

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка та дослідження автономної системи
енергозабезпечення для будинку

Виконав: студент II курсу, групи 8.1532
спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Гриневицький В'ячеслав Валерійович
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент,
к.т.н., Небеснюк Оксана Юріївна
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент інженер ТОВ «НВП Імпульс»
Кузько А.О.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потебні**

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти другий (магістерський)

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 176 Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи

(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т. В. Критська

« 30 » листопада 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гриневицькому В'ячеславу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкту) Розробка та дослідження автономної системи енергозабезпечення для будинку

керівник роботи Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від "01" травня 2023 року № 639-с

2. Строк подання студентом роботи 30.11 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: система управління автономним електроживленням будинку: мікроконтролер Atmel Atmega 32; вживана потужність системи до 4 кВт з використанням енергії вітра та сонця.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Дослідження систем автономного живлення будинку 2 Розробка комплексу автономного енергозабезпечення житлового будинку 3 Техніко-економічне обґрунтування 4 Охорона праці та техногенна безпека

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

A4 Середні показники споживання енергоресурсів приватного будинку. Функціональна схема системи управління автономним електроживленням будинку. Вибір елементної бази. Параметри вітрообстановки у м. Запоріжжя. Безтрансформаторний інвертор. Структурна схема керуючого модуля та рідкокристалічного індикатора. Алгоритм роботи вимірювача частоти обертів. Схема електрична принципова. Модель БАІН. Результати моделювання БАІН в середовищі MicroCap

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	24.10.22	17.02.23
II	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	17.02.23	20.10.23
III	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	23.10.23	30.10.23
IV	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	01.11.23	16.11.23

7. Дата видачі завдання 24.10.2022р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	<i>Аналіз матеріалу за темою кваліфікаційної роботи</i>	24.10. -28.11.22	
2	<i>Аналіз систем автономного енергоживлення будинку</i>	28.11.22 - 17.02.23	
3	<i>Розробка структурної схеми системи управління та вибір елементної бази</i>	17.02. -04.04.23	
4	<i>Розробка схеми електричної принципової та програмного забезпечення</i>	04.04-30.08.23	
5	<i>Оформлення другого розділу</i>	01.09 -20.10.23	
6	<i>Розділ «Техніко-економічне обґрунтування»</i>	23.10-30.10.23	
7	<i>Розділ «Охорона праці та техногенна безпека»</i>	01.11. -16.11.23	
8	<i>Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень</i>	20.11. -27.11.23	

Студент _____ Гриневицький В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи (проєкту) _____ Небеснюк О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)**Нормоконтроль пройдено**Нормоконтролер _____ Верьовкін Л. Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 110 сторінок, 33 рисунки, 20 таблиць, 1 додаток, 28 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – автономні системи живлення будинків

Ціль роботи – розробити та дослідити систему енергозабезпечення будинку.

Задачі роботи – дослідити приклади систем енергозабезпечення будинків; провести розробку функціональної схеми системи живлення будинку; провести аналіз, розрахунки та обрати генеруючі та накопичувальні компоненти за заданими критеріями, розробити цифровий модуль управління системою.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено структурну та електричну принципову схеми приладу управління, який дозволяє виконати повністю автономне енергоживлення приватного будинку с вживаною потужністю до 4 кВт, при використанні енергії вітра та сонця.

Методика дослідження – моделювання в середовищі Micro Cap. Для програмування мікроконтролера застосоване середовище AVR Studio.

Результати впровадження – система пройшла випробування на кафедрі ЕІСПЗ

Прогнозні пропозиції – результати роботи можуть бути застосовані для конструювання більш сучасних систем з розширеним функціоналом.

**СИСТЕМА ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ,
ВІТРОГЕНЕРАТОР, ВИПРЯМЛЯЧ, ІНВЕРТОР, МОДУЛЬ УПРАВЛІННЯ,
СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ**

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.11.2022 по 30.11.2023.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
1 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ	7
1.1 Загальна характеристика житлового будинку	7
1.2 Генеруючі та накопичувальні частини системи	8
1.2.1 Вітрогенератори	9
1.2.2 Сонячні батареї.....	13
1.2.3 Бензинові генератори.....	15
1.3 Системи перетворення та управління.....	21
1.3.1 Інвертори	22
1.3.2 Випрямлячі.....	24
1.3.3 Цифрові модулі управління.....	27
2 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	29
2.1 Розробка функціональної схеми системи автономного живлення будинку	29
2.2 Обґрунтування вибору компонентів системи автономного живлення будинку.....	30
2.2.1 Обґрунтування вибору сонячних батарей	31
2.2.2 Обґрунтування вибору вітроенергетичної установки.....	33
2.2.3 Обґрунтування вибору перетворювальних систем	35
2.2.4 Обґрунтування накопичувальних складових	38
2.3 Розробка системи управління.....	40
2.3.1 Імпульсні перетворювачі постійної напруги	42
2.3.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера для системи управління	49

2.3.3 Особливості датчика швидкості обертання вала генератора	52
2.3.4 Обґрунтування вибору блоку індикації	53
2.4 Розробка схеми електричної принципової системи	56
2.4.1 Розрахунок надійності блоку управління	59
2.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення для розробки програми у кодї мікроконтролера	60
2.5.1 Розробка алгоритму роботи лічильника обертів	61
2.5.2 Розробка алгоритму роботи вольт-амперметра	63
2.5.3 Розробка алгоритму формування імпульсів управління інвертора	64
2.6 Моделювання інвертора у середовищі Micro Cap	65
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	69
3.1 Огляд мікроконтролерів	69
3.2 Порівняльний аналіз мікроконтролерів за критеріями	72
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	77
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	77
4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих факторів	78
4.3 Виробнича санітарія	79
4.4 Електробезпека	81
4.4.1 Розрахунок захисного заземлення	82
4.5 Заходи пожежної безпеки	86
4.5.1 Блискавкозахист будівлі	87
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	88
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	89
Додаток А	92

ВСТУП

Під час російської агресії питання автономного енергоживлення власної оселі з використанням альтернативних джерел енергії є вкрай актуальним питанням.

До таких природніх (альтернативним) джерел енергії, в першу чергу, відносяться сонячні батареї і вітрогенератори. Сонячні батареї (фотоелектричні модулі) виробляють електричний струм, перетворюючи в нього енергію фотонів сонячного випромінювання. Вітряні електростанції, за рахунок обертання лопатей вітрогенератора, перетворюють в електричний струм механічну енергію вітру [1].

Обидва ці способи отримання електроенергії є на сьогодні найбільш екологічно безпечними для довкілля. Вони також актуальні у зв'язку з тим, що якість і тривалість життя людини безпосередньо залежать від екосистеми, в якій він мешкає. І чистота навколишнього повітря тут має важливе значення. [1].

Якість електроенергії, що виробляється автономною системою живлення, має параметри не гірше, а іноді і краще, ніж в централізованій мережі. Це особливо важливо при використанні їх як джерел енергії для об'єктів, оснащених устаткуванням, чутливим до якості електроенергії, наприклад – газовий котел з цифровою системою регулювання.

