони призначені переважно для видачі високого пускового струму на стартер протягом невеликого проміжку часу (кілька секунд) та живлення всіх систем автомобіля при непрацюючому двигуні із відносно невеликим струмом споживання. Такі акумуляуючі електричні пристрої погано працюють в умовах слідування періодичних циклів глибокого їхнього розрядження та послідуючого заряджання. До того ж такий режим різко скорочує термін експлуатації кислотних акумуляторів.

Для сонячних електростанцій характерний саме періодичний циклічний режим функціонування акумулятора із його частим глибоким розрядженням.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Тому для сонячної мініелектростанції бажано вибирати акумуляторну батарею глибокого циклу повільного розряду – гелеву, літєву або подібну до них. Однак наша розробка буде успішно працювати й із типовими кислотними автомобільними акумуляторами, якщо не допускати при цьому їх часту глибоку розрядку. Зрозуміло, що номінальна ЕРС любого із вибраного типу акумулятора має бути +12 В.

Відмітимо також, що для різних типів акумуляторних батарей характерні різні оптимальні режими проведення процесу їх заряджання. Тому програмувати спроектований нами контролер слід саме під той тип акумулятора, який буде застосований в мініелектростанції.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

4 ПРОЕКТУВАННЯ ГРАФІЧНИХ СХЕМ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КОНТРОЛЕРА

4.1 Структурна схема і схеми енергетичних та інформаційних потоків міні електростанції

Відповідно із дослідженнями попередніх розділів складаємо структурну схему проєктованого контролера, кінцевий вигляд якої наведено в додатку А роботи.

Модель розробленого нами автоматичного контролера заряджання акумуляторів має забезпечувати протікання двох типів потоків: енергетичного та інформаційного. Обслуговування матеріальних потоків спроектованим пристроєм не передбачається.

Відповідно до проведених нами досліджень, критичного аналізу їх результатів, розробленої базової концепції мініелектростанції та основних вимог до проєктованої в роботі моделі контролера, відтворимо загальні схеми розповсюдження інформації й енергії в розроблювальному пристрої. Результат даної роботи наведений в додатках Б і В у вигляді двох стандартних структурних схем із інформаційними і енергетичними потоками.

Відповідно із наведеною схемою енергетичних потоків (додаток Б) у проєктованому пристрої слід поетапно враховувати протікання таких енергетичних процесів:

- 1 - перетворення поступаючої на фотобатарею енергії сонячного випромінювання на електричну енергію постійного струму;
- 2 – перетікання виробленої електричної енергії від СБ до модуля контролю та керування;
- 3 – керована передача електричної енергії до акумуляторної батареї;
- 4 – акумулявання виробленої мініелектростанцією енергії в акумуляторі;

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- 5 – використання накопиченої електричної енергії акумулятора споживачами постійного струму.

До 5-го потоку відноситься й живлення електроенергією всіх електронних компонент проєктованого контролера.

Функціонування створеної моделі контролера заряджання акумулятора здійснюється за рахунок таких інформаційних процесів (див. додаток В):

- постійний контроль величини сили струму заряджання в енергетичному потоці 1 від СБ за допомогою давача струму;
- неперервний збір інформації МК про процеси проходження електричної енергії від СБ до акумуляторної батареї;
- періодичний обмін сигналами між МК модуля N3540 та модулем контролю й керування;
- постійний моніторинг величини ЕРС акумулятора;
- генерування необхідних сигналів та надання їх користувачу відповідно до текучих параметрів функціонування мініелектростанції та про виникнення нештатних ситуацій в ній.

Оптимізація організації та взаємне узгодження відмічених потоків є важливим завданням процесу проєктування контролера зарядки нашої кваліфікаційної роботи.

Згідно з технічними вимогами, енергетичні потоки проєктованого контролера забезпечуються сучасними двопровідними кабелями із необхідним перерізом для напруги до 20 В та силою струму до 10 А. Слід врахувати, що переважну більшість даних кабелів користувачі будуть прокладати на відкритому ґрунті при розгортанні портативної міні електростанції. Тому при виборі кабелів слід особливо враховувати їхні електричні властивості, механічну міцність та стійкість до багаторазових мобільних скручувань. Ще одним застереженням є те, що кабель для прямого підключання потужних споживачів до акумуляторної батареї має бути розрахованим на споживаний струм до 25 А (максимальна споживана потужність біля 300 Вт).

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Інформаційні потоки технічно забезпечуються ізольованими багатожильними сучасними провідними шлейфами, які використовуються для малопотужних цифрових сигналів із 5-ти вольтовою TTL-логікою. Особливими є інформаційні потоки між користувачем міні електростанції та модулем мікроконтролера Arduino – вони здійснюються за інтерфейсними правилами побудови взаємодії людини з різною цифровою технікою. У даному розрізі основним шляхом інформаційного обміну є візуальні та звукові канали за прикладом комп'ютерів та дисплеїв контролерів.

На схемі енергетичних потоків нами на вказувалися обслуговуючі службові лінії живлення електричною енергією всіх електронних компонентів проєктованого пристрою. Вони будуть уведені в розгляд у процесі розробки нами інших графічних схем даної роботи. Тут лиш відмітимо, що всі модулі контролера є малопотужними модулями із ЕРС живлення + 5В постійного стабілізованого струму. Відповідно, для даних ліній подачі енергії живлення достатнім є використання малопотужних електричних кабелів.

Наведені вище структурна схема і схеми енергетичних та інформаційних потоків описують практично всі функціональні процеси при роботі міні електростанції та її системи керування на основі спроектованого мікроконтролера.

4.2 Розробка електричної принципової схеми контролера

При розробці принципової схеми використаємо розроблені вище схеми енергетичних та інформаційних потоків міні електростанції і наявну технічну документацію фірм-виробників на ті електронні модулі, які задіяні у проєктованому нами контролері. Результатом представлення креслення такої схеми у програмній оболонці комп'ютерної графіки AutoCad є кінцевий варіант, який наведений у додатку Г нашої пояснювальної записки.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Відповідно із особливістю функціонування проєктованого контролера, на принциповій схемі нами розділено електричні лінії проходження кількох незалежних енергетичних потоків:

- першого потоку заряджання акумуляторної батареї;
- другого потоку живлення електричною енергією електронних модулів контролера;
- третій потік живлення споживачів від акумулятора.

Електричне коло першого потоку енергії проходить від СБ через низькоомний канал давача сили струму і далі через контакти комутуючого реле модуля давача напряму слідує до акумуляторної батареї.

Електрична лінія другого потоку надає робочу напругу електричного живлення +5 В на всі електронні модулі та компоненти проєктованого пристрою. Така напруга формується від вихідної ЕРС СБ при допомозі лінійного перетворювача-стабілізатора постійного струму модуля мікроконтролера Arduino. Для цього ми з'єднали позитивну клему виходу СБ із піном VIN модуля. Вибране нами технічне рішення є виправданим, оскільки на вхідному піні VIN модуля Arduino Nano допустимо подавати напруги до +24 В, що суттєво перевищує максимальні ЕРС СБ порядку +10 В.

Аналогічним чином здійснюється й живлення вибраного нами контрольного модуля XY-L10A. Останній також має для цієї цілі вбудований перетворювач-стабілізатор напруги постійного струму. На лінійний вхід цього перетворювача підводиться ЕРС від виходу СБ, а з виходу перетворювача знімається необхідна стабілізована напруга +5 В. Дана напруга живить електричною енергією всі електронні компоненти контрольного модуля XY-L10A. Вибраний нами спосіб живлення визначає важливу особливість експлуатації пристрою XY-L10A: він перестав функціонувати, якщо СБ буде генерувати ЕРС з величиною, меншою за +5 В. Така особливість зумовлена тим, що рівень вхідної ЕРС менше +5 В не достатній для надійного живлення компонентів модуля XY-L10A.

Електричні кола третього енергетичного потоку формуються потужним перетворювачем постійного струму. Він перетворює вхідну ЕРС +12 В

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

аккумуляторної батареї на стабілізовану напругу +5 В. Остання є джерелом електричної енергії для трьох вихідних USB портів. Крім того, до цього потоку добавляються з'єднання через запобіжники клем аккумуляторної батареї із двома рознімачами типу «запальничка» та однією парою спеціальних клем для підключення потужних споживачів до 300 Вт.