Тому завдання проектування автономної системи живлення будинку є актуальним.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ

1.1 Загальна характеристика житлового будинку

Житловий будинок (котедж) на одну родину (загальна площа 150м²) споживає електроенергію (постачальник - ТОВ «Запоріжжяелектропостачання»), питну воду (постачальник - державне комунальне підприємство "Водоканал"), та природний газ (постачальник - державне підприємство "ЗапоріжГАЗ"),

Плата за спожиті енергоресурси здійснюється щомісячно, на основі рахунків від енергозабезпечуючих організацій. У таблиці 1.1 приведені основні показники споживання енергоресурсів за період 2020-2022 р.р. Енергопостачання у житлових будинках приватного сектору як правило здійснюється дуже не задовільно і досить нестабільно. Також проблемою є дорожчання енергоресурсів.

Таблиця 1.1 – Середні показники споживання енергоресурсів приватного будинку

№	Найменування енергоресурсу	2020 р.	2021 р.	2022 р.
1	Електроенергія, середньо у місяць, (кВт/год)	215	220	219
2	Холодна вода, середньо у місяць, (м ³)	7,5	7	6,8
3	Природний газ, середньо у місяць, (м ³)	370	400	390

В будинку встановлено багато різноманітних електроспоживачів. Параметри електроспоживачів зведено у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Параметри електроспоживачів будинку

№	Найменування електроспоживача	Кількість	Загальна потужність, Вт
1	Холодильник	1	40
2	Телевізор	2	20
3	Персональний комп'ютер	2	500
4	Газовий двоконтурний котел (система управління)	1	20
5	Освітлення (світлодіодне)	20	200
6	НВЧ пічка	1	2000
7	Пральна машина	1	2500
		Разом	5280

При умові що усі електроспоживачі працюють, загальна потужність складає 5280 Вт. Слід зауважити, що така ситуація є маловірогідною.

1.2 Генеруючі та накопичувальні частини системи

Автономна система електроживлення будинку нині є найтехнологічнішою і складнішою. Це обумовлено тим, що окрім технологічності цих пристроїв, які здатні виробляти електричний струм, існує і значний за об'ємом комплекс допоміжного, але необхідного устаткування. Його призначенням є накопичення і переробка електричної енергії в абсолютно придатний для побутових приладів електричний струм [1].

Систему автономного живлення будинку можна розділити на три головні частини:

а) джерело, що виробляє електроенергію, яким найчастіше виступають вітрогенератор, сонячні батареї та інші джерела низьковольтного струму;

б) масивна і об'ємна накопичувальна частина, яка представлена блоком акумуляторів;

с) система перетворення та управління, в основу роботи якої покладений принцип дії інвертора. Він є тією необхідною частиною системи, яка певним чином здатна перетворювати низьку напругу у більш високу [1].

1.2.1 Вітрогенератори

Вітроенергетика – галузь енергетики, що спеціалізується на використанні енергії вітру – кінетичній енергії повітряних мас в атмосфері. Енергію вітра відносять до поновлюваних видів енергії, оскільки вона є наслідком діяльності сонця. Вітроенергетика є галуззю, що бурхливо розвивається, так у кінці 2012 року загальна встановлена потужність усіх вітрогенераторів склала 157 гігаватт, збільшившись ушестеро з 2005 року [2].

Сучасні вітрогенератори працюють при швидкостях вітру 3-25 м/с. Потужність вітрогенератора залежить від площі, що замітається лопатями генератора [2].

Найбільше поширення у світі отримала конструкція вітрогенератора з трьома лопатями (рисунки 1.1) і горизонтальною віссю обертання, хоча подекуди ще зустрічаються і дволопатеві [2].

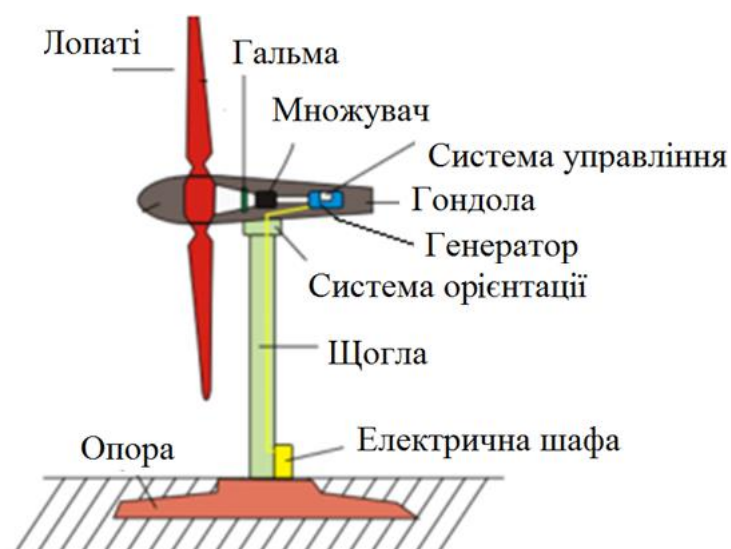


Рисунок 1.1 – Конструкція вітрогенератора

Робота вітрогенератора потужністю 1 МВт за 20 років експлуатації дозволяє заощадити приблизно 29 тис. тонн вугілля або 92 тис. баррелів нафти [2].

Собівартість електрики, що виробляється вітрогенераторами, залежить від швидкості вітру і складає за американськими даними \$0.026-0.048/кВт·год. При подвоєнні встановлених потужностей вітрогенерації собівартість вироблюваної електрики падає на 15% [2].

Вітрогенератор потужністю 1 МВт скорочує щорічні викиди в атмосферу 1800 тонн CO₂, 9 тонн SO₂, 4 тонн оксидів азоту [2].

Основними класифікаційними ознаками структур вітрогенераторів, можна вважати:

- а) встановлену потужність;
- б) віротурбіни що використовуються;
- в) систему передачі потужності;
- г) спосіб керування моментом і потужністю;
- д) режими роботи;
- е) співвідношення потужності вітрогенератора і потужності енергосистеми [3].

Частина цих класифікаційних ознак не відноситься безпосередньо до електроустаткування, проте, всі вони впливають на структуру і вибір параметрів електроустаткування.

Огляд типів електроустаткування проведемо, розглядаючи декілька класифікацій. Часто зустрічається класифікація по співвідношенню потужності вітрогенератора і енергосистеми згідно цій класифікації вітрогенератори діляться на три класи.

Клас А. Потужність вітрогенератора більше або дорівнює, в середньому, п'яти потужностям мережі. До цього класу відносяться вітрогенератори, непідключені до єдиної енергосистеми. Залежно від застосування, такі вітрогенератори звично комплектуються невеликими акумулюючими пристроями. Частота вихідної напруги, як правило, не стабілізована. Вони застосовуються в основному для освітлення, електроживлення сигнальних пристроїв і засобів зв'язку. Потужність таких вітрогенераторів – не більш 5-10кВт. Якщо ж вітрогенератор використовуються для опалювання, то їх потужність складає до 20 кВт [3].

Клас В. Потужність цих вітрогенераторів дорівнює потужності мережі. Як правило, такі вітрогенератори входять до складу локальних енергосистем окремих районів, наприклад, острівних, відрізаних від основної енергосистеми природними перешкодами: морем, болотистою місцевістю і т.д. Найекономічніше в цьому випадку комбіноване застосування вітрогенераторів з бензиновими або дизель генераторами. При цьому вітрогенератори розглядаються як засіб економії рідкого палива. Параметри вихідної напруги в таких системах достатньо стабільні. У системах класу В ефективніше застосування великих акумулюючих пристроїв і споруд, таких як водневі акумулятори і невеликі гідроакumuлюючі станції [3].

Клас С. Потужність мережі значно перевищує встановлену потужність вітрогенератора. Такі вітрогенератори відносяться до

системної вітроенергетики. Вони здатні зробити вплив на стан енергетичного балансу великого регіону або навіть країни. У класі С доцільно застосування вітрогенератори зі встановленою потужністю від 100 кВт до декілька мегават. При цьому загострюються проблеми, пов'язані з геометричними розмірами, виникають напружені режими роботи механічних частин [3].

У цьому класі можливо досягнення якнайкращих техніко-економічних показників. При випадковому характері швидкості вітрового потоку і споживання електричної енергії необхідне дотримання балансу потужності. У класах А і В для цієї мети необхідні акумулятори, або додаткові генераторні пристрої, а їх вартість приблизна до вартості вітрогенератора. У класі С баланс потужності здійснюється за рахунок енергосистеми, що значно економічніше.

Ще одна, з класифікацій, що найчастіше зустрічаються, пов'язана з типом електричної машини що вживається, (рисунок 1.2) [3].

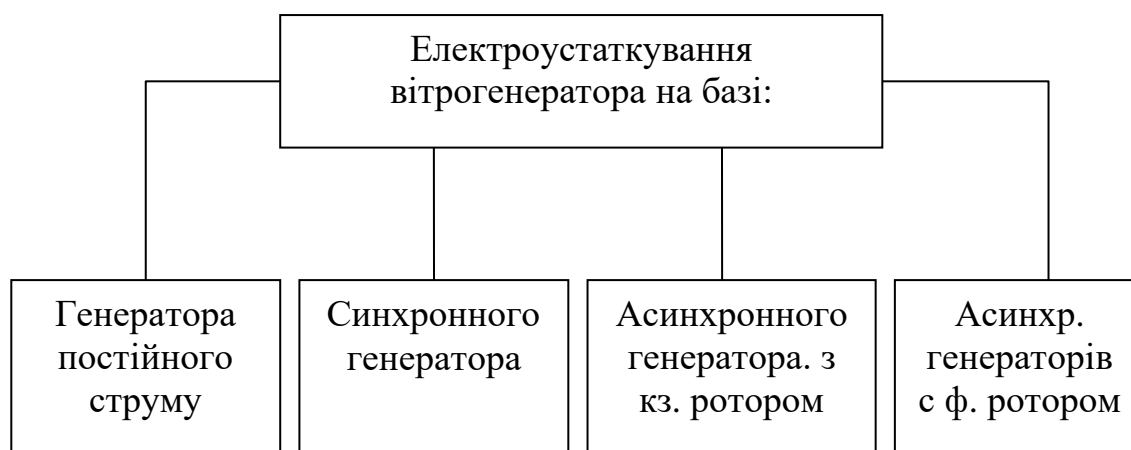


Рисунок 1.2 - Класифікація вітрогенераторів по типу електричної машини

Вітряні енергетичні установки мають декілька недоліків. Вони є джерелами шуму двох видів:

- а) механічний шум – шум від роботи механічних і електричних компонентів (для сучасних вітроустановок практично відсутній, але є значним у вітроустановках старих моделей);

- б) аеродинамічний шум – шум від взаємодії вітрового потоку з лопатями установки (посилюється при проходженні лопаті повз вежу вітроустановки) [4].

Металеві спорудження вітроустановки, особливо елементи в лопатях, можуть викликати значні перешкоди в прийомі радіосигналу. Чим більше вітроустановка, тим більші перешкоди вона може створювати.

1.2.2 Сонячні батареї

Кількість сонячної енергії, що поступає на Землю, перевищує енергію усіх світових запасів нафти, газу, вугілля і інших енергетичних ресурсів. Використання усього лише 0,0125 % могло б забезпечити усі сьогоденні потреби світової енергетики, а використання 0,5% - повністю покрити потреби в майбутньому. Переваги технологій, що використовують енергію сонця, в тому, що при роботі сонячних установок практично не додається тепло в приземні шари атмосфери, не створюється тепличний ефект і не відбувається забруднення повітря. Але у сонячної енергії є недолік - її залежність від стану атмосфери, часу доби і року [4].

Використовують сонячну енергію в основному двома методами - у вигляді теплової енергії шляхом застосування різних термосистем або за допомогою фотоелементів.

Ефективніший шлях використання сонячної енергії - безпосереднє перетворення її в електричну у фотоелементах. Фотоелементи є світлочутливими пластинами з напівпровідникового матеріалу: селену, кремнію, арсеніду галію, диселенида кремнію і так далі. Коли частки світла (фотони), поглинені напівпровідником, створюється електричний струм. Сонячні батареї можуть бути різної потужності - від портативних

установок в декілька ватів до потужних електростанцій, що покривають мільйони квадратних метрів площі (рисунок 1.3) [4].



Рисунок 1.3 – Сонячна панель на основі напівпровідникових пластин

Для того, щоб не залежить від добового і сезонного сонячного циклу і стану атмосфери існують технічні методи накопичення енергії такі як: електрохімічне накопичення акумуляторами, механічне накопичення (за допомогою крутнів, що обертаються) і у формі водню. Також можливе поєднання фотоелементів з іншими джерелами енергії, наприклад, найбільш вірогідне поєднання з вітровими установками.

Фотоелектричні системи (сонячні батареї) вимагають мінімального обслуговування, в них не використовується вода, і тому вони добре пристосовані для віддалених і пустинних районів. Цей спосіб перетворення сонячної енергії є довговічним і екологічно чистим, а також сам може бути використаний для поліпшення екологічної обстановки в місці використання, а в перспективі - і для регулювання екологічних умов на великих територіях.

Основні потреби в сонячних батареях включають: освітлення, роботу побутової електротехніки (радіо, телевізор, холодильник), насосів для підйому води у видалених сільських районах; енергозабезпечення екологічно чистих зон масового відпочинку і лікування; забезпечення радіо- і телекомунікаційних систем, маяків, буїв. Установки використання

сонячної енергії не лише можуть бути екологічно чистими, але і мати позитивний вплив на інші сфери життя. Наприклад, використання сонячних батарей в жарких пустинних районах в якості "сонячної парасольки" забезпечує сприятливі умови для вирощування під ним баштанних і цитрусових культур, для яких доцільно використати не занадто інтенсивне сонячне випромінювання. Іншим прикладом є використання сонячних батарей або сонячних колекторів як будівельних елементів в якості облицювальних панелей фасадів будівель ("сонячних будинків") [4].

Фотоелектричне перетворення сонячної енергії є одним з що найшвидше розвиваються у світі напрямом використання поновлюваних джерел енергії. Нині загальна потужність встановлених сонячних фотоелектричних систем складає понад 938 МВт. Річні темпи зростання за останні 5 років складають 30%. Лідирують країни: Японія - 80 МВт, США - 60 МВт, Німеччина - 50 МВт [4].

Масштаби використання фотоелектричних сонячних батарей обмежуються більш високою вартістю електроенергії, що виробляється, в порівнянні з енергією, що отримується за рахунок використання традиційних джерел енергії. Питома вартість потужності плоских модулів сонячних батарей на світовому ринку складає 4 - 5 дол./Вт, а вартість фотоелектричних установок 7 - 10 дол./Вт. Вартість електроенергії, що виробляється модулями, коливається в межах 20 - 30 цент./(кВт·год), що значно перевищує вартість електроенергії від традиційних джерел [4].