Основні інформаційні потоки у проєктованому контролері формуються у двох давачах силу струму: один на вихіді СБ і один на виході аккумуляторної батареї. Сформовані цими давачами дані поступають з їхньої клеми OUT і подається на вбудовані аналогово-цифрові перетворювачі модуля мікроконтролера Arduino. Залежно від величини напруги на своєму аналоговому піні мікроконтролер буде генерувати на відповідних цифрових пінах вихідні керуючі сигнали. Останні подаватимуться на інформаційні світлодіодні індикатори, а при необхідності і на зумер звукового сигналу. Логіка роботи мікроконтролера при різних сигналах на його аналогових входах буде задаватися тим алгоритмом, який покладений в основу програми мікроконтролера. Даний алгоритм розроблений нами і буде представлений нижче. Він встановлює дії контролера в тих ситуаціях, які є найбільш типовими при роботі міні електростанції.

Крім того, значна частина інформації про роботу контролера формується його контрольним модулем XY-L10A. Дана інформація відображається на дисплеї даного модуля. Тому ми вважаємо не доцільним вводити ще один дисплей у проєктованому контролері. Додаткова інформація про режими роботи портативної міні електростанції буде відображатися світлодіодними індикаторами та звуковим зумером.

4.3 Формування таблиці вхідних та вихідних інформаційних сигналів

Важливим підготовчим етапом процесу розробки алгоритму та створення програми керування проєктованим контролером зарядки аккумуляторів є формування таблиці, у якій встановлюються відповідності між різними вхідними

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

та вихідними сигналами, які можуть бути реалізовані при функціонуванні нашого контролера. Така інформація наведена нами в табл. 4.1. Дана таблиця містить основні випадки, які можуть трапитися при експлуатації портативної міні електростанції.

Таблиця 4.1 – Відповідності між різними вхідним та вихідними сигнали проектного контролера

Параметр	Номінальні значення	Відображення			Регулювання	Керуючий вплив
		Показ	Індикація	Сигналізація		
Сила струму заряджання	Від 0 до 10 А	-	+	+	-	Видача звукового сигналу
Напруга на акумуляторі	Від 11 В до 15 В	+	-	+	-	Видача на дисплей
Час заряджання	Від 0 до 100 год	+	-	-	+	Видача на дисплей
Ступінь розряджання акумулятора	Від 0 до 100 %	+	-	-	-	Видача на дисплей
Мінімальний струм зарядки	0,5 А	-	+	+	-	Видача на індикатор і зумер
Оптимальні струми зарядки	Від 0,5 А до 5 А	-	+	+	-	Видача на індикатор
Максимальний струм зарядки	10А	-	+	+	-	Видача на індикатор і зумер

4.4 Розробка алгоритму для програми керування роботою контролера

При розробці алгоритму ми поділимо його на дві основні змістовні частини. Перша частина відповідає за початкову інсталяцію головних модулів проектного пристрою. При її проведенні в пам'ять мікроконтролера

записуються всі ті параметри, які необхідні мікроконтролеру для виконання ним основної програми керування міні електростанцією. Тут відмітимо, що для використаного нами модуля ХУ-L10А така програма вже зашита в його постійній пам'яті фірмою виробником. Для модуля мікроконтролера N340 початкова інсталяція проводиться шляхом запису в його постійну пам'ять створеної програми, яка реалізує наш алгоритм. При написанні даної програми всі необхідні параметри будуть встановлені в ній у вигляді відповідних констант згідно із таблицею 4.1.

Друга частина створеного алгоритму відповідає програмі дій мікроконтролера модуля Arduino відносно керування контролером заряджання. Ця частина алгоритму є основним об'єктом нашої розробки, яка наводиться в даному підрозділі кваліфікаційної роботи. При описі черговості і особливостей роботи розробленого алгоритму будемо посилалися на його схему, наведену в додатку Д.

Згідно зі створеною електричною принциповою схемою нашого контролера, він автоматично починає свою роботу, якщо на його енергетичний вхід надходить достатня за величиною ЕРС СБ. У такому випадку мікроконтролер відразу розпочинає контролювати наявність струму заряджання акумулятора і його величину. У залежності від вимірюваного значення сили струму мікроконтролер виділяє кілька можливих різних ситуацій. На кожен із цих ситуацій спроектований нами контролер генерує відповідні сигнали керування:

- якщо струм заряджання акумулятора відсутній або його сила нижча мінімального заданого рівня, то контролер вмикає індикатор білого кольору свічення та генерує звуковий сигнал з частотою біля 500 Гц;
- якщо сила струму заряджання знаходиться в допустимих межах оптимального режиму, то вмикається індикатор зеленого кольору свічення;
- якщо режим заряджання акумулятора виходить за межі оптимального фіксованого діапазону, але не перевищує технологічно дозволеної максимальної величини, тоді контролер вмикає червоний світлодіодний індикатор та запускає внутрішній таймер мікроконтролера;