1.2.3 Бензинові генератори

Бензиновий генератор – це елемент системи автономного енергопостачання, що використовує паливо – бензин або дизель.

Кожен електрогенератор підготовлений до роботи в певних умовах і при певних навантаженнях, розрізняють наступні класифікації генераторів:

- a) професійні і побутові;
- b) переносні і стаціонарні;
- c) двотактні і чотиритактні;
- d) однофазні і трифазні;
- e) по потужності: до 4 кВт, до 15 кВт, до 30 кВт [5,6].

Побутові генератори ідеально підійдуть для приватних будинків або тривалого виїзду на природу. Використання професійних агрегатів потрібне на підприємствах, для підключення складних інструментів.

Переносні моделі мають невелику потужність (до 5 кВА), вагу і габарити, що дозволяють переносити їх на інше місце.

Двотактні встановлюються на малопотужних бензинових агрегатах, потужність яких не перевищує 1 кВт (рисунок 1.4). У усіх інших випадках встановлюється чотиритактний двигун.

Більшості приватних споживачів можна обмежитися однофазним електроагрегатом. Трифазний значно дорожче, і не факт, що його функціональність колись буде затребувана. При цьому по більшості побутових електричних мереж йде саме однофазний струм.

Домашні електростанції. Потужність не перевищує 4 кВт. Цього вистачає для забезпечення електроенергією частки будинку, складу або невеликого цеху. Бензогенератори цього типу не призначені для цілодобового функціонування. Максимальний термін безупинної роботи - 4 години. Потім системі необхідно дати час для охолодження, після чого запускати знову [5,6].

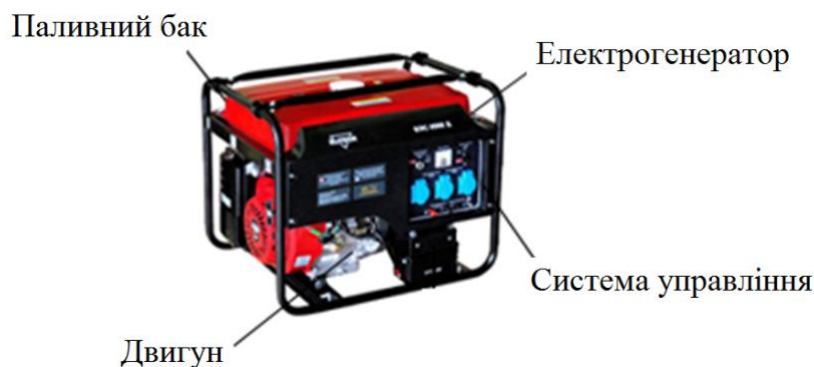


Рисунок 1.4 – Бензиновий генератор

Промислові бензогенератори мають потужність до 15 кВт. Підходить для торгових організацій і будмайданчиків. Вдосконалена конструкція продляє термін безупинного функціонування генератора до 10 годин.

Бензинові електростанції потужністю до 30 кВт використовуються найчастіше для електропостачання офісних будівель або великих складів. Ці пристрої встановлюються стаціонарно, в заздалегідь підготовлених приміщеннях.

Якщо плановане електронавантаження перевищує 5 кВт, електростанція комплектується трифазним генератором.

Окрім цього електрогенератори можуть бути асинхронними і синхронними. Деякі бюджетні моделі оснащуються асинхронними генераторами, що мають нескладну конструкцію.

1.2.4 Накопичувачі електроенергії (акумулятори)

Електричний акумулятор – хімічне джерело струму, джерело ЕРС багаторазової дії, основна специфіка якої полягає в оборотності внутрішніх хімічних процесів, що забезпечує його багатократне циклічне використання (заряд-розряд) для накопичення енергії і автономного електроживлення різних електротехнічних пристроїв і устаткування, а

також для забезпечення резервних джерел енергії в медицині, виробництві і в інших сферах.

Кислотні акумулятори є сосудом, заповненою електролітом відповідної щільності, т.е. розчином сірчаної кислоти H_2SO_4 в дистильованій воді, в який занурений блок пластин з чистого свинцю Pb і блок пластин з перекису свинцю PbO_2 (рисунок 1.5). Внаслідок дисоціації молекул кислоти, що постійно відбувається, в електроліті зарядженого акумулятора присутні іони водню H^+ (катіони) і іони кислотного залишку SO_4 (аніони). Якщо пластини акумулятора замкнуті на деякий опір, то через нього потече струм. Негативно заряджені іони SO_4 притягуються до пластин з чистого свинцю, заряджених позитивно. Іони водню, що мають позитивний заряд, притягуються до негативних пластин, що містять двоокис свинцю. Пластини зі свинцю прийнято називати негативними, а з двоокису свинцю – позитивними [5,6].

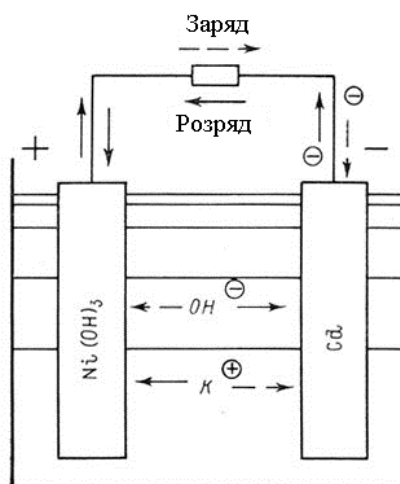


Рисунок 1.5 – Принцип дії кислотного акумулятора

При хімічних реакціях в АКБ на усіх пластинах виділяється сірчаноокислий свинець $PbSO_4$ і зменшується концентрація електроліту (внаслідок дисоціації кислоти і виділення води) [5,6].

Сірчаноокислий свинець має два недоліки. По-перше, при інтенсивному утворенні сірчаноокислого свинцю можливе викривлення або витріщання пластин, а також «висипання» з пластин активної маси,

оскільки об'єм сірчаноокислого свинцю більше об'єму початкових продуктів, з яких він утворюється. По-друге, сірчаноокислий свинець після закінчення деякого часу кристалізується в нерозчинну речовину. Частина пластини, яка виявилася покритою сірчаноокислим свинцем, що кристалізувався, не бере участь в хімічних реакціях. Внаслідок цього знижується корисна ємність акумулятора. Таке явище носить назву сульфатації кислотних акумуляторів.

Для того, щоб уникнути явища сульфатації, кислотні акумулятори не слід зберігати в незарядженому стані, не можна допускати недозарядку акумуляторів. При короткому замиканні в результаті бурхливої хімічної реакції і інтенсивного виділення сірчаноокислого свинцю відбувається викривлення пластин кислотного акумулятора [5,6].

Зарядка акумуляторів відбувається від зовнішнього джерела електроенергії, генератора постійного струму або випрямляча. При зарядці до негативних пластин спрямовуються іони водню, а до позитивних — іони кислотного залишку.

ЕРС не включеного на розрядку кислотного акумулятора, приймається в середньому рівною 2,1В на банку незалежно від розмірів акумулятора.

Принцип дії і конструкція гелевих акумуляторів схожі з «класичними» акумуляторами, де електролітом виступає суміш дистильованої води і сірчаної кислоти. Основна відмінність полягає в тому, що в гелевих АКБ електроліт має гелевидну консистенцію. Імобілізація електролітичного складу досягається за допомогою додавання в сірчану кислоту особливого силіконового наповнювача на основі двоокису кремнію.