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- якщо попередня ситуація не зникає протягом 30 хвилин, то червоний індикатор починає мигтати з частотою 2 Гц, а зумер генерує звуковий сигнал з частотою 2 кГц;

- якщо сила струму заряджання стає більша максимальної дозволеної величини, то червоний світлодіодний індикатор продовжує мигтати, а зумер видає почергово звукові сигнали з частотами 500 Гц та 2000 кГц тривалістю 5 с кожний;

- і нарешті, якщо споживаний споживачами від акумуляторної батареї струм зростає вище допустимої величини 25 А, то контролер вмикає сигнал «сирена».

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5 НАЛАШТУВАННЯ ФУНКЦІЙ КОНТРОЛЕРА

5.1 Встановлення базових параметрів інтерфейсу контролера

Початок експлуатації спроектованого автоматичного контролера розпочинається з його початкової інсталяції. При її виконанні необхідно, по перше, встановити всі вхідні параметри роботи основних електронних компонент контролера і, по друге, - провести початкову інсталяцію всієї міні електростанції в цілому. При цьому відмітимо, що вибрані нами компоненти контролера є сучасними «розумними» електронними модулями, які дозволяють програмно варіювати їх стан та оперативно відслідковувати параметри текучого стану в реальному часі.

Перший етап налаштування полягає в інсталяції програми керування контролером заряджання в мікроконтролері модуля Arduino через відповідну програмну оболонку, наприклад, Arduino IDE. Таку інсталяцію достатньо провести один раз на початку експлуатації міні електростанції. Найбільш зручно дану операцію проводити безпосередньо фірмою-виробником спроектованого контролера. Але при цьому передбачити зручний інтерфейс для можливих змін користувачами основних параметрів початкової інсталяції. Тут лише підкреслимо, що встановлювати початкову програму мікроконтролера слід при відключених від модуля Arduino СБ та зовнішньої акумуляторної батареї.

У програмі стартової інсталяції розробникам необхідно врахувати початкові параметри, які встановлені в розробленому нами алгоритмі (додаток Д). Основними із них є максимальна сила струму заряджання акумуляторної батареї (дана величина встановлена нашим проектом на рівні 10 А) та максимальна сила струму споживання електричної енергій від акумулятора (у нашому проекті це 25 А). Таким чином, розроблений нами контролер можна використовувати лише для систем із малопотужними СБ, пікові вихідні струми від яких менші 10 А. У випадку застосуванні в міні електростанції більш потужних генеруючих СБ у

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

спроектований контролер необхідно вводити нові компоненти, які зможуть контролювати більші величини сили струму заряджання. Це особливо відноситься до пікових режимів функціонування СБ. Ще одним параметром початкової інсталяції є мінімальний струм заряджання, при якому даний процес стає не практичним – у нашому проєкті це струм, менший 0,5 А.

Другим етапом інсталяції є текуче налаштування основних електронних компонентів контролера. Така процедура полягає в завантаженні в пам'ять всіх необхідних кількісних даних процесу функціонування контролера. Ця операція проводиться при допомозі нашого контрольного модуля XY-L10A. При цьому використовуються його керуючі елементи, перелік яких наведено на рис.5.1. Як видно із даного рисунку, на дисплеї контрольного модуля (при подачі на нього електричного живлення від СБ) постійно відображені три базові параметри: текучий стан контрольного модуля (OUT – неробочий контрольний режим, IN – робочий звичайний режим), текуча напруга на акумуляторній батареї U (у вольтах) та ступінь відносного розряду під'єднаної акумуляторної батареї η (у відсотках).

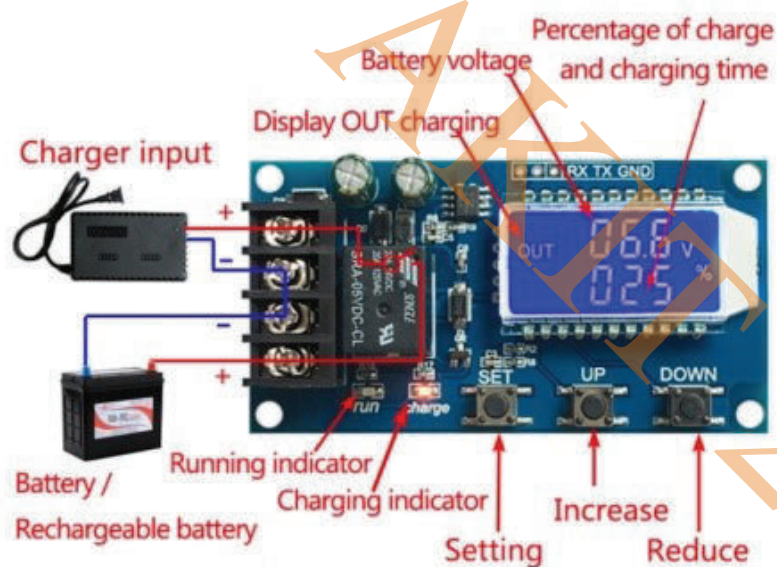


Рисунок 5.1 – Основні елементи керування модуля XY-L10A, які знаходяться на його друкованій платі

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Крім описаного вище постійного режиму індикації, дисплей контрольного модуля також можна використати для перегляду текущего стану роботи міні електростанції. Для цього необхідно проводити перемикання дисплея модуля в інші режими його роботи. Такі операції проводяться за допомогою набору кнопок, які також розміщені на платі модуля XY-L10A (рис.5.1). Програмою передбачено доступ до таких опцій основного інтерфейсу цього модуля:

- коротке натискання на кнопку «SET» забезпечує почерговий перегляд встановлених величин початкової інсталяції;

- коротке натискання кнопки «UP» забезпечує перемикання дисплея з режиму індикації відсотків зарядженості акумулятора на режим відображення інтервалу часу, через який буде завершено процес заряджання при незмінній величині вихідної ЕРС від СБ;

- коротке натискання кнопки «DOWN» відповідає ручному режиму перемикання комутуючого реле, яке з'єднує вихід СБ з акумулятором (у одному стані СБ заряджає акумулятор – звичайний режим відображення дисплея, а у другому стані акумулятор не заряджається – на екрані при цьому буде відображатися нагадування у вигляді напису «OFF»;

- довге натискання кнопки «UP» вводить у дію економний режим малого споживання енергії контролером (у такому режимі, як приклад, може вимикатися підсвітка дисплея контрольного модуля при умові його не активності протягом останніх 10 хвилин);

- тривале утримування кнопки «SET» перемикає контрольний модуль зі звичайного режиму роботи на режим переінсталяції величин його початкових параметрів.

Крім проаналізованого нами постійного робочого режиму дисплея контрольного модуля у стані неперервного моніторингу процесів функціонування міні електростанції, його інтерфейс можна легко перевести і в тимчасовий стан для нового налаштування всіх параметрів контролера заряджання. Даний перехід здійснюється натисканням та утримуванням на протязі кількох секунд кнопки «SET». У результаті на дисплеї з'являється спеціальне меню параметрів

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

установлення, а також виводиться перелік розділів меню, якими може скористатися користувач.

5.2 Налаштування системи контролю експлуатації акумуляторної батареї

На початку використання акумуляторної батареї у складі розробленої нами міні електростанції слід визначити її два допустимі параметри: мінімальну U_L та максимальну U_H напруги на клеммах. За даними двома величинами контролер обраховує та відображає на дисплеї відсотки ступеня зарядженості акумулятора η відповідно із простим співвідношенням:

$$\eta = 100\% \frac{U - U_L}{U_H - U_L},$$

де U – текуча контрольована напруга на акумуляторі.

Максимальна величина напруги U_H використовується також для встановлення моменту часу припинення процесу заряджання акумуляторної батареї.

Відмітимо, що два параметри U_L та U_H поступово змінюються у процесі тривалої експлуатації акумуляторної батареї. Тому необхідно час від часу (але не рідше, ніж один раз на рік) підлаштовувати значення цих величин у пам'яті контролера.

Автоматичний постійний контроль величини верхньої допустимої напруги акумуляторної батареї під час процесу її заряджання можна замінити й іншим альтернативним способом припинення даного процесу – шляхом встановлення необхідного для цього інтервалу часу τ . Однак, такий режим слід встановити та налаштувати шляхом додаткової інсталяції деяких нових параметрів програми нашого контролера.