Розглянемо особливості гелевого акумулятору типу AGM (absorptive glass mat). Між свинцевими електродами, плоскими або спіральними, розташовується сепараторна тканина, просочена кислотним електролітом. Мікропори в скловолноку заповнені кислотним складом не

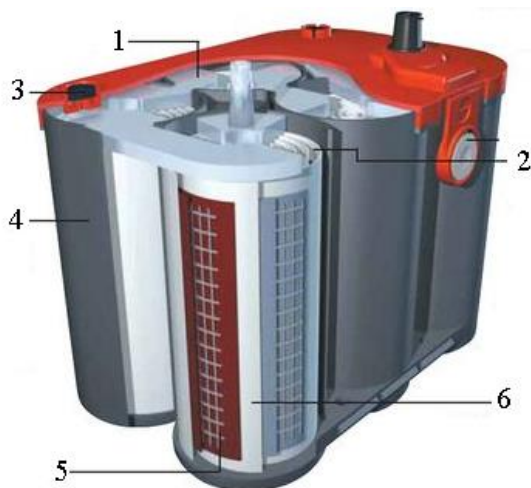
повністю - це дозволяє залишити вільний простір для рекомбінації газів, що виділяються в процесі хімічної реакції свинцю з сірчаною кислотою [5,6].

Основними перевагами AGM- акумуляторів є:

- a) висока ємність, герметичність і вібростійка;
- b) відсутність ризику протікання і випліскування електроліту назовні;
- c) довговічність;
- d) порівняно висока місткість АКБ, особливо у батареї, що мають спіральну конструкцію електродів;
- e) невисока вартість (в порівнянні з акумуляторами GEL-технології).

Суть цієї технології, реалізованої в акумуляторних батареях нового типу, полягає в тому, що функції рідкого електроліту виконує гелевидна маса. В'язка консистенція електроліту дозволяє йому не розтікатися і не витікати, навіть у разі наскрізного ушкодження корпусу батареї. Електроліт у вигляді гелю не схильний до випару. В'язка субстанція щільно прилягає до поверхні електродів, що не лише дозволяє поліпшити якість генерації електричної енергії, але і захищає пластини від окислення – підвищується ефективність роботи і термін служби акумулятора [5,6].

Експлуатація гелевих акумуляторів не вимагає виконання яких-небудь особливих умов. Корпуси АКБ і їх конструкція характеризуються високою ємністю і надійністю. Але, як і усі акумулятори, батареї гелевого типу вимагають періодичного заряджання. Якщо йде мова про пускові акумулятори, то особливе значення мають характеристики електричної мережі, особливо система заряджання [5,6].



1 – внутрішній електрод, 2 – стрічка-електрод (негативний), 3 – клапан,
4 – корпус, 5 – гель, 6 – електрод (позитивний).

Рисунок 1.6 – Структура гелевого акумулятора

До недоліків гелевих акумуляторів можна віднести:

- а) відносно висока вартість (в порівнянні з традиційними свинцево-кислотними);
- б) високі вимоги до стабільності струмових характеристик зарядного пристрою: дуже чутливі до перевищення струму заряду;
- в) вимагають адаптованої бортової системи заряджання (генератора, регулятора напруги).

Більше число корисних властивостей акумуляторів, виконаних за технологією AGM і GEL, дозволяє з упевненістю говорити про відмінні перспективи цього типу автономних джерел електричної енергії.

1.3 Системи перетворення та управління

Принцип роботи системи управління автономним живленням будинку полягає в автоматичному управлінні усіма складовими системи: автоматика дає команду на запуск бензогенератора (з електростартером) і

після 2-5 хвилин прогрівання бензогенератор підключає свій вихід до модулю заряду АКБ. Після зарядки АКБ бензогенератор відключиться. Як що швидкість вітру або сонячне випромінюване достатньо, система управління переключає модуль заряду АКБ до вітрогенератора або сонячних елементів.

Унікальність такої системи полягає в автоматичному регулюванні струмів між генератором і мережею будинку, АКБ і мережею будинку.

Для реалізації подібної системи потрібні інвертор, випрямлячі та цифрова система управління. Розглянемо ці модулі більш детально.

1.3.1 Інвертори

Інвертор – це пристрій, що перетворює постійну напругу в змінну. Інвертори підрозділяються на ведені мережею і автономні.

Автономний інвертор працює на автономне навантаження, що не містить інших джерел енергії тієї ж частоти, що і вихідна частота інвертора. Тому цей тип інвертора підходить для реалізації системи автономного живлення будинку і будемо розглядувати тільки автономні інвертори.

Автономні інвертори можуть працювати з природною і штучною комутацією. Природна комутація автономного інвертора має місце при його роботі на синхронні двигуни, на статори обмотки вентильного двигуна і т. д. Проте найчастіше в автономних інверторах застосовується штучна комутація вентилів [7].

Залежно від режиму роботи джерела живлення інвертора і особливостей протікання в нім електромагнітних процесів розрізняють інвертори напруги, струму і резонансні інвертори. Найбільш широке застосування отримали інвертори напруги і струму [7].

Класичні схеми автономних інверторів напруги і струму приведені відповідно на рисунку 1.7 (а,б). Напруга (струм) навантаження формуються в цих схемах при почерговому перемиканні вентилів VS1, VS2 і VS3, VS4 [7].

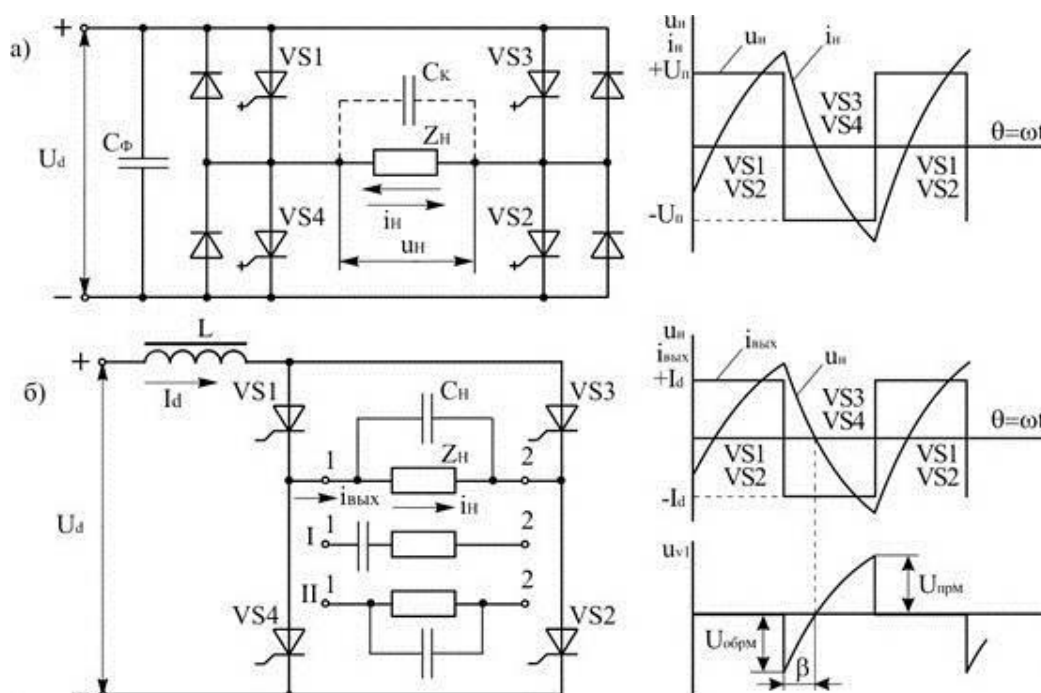


Рисунок 1.7 – Схеми і діаграми автономних інверторів напруги (а) і струму(б)

Живлення інвертора напруги здійснюється від постійного джерела напруги (АКБ). У зв'язку з цим форма напруги визначається алгоритмом перемикання тиристорів, а форма струму залежить від характеру навантаження. Реактивна потужність навантаження компенсується за рахунок введення конденсатора досить великої ємності. Обмін реактивною енергією між навантаженням і конденсатором можливий завдяки підключенню так званого зворотного випрямляча з некерованих вентилів [7].