За умовчанням відмічена функція контролю часу τ відключена у нашому контролері. Для її ініціалізації та налаштування необхідно виконати такі операції:

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- натиснути й кілька секунд утримувати кнопку «SET», що забезпечує вхід у програмне меню проектованого контролера – як результат на екрані дисплея повинен з'явитися надпис «SET»;

- коротким натисканням кнопки «SET» проводиться перемикання параметрів меню до появи на дисплеї опції «Tm»;

- тепер можна встановити інтервал часу τ – його величина має лежати в допустимому діапазоні для нашого контролера від мінімальної величини 1 хвилина (на екрані дисплея це відповідає показам 00:01h) до максимальної величини 100 годин (покази на екрані дисплея – 99:59h). Встановлення інтервалу часу τ проводиться коротким натисканням необхідних кнопок «UP» або «DOWN» блоку керування. При цьому кожне натискання однієї з цих кнопок змінює величину τ на 1 хвилину. Довгим натисканням цих кнопок можна забезпечити швидку зміну величини інтервалу часу τ ;

- встановивши необхідне значення тривалості часу заряджання τ , його слід зафіксувати у програмі й зберегти в пам'яті контрольного модуля. Для цього кнопка «SET» натискається й утримується кілька секунд.

При необхідності можна активізувати виконання й інших важливих функцій спроектованого нами контролера або встановлювати нові програмні параметри його роботи. Для цього використовується аналогічна до описаної вище процедура маніпуляції із кнопками «SET», «UP» і «DOWN» із застосуванням їх короткого та/або довгого натискання.

Серед наявних у розпорядженні інформаційних функцій контролера відмітимо кілька особливо важливих. Одна із них – це запис часового інтервалу повного заряджання акумуляторної батареї t_c . Звичайно, що ця функція доступна у режимі контролю процесу заряджання за величиною верхньої допустимої межі напруги на акумуляторі. Цей інтервал часу відображається на екрані контрольного дисплея мигаючими цифрами, коли оператор чи користувач входить у програмний інтерфейс контролера для режиму встановлення часу τ . Слід відмітити, що величина часу t_c записується на короткий проміжок часу в комірку постійної пам'яті контролера. Дані цієї комірки очищаються кожен раз

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

при виході з інтерфейсу відображення часу заряджання акумуляторної батареї або вмикається «вручну» наступний сеанс її заряджання шляхом замикання контактів комутуючого реле.

Ще однією важливою корисною інформаційною функцією нашого контролера є можливість індикації стану відключення акумуляторної батареї від міні електростанції. Такий режим входить в дію, якщо акумулятор не підключено до контролера, але СБ вже генерує свою ЕРС, яка достатня для забезпечення заряджання акумулятора. У такому випадку на екрані контрольного дисплея у самому нижньому рядку з'явиться повідомлення «nbE». Електричну енергію для забезпечення такої функції спроектований контролер «бере» від СБ.

5.3 Процес функціонування контролера у складі міні електростанції

При використанні портативної міні електростанції функціонування розробленого контролера заряджання можна встановити у двох основних режимах: неперервному та періодичному переривчастому.

У неперервному режимі функціонування, який є штатним для міні електростанції, до контролера має бути постійно під'єднана акумуляторна батарея. Відповідно, такий режим фіксується завдяки присутності на вихідних клеммах контролера ЕРС акумулятора (або його напруги). Якщо реалізується такий режим, то після припинення контролером текучого сеансу процесу заряджання акумуляторної батареї в попередньому сеансі роботи відбувається його перехід у «сплячий» режим. У даному режимі контролер продовжує постійно відслідковувати величину текучої напруги U на акумуляторній батареї. У випадку, якщо вона знижується до нижнього допустимого рівня U_L , контролер перевіряє наявність на своєму вході ЕРС від СБ та вимірює її величину. Якщо значення вхідної напруги відповідає електричним умовам для проведення чергового процесу заряджання акумуляторної батареї, то програма контролера замикає контакти керуючого реле, які комутують кола заряджання акумулятора на

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

вихідну ЕРС СБ. У послідуєчому, у залежності від реалізованих у системі умов, можливі різні основні варіанти розвитку подій.

Перший, найбільш вживаний практичний сценарій реалізується у тому випадку, якщо функція контролю інтервалу часу заряджання акумулятора вимкнена. Тоді встановлений процес заряджання неперервно протікає до тих пір, поки напруга на акумуляторі U не досягне верхнього допустимого значення U_H .

Другий можливий сценарій протікає при увімкненій користувачем функції контролю часу заряджання τ та справності всіх елементів і блоків міні електростанції. Тоді програма контролера вмикає його внутрішній таймер. Після цього контролер проводить процес заряджання акумулятора до тих пір, поки не закінчиться встановлена в його пам'яті величина інтервалу часу τ . При цьому контролер періодично контролює виконання важливої умови – величина напруги на клеммах акумуляторної батареї лежить в дозволених межах від U_L до U_H . Якщо дана умова порушена, то контролер генерує відповідні інформаційні сигнали про виникнення нештатних ситуацій у функціонування міні електростанції. Якщо ж відмічена вище умова постійно виконується, то після закінчення часу τ контролер розмикає контакти комутуючого реле не залежно від того, яку напругу досягнуто на клеммах акумулятора. Закінчивши свої функції контролер знову переходить у «сплячий» режим і «очікує» дії користувача щодо початку нового сеансу своєї роботи.

Третій сценарій роботи реалізується, якщо користувачем увімкнена функція контролю інтервалу часу повного заряджання, але систем керування виявила певну несправність в елементах та модулях міні електростанції. Тоді навіть після закінчення процесу заряджання поточна напруга акумуляторної батареї може бути нижча за нижню межу граничної допустимої напруги U_L . У такому випадку розроблений нами контролер автоматично вимкне встановлену функцію контролю повного часу зарядки, роз'єднає контакти комутуючого реле, виведе на екран дисплея миготливий інформаційний надпис «Error» та почне видавати тихий звуковий сигнал для повідомлення користувача про виниклі неполадки в роботі міні електростанції, які, по можливості, слід усунути. Для припинення видачі

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

контролером сигналів нештатної ситуації достатньо натиснути будь-яку його клавішу. Якщо відповідна реакція користувача не наступить протягом 10 хвилин генерації сигналів аварійного стану, то контролер збереже параметри виниклого аварійного стану у своїй тимчасовій пам'яті та перейде у сплячий режим. Для відтворення робочого режиму функціонування контролера в даній ситуації слід від'єднати на кілька секунд від міні електростанції акумуляторну батарею, після чого знову під'єднати її до системи.

Переривчастий режим функціонування міні електростанції відбувається при одноразових циклах її використання для поповнення електричної енергії акумуляторною батареєю в міру необхідності. У такому режимі моменти початку заряджання акумулятора та закінчення його заряджання контролює як контролер (за описаними нами вище кількома сценаріями), так і сам користувач електростанції.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

ВИСНОВКИ

У результаті виконання магістерської роботи:

1. Проведено критичний аналіз перспектив та наявних проблем розвитку сучасних мобільних сонячних міні електростанцій. Виявлено, що дані системи вимагають наявності у своєму складі автоматичних «розумних» пристроїв, які можуть контролювати всі процеси штатного функціонування сонячних генеруючих фотобатарей, накопичувальних акумуляторних батарей та споживачів електричної енергії.

2. Досліджено позитивні та негативні сторони наявних на сучасному ринку мобільних міні електростанцій. На основі аналізу результатів досліджень розроблено технічну концепцію до проектування контролерів заряджання акумуляторних батарей та визначено базові параметри високоефективних сонячних батарей, які можуть служити генеруючими компонентами міні електростанції.

3. Підібрано сучасні електронні компоненти для проектованого контролера керування функціонуванням мобільної сонячної міні електростанції. Більшість таких компонент вибрано у вигляді готових простих модулів, основними із яких є модуль контролю процесів зарядки, модуль давачів сили струму та модуль мікроконтролера Arduino.

4. Розроблено структурну схему контролера заряджання акумуляторної батареї.

5. Розроблено схеми енергетичних та інформаційних потоків, які протікають при роботі міні електростанції. Визначено основні вхідні сигнали, які обробляє мікроконтролер розробленого пристрою, та визначено ті керуючі дії, виконання яких мікроконтролер ініціює за відповідними вхідними сигналами.

6. Розроблено алгоритм функціонування системи керування міні електростанцією для послідуячого написання програми для мікроконтролера.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

6. Спроектована й накреслена методами комп'ютерної графіки електрична принципова схема контролера заряджання, Виконані основні розрахунки технічних параметрів окремих компонент контролера заряджання.