Автономні інвертори напруги для автономних систем живлення будинку на сьогодні виготовляють значна кількість фірм. Достатньо знати

параметри мережі будинку, щоб провести підбір необхідного інвертора [7].

1.3.2 Випрямлячі

Пристрій, призначений для перетворення енергії джерела змінного струму в постійний струм називається випрямлячем. В автономній системі живлення будинку випрямлячі виконують функції елементів зарядного пристрою АКБ. Охарактеризуємо основні елементи схеми:

- a) силовий трансформатор служить для узгодження вхідної і вихідної напруги випрямляча і електричного розділення окремих ланцюгів випрямляча (тобто розділяє живлячу мережу і мережу навантаження) у деяких випадках силовий трансформатор може бути відсутнім;
- b) блок вентилів забезпечує одностороннє протікання струму в ланцюзі навантаження, внаслідок чого змінна напруга перетвориться в пульсуючу;
- c) згладжуючий фільтр призначений для зменшення пульсації напруги на навантаженні до необхідного значення;
- d) стабілізатор напруги, що служить для стабілізації середнього значення випрямленої напруги при коливаннях напруги живлячої мережі або при зміні струму навантаження [7].

Співвідношення між параметрами у випрямному пристрої багато в чому залежать від схеми випрямлення. Під схемою випрямлення розуміють схему з'єднання обмоток трансформатора і порядок приєднання вентилів до вторинних обмоткам трансформатора [7].

Схеми випрямлення (випрямлячі) класифікують за наступними основними ознаками:

- a) по числу фаз джерела живлення змінної напруги розрізняють випрямлячі однофазного струму і випрямлячі трифазного струму;
- b) за способом підключення вентилів до вторинної обмотки трансформатора – нульові схеми, з використанням нульової(середньої) точки вторинної обмотки трансформатора і мостові схеми, в яких нульова точка ізольована або вторинні обмотки трансформатора сполучені в трикутник [7].

На рисунках 1.8 та 1.9 показані найпоширеніші схеми випрямлячів – мостовий випрямляч та двонапівперіодний випрямляч [7].

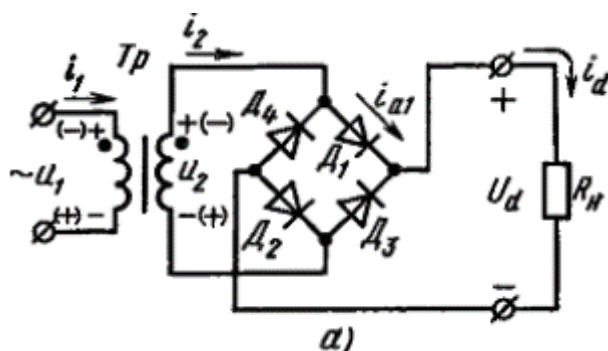


Рисунок 1.8 – Схема однофазного мостового випрямляча

По споживаній навантаженню потужності випрямлячі діляться на малопотужні (одиниці кВт), середньої потужності (десятки кВт) і великої потужності ($P_{\text{пот}} > 100$ кВт) [7].

Незалежно від потужності випрямляча усі схеми діляться на однокатні або двонапівперіодні і двокатні (двонапівперіодні).

Однокатні - це схеми, у яких струм протікає по вторинних обмотках трансформатора один раз за період (напівперіод або його частина). Усі нульові схеми є однокатними [7].

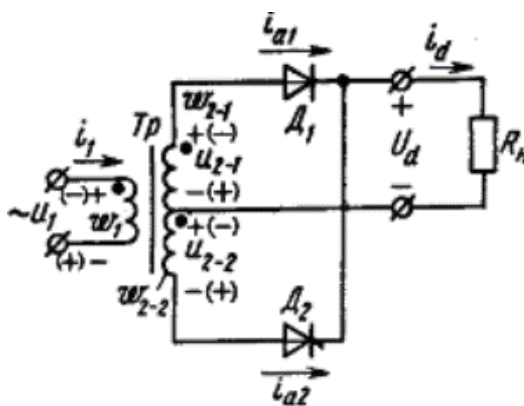


Рисунок 1.9 – Схема однофазного двонапівперіодного випрямляча з виведенням нульової точки трансформатора

Випрямлячі класифікуються також за призначенням:

- а) малопотужні випрямлячі, як правило однофазні, використовують в системах управління, для живлення окремих вузлів електронної апаратури, у вимірвальній техніці та ін.;
- б) випрямлячі середньої і великої потужності служать джерелами живлення промислових установок;
- в) схеми випрямлення діляться на прості і складні. До простих схем відносяться однофазні і трифазні, нульові і мостові схеми. У складних(чи складених схемах) декілька простих схем з'єднуються послідовно або паралельно [7].

За способом управління розрізняють некеровані і керовані випрямлячі.

При виборі випрямляча для системи автономного живлення будинку необхідно знати зарядний струм АКБ, та максимальну величину пульсацій напруги заряду.

1.3.3 Цифрові модулі управління

Електронний блок автоматичного управління електроживленням – потрібний для автоматичного перемикавання на необхідне джерело живлення систему зарядки АКБ.

Наприклад, якщо є достатня напруга від системи фотоелементів то від них здійснюється зарядка АКБ та живлення інвертора який формує напругу 220В 50 Гц для електрообладнання будинку. При недостатньої напруги з фотоелементів блок аналізує величину зарядки акумуляторів і у разі її достатності перемикається на живлення мережі будинку від акумуляторів без підзарядки. Коли акумулятори все ж розряджені та напруги від фотоелементів та вітрогенератора недостатньо автоматично запускається бензогенератор, який забезпечує зарядку АКБ та роботу інвертора [6].

Після зарядки акумуляторів будинок переходить виключно на живлення від інверторної системи, генератор вимикається.

Модулі управління систем автономного живлення будинків повинні відповідати вимогам надійності, мати високу швидкодію (від 20мс і аж до 5мс), повинні здійснювати безперервний контроль за різними параметрами системи (наприклад: величина заряду акумуляторів, кількість палива в генераторі) [6].

На ринку поширені фірми які створюють лише компоненти систем автономного електропостачання (одні виробники пропонують системи з інверторів-зарядних пристроїв, а інші пропонують тільки генератори з автозапуском і т.д.). Виходячи з цього зрозуміло, щоб зібрати систему автономного живлення будинку необхідно провести не тільки підбір компонентів та ще їх узгоджені.

Важно відмітити, що усі модулі управління мають істотний недолік – висока ціна.