7. Розроблена інструкція користувача для налаштування базових параметрів функціонування контролера заряджання акумуляторних батарей у складі міні електростанції.

8. Визначено основні технічні параметри портативної сонячної міні електростанції із спроектованою системою керування:

Сонячна батарея:

- максимальна величина ЕРС біля 18 В;
- сила вихідного струму режиму короткого замикання біля 9 А;
- пікова спроектована потужність біля 140 Вт;
- габаритні розміри у транспортному положенні приблизно 40 см на 40 см на 7 см.

Акумуляторна батарея:

- номінальна величина ЕРС $E = 12$ В;
- електрична номінальна ємність C_E не менше 100 А·год;
- внутрішній опір $r \approx 0,1$ Ом;
- максимальний струм заряджання акумулятора не більше 10 А;
- середнє споживання протягом години потужність не менше 720 Вт;
- енергія, яка віддається за один цикл розрядки, не менше 2,6 МДж;
- середнє добове споживання від акумулятора енергії не менше 1,3 МДж.

Споживачі:

- максимальна споживана потужність не більше 300 Вт;
- три стандартні USB-порти зі стабілізованою вихідною ЕРС +5 В;
- два прості рознімачі типу «автомобільна запальничка» з ЕРС +12 В;
- один порт клем прямого під'єднання до акумулятора (для споживачів потужністю більше 100 Вт).

Інформаційні функції контролера:

- індикація вихідного фотоструму сонячної батареї;

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- індикація струму заряджання акумуляторної батареї;
- видача звукового сигналу при зменшенні величини сили фотоструму заряджання нижче критичного рівня;
- генерування звукового сигналу при досягненні акумуляторною батареєю критичної розрядки;
- сигналізація звуковим сигналом перевищення величини потужності сумарного споживання електричної енергії від акумуляторної батареї.
- проста можливість задавати та в будь-який момент мобільно коректувати критичні значення величин, які перераховані вище в даному переліку, із використанням «дружнього» для користувачів інтерфейсу;
- встановлення мінімальної та максимальної допустимих робочих напруг акумулятора міні електростанції;
- встановлення інтервалу часу заряджання акумулятора.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Автономні системи вироблення електроенергії. Електронний ресурс – режим доступу: <https://solar-tech.com.ua/>.
2. Джерела, виробництво, передача та використання енергії. Електронний ресурс – режим доступу: <https://meblus.kiev.ua/>
3. Міні електростанція «Турист SHS-107R». Електронний ресурс – режим доступу: <https://sunservis.com.ua/ua/p1439079813-perenosnaya-solnechnaya-elektrostantsiya.html>.
4. Jason Wynn. Flexible solar issues revealed – our one year review. Електронний ресурс – режим доступу: <https://www.gonewiththewynns.com/flexible-rv-solar-issues-review#comments>.
5. Каштанов В. П., Титов В. В., Усков А. Ф. Свинцеві акумуляторні батареї. Суми.: Ліра, 1999.- С.21-23.
6. Обслуговування акумуляторів. Електронний ресурс – режим доступу: <https://vianor.ua/poslugi/obslugovuvannia-akumuliator-v/>.
7. Data Sheet Nano Crystalline Solar Cell SC-M156/ Neo Solar Power – 2019.
8. DataSheet XY-L10F. Електронний ресурс – режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/xy-110a-datasheet.pdf>.
9. Модуль Arduino Nano. Електронний ресурс – режим доступу: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p>.
10. Data Sheet ACS712ELC-20A/ Електронний ресурс – режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Acs712%20datasheet/>.
11. Лисенко Л.І. Фактори впливу на ефективність сонячних колекторів та фотоелектричних панелей в Харківській області. / Л.І. Лисенко, К.В. Махотіло, Д.М. Косатий. – Харків: Вісник НТУ «ХП». 2013. № 59(1032) – С. 101-111. (3)
12. Jain P., Kaur T. Optimization of Solar PV System and Analysis of TiltAngle // ACM Conf. Proc. Energy IS. 2015. P. 14–17.

					КМР.АКІТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

13. Вербицкий С. В. Энергозбереження і енергоефективність. Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи». - К.: НТУУ“КПІ”, 2014. – 106 с.

АКТ 2023

АКТ 2023

					КМР.АКТ.10550670.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68