Тому мета роботи - розробити та дослідити систему енергозабезпечення будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити системи енергозабезпечення будинків;
- провести розробку функціональної схеми системи живлення будинку; провести аналіз, розрахунки та обрати генеруючі та накопичувальні компоненти за заданими критеріями;
- розробити цифровий модуль управління системою.

2 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

2.1 Розробка функціональної схеми системи автономного живлення будинку

Проведений аналіз номенклатури генеруючих, та накопичувальних систем вказав на те, що в основі модуля управління системою повинен лежати мікроконтролер, тому що алгоритми управління подібними системами є складними і їх реалізація за допомогою схем комбінаційної логіки неможлива.

Мікроконтролер повинен управляти процесами енергообміну в системі і формувати відображення інформації про роботу устаткування. Для відображення інформації необхідно застосувати семисегментний цифровий індикатор з динамічною індикацією – як просту і недорогу конструкцію. Введення інформації в систему від користувача не передбачене, оскільки планується, що система буде повністю автономна. Необхідно передбачити тільки вимикач живлення модуля і кнопку апаратного скидання мікроконтролера.

На рисунку 2.1 показана запропонована функціональна схема автономної системи електроживлення будинку.

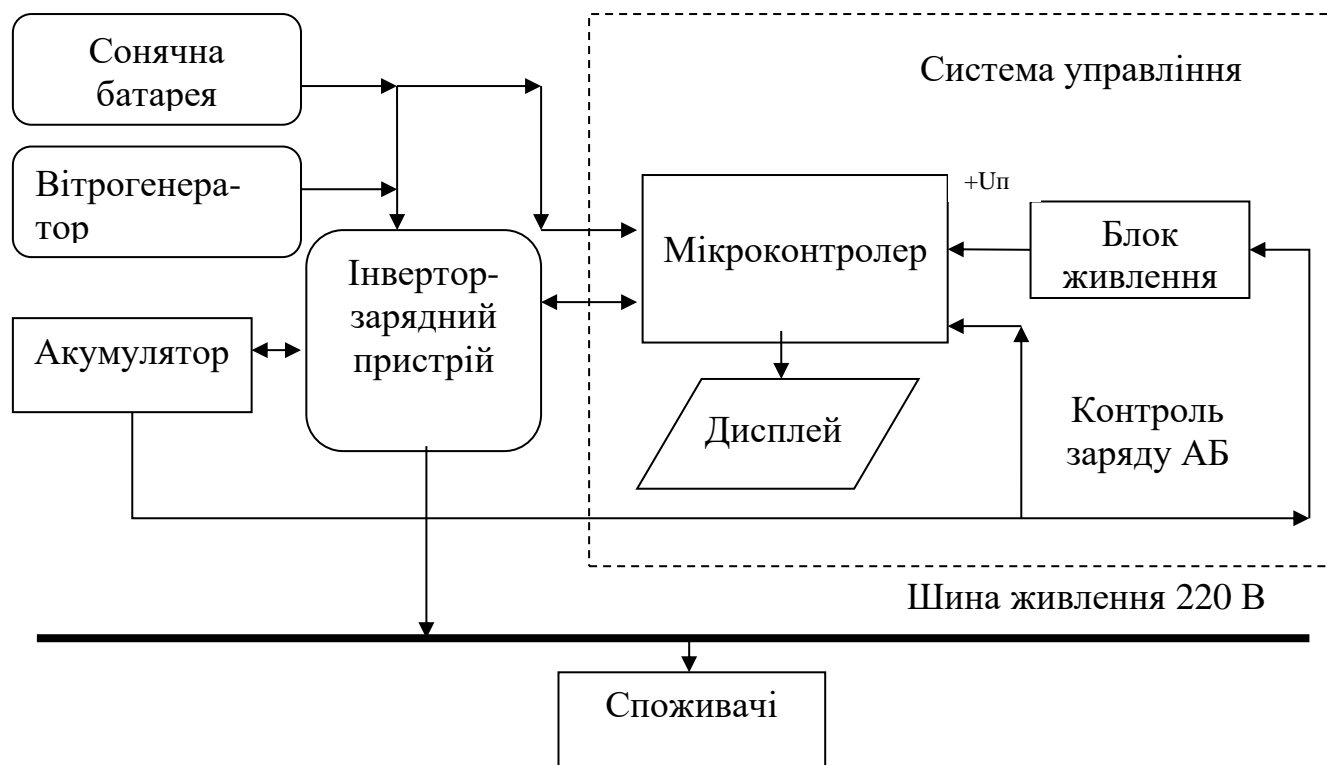


Рисунок 2.1. – Функціональна схема системи управління автономним електроживленням будинку

Для живлення системи управління потрібний блок живлення що формує номінальну напругу живлення мікроконтролера, дисплея та вихідних ланцюгів. Блок живлення повинен отримувати енергію від основних акумуляторів системи.

2.2 Обґрунтування вибору компонентів системи автономного живлення будинку

Для реалізації автономної системи електроживлення будинку необхідно провести обґрунтування вибору таких елементів як інверторно – зарядний пристрій, акумулятор, сонячна батарея та вітрогенератор, модуль системи управління буде розроблено починаючи зі схеми електричної принципової.

2.2.1 Обґрунтування вибору сонячних батарей

Для вироблення електроенергії до складу системи включені сонячні батареї (рисунок 2.2). Високоєфективні сонячні батареї на основі монокристалічного кремнію можуть використовуватися як в автономних системах, так і в системах ведених мережею. Розроблені в Німеччині кремнієві сонячні батареї «AXI-power» відповідають світовому рівню і можуть бути використані у розроблювальній системі [8].



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд сонячної батареї

Кожна батарея складається з монокристалічних фотоелектричних перетворювачів, заламінованих між двома листами плівки і захищених загартованим склом, завтовшки 4 мм, високій міцності і прозорості [8].

Переваги сонячних батарей «AXI-power»:

- висока стійкість від механічних і кліматичних дій;
- відмінна вологозахисність;
- ККД сонячних батарей перевищує 17 %;
- швидкий і зручний монтаж;
- діапазон робочих температур від - 40° до +70° С [8].

Електричні параметри сонячних батарей типу «AXI-power» приведені за стандартних умов: освітленість - 1000 Вт/м², температура - +25°C [8].

Таблиця 2.1 – Параметри сонячних батарей «AXI-power»

Сонячні батареї	AC-180P-72S	AC-190P-72S	AC-90P-72S	AC-80P-72S
Ціна, грн.	21600	21800	11400	10900
Потужність P _{max} , Вт	180	192	90	80
Номінальна напруга, В	36,0	35,7	17,9	17,4
Номінальний струм, А	5,0	5,4	5,0	4,6
Напруга холостого ходу, В	44,5	44,7	22,2	21,8
Комутаційна напруга, В	24		12	

В середньому за місяць споживається приблизно 220 кВт/год. при умові що в місяці 744 години тоді загальна потужність сонячних батарей дорівнює:

$$P_{\text{сон}} = \frac{S}{t} \cdot n = \frac{220}{744} \cdot 4 = 1,18 \approx 1,2 \text{ кВт}; \quad (2.1)$$

де S – споживана електроенергія у місяць;

t – кількість годин у місяці;

n – коефіцієнт запасу.

Обираємо модель AC-190P-72S, тоді для забезпечення потреби в електроенергії для заряду акумулятора та живлення електроприладів будинку (при умові нульового рівня заряду акумулятору) на даху будівлі необхідно встановити 6 панелей.

2.2.2 Обґрунтування вибору вітроенергетичної установки

Для забезпечення будинку електроенергією необхідно застосовувати ВЕУ класу А. Найбільш відповідним до завдання є вітрогенератор EuroWind-1,25 з максимальною потужністю 1,25 кВт. Залежність потужності ВЕУ від швидкості вітру представлена на рисунку 2.3 [9].

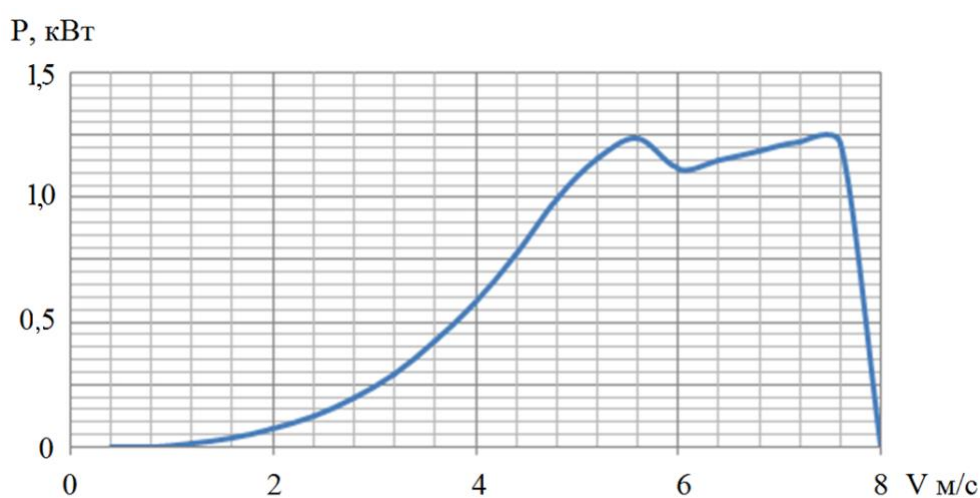


Рисунок 2.3 - Залежність потужності від швидкості вітру

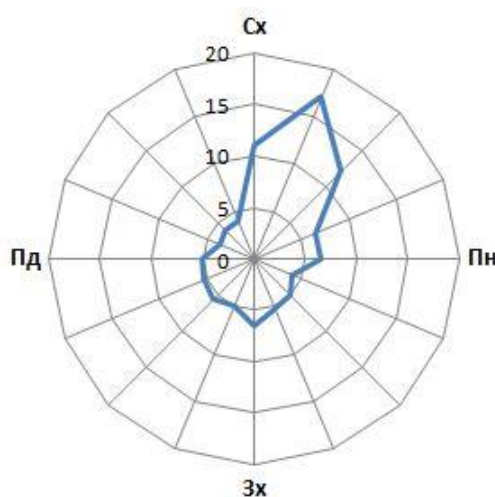
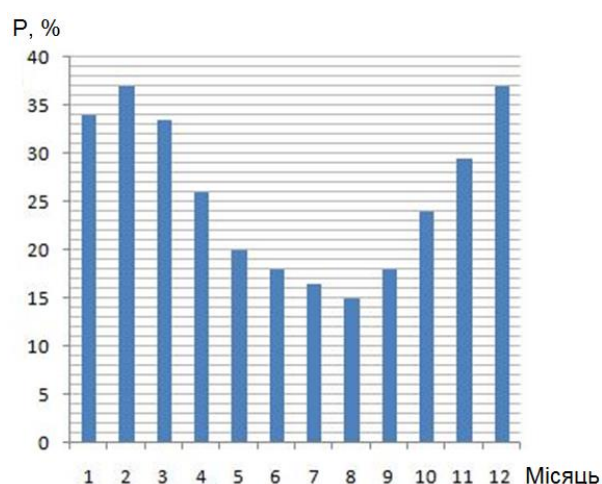


Рисунок 2.4 – Повторюваність напрямку вітру по румбах, у %

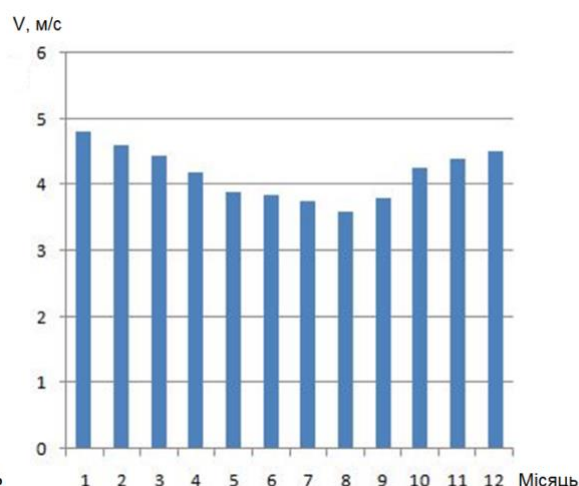
Таблиця 2.2 – Характеристики вітрогенератора

Кількість лопатей	3 шт.
Діаметр ротора	5 метрів
Матеріал лопатей	Композитний матеріал
Тип вітрогенератора	Постійного струму
Захист від ураганного вітру	Автоматичний
Висота щогли	11 метрів
Робоча температура	від - 40 до +60 С
Продуктивність генератора	0,18 – 1,25кВт
Початкова швидкість вітру	2 м/с
Номінальна швидкість вітру	8 м/с
Ціна вітрогенератора	105300 грн.

Для визначення можливості установки ВЕУ у межах міста Запоріжжя необхідно досліджувати вітрообстановку. Параметри вітрообстановки показані на рисунках 2.4 і 2.5 (а, б).



а)



б)

а - частина вітрів, придатних для потреб вітроенергетики по місяцях; б - середні швидкості вітру по місяцях

Рисунок 2.5 – Параметри вітрообстановки у м. Запоріжжя

Аналіз залежності потужності станції від швидкості вітру, а також аналіз середніх швидкостей вітру по місяцях показав, що в запорізькому регіоні ця електростанція зможе розвинути потужність не більш 1 кВт.

Аналіз рельєфу місцевості установки станції (приватний сектор) і повторюваності напрямку вітру по румбах показав, що ті напрями які є найбільш пріоритетними не будуть закриті архітектурними і ландшафтними елементами міської забудови.

Оскільки вітрогенератор є додатковим джерелом то він не повинен покривати 100% потреб у електроенергії при роботі з повністю розрядженим акумулятором. Виходячи з цього обираємо один вітрогенератор.

2.2.3 Обґрунтування вибору перетворювальних систем

Виробники електроніки випускають готові конструкції інверторів для автономного електроживлення будинків. Вони є закінченими конструкціями, які перетворюють енергію сонячних батарей або енергію від вітрогенераторів в напругу для зарядки акумуляторів та в напругу мережі 220 В 50Гц. Перемикання з режиму зарядки акумулятора в режим інвертора виконується вручну. Хоча на деяких моделях передбачені лінії порту для підключення так званих контролерів зарядки.

Для системи, що розробляється, вибираємо безтрансформаторний інвертор Aurora PVI – 4000 (Photovoltaic Inverter) фірм Magnetek для фотоелектричних батарей, вигідно відрізняються від ізольованих інверторів з трансформаторами своєю легкістю і компактністю (рисунок 2.6). Вони мають високий рівень ККД - до 96% і потужність 4 кВт [10].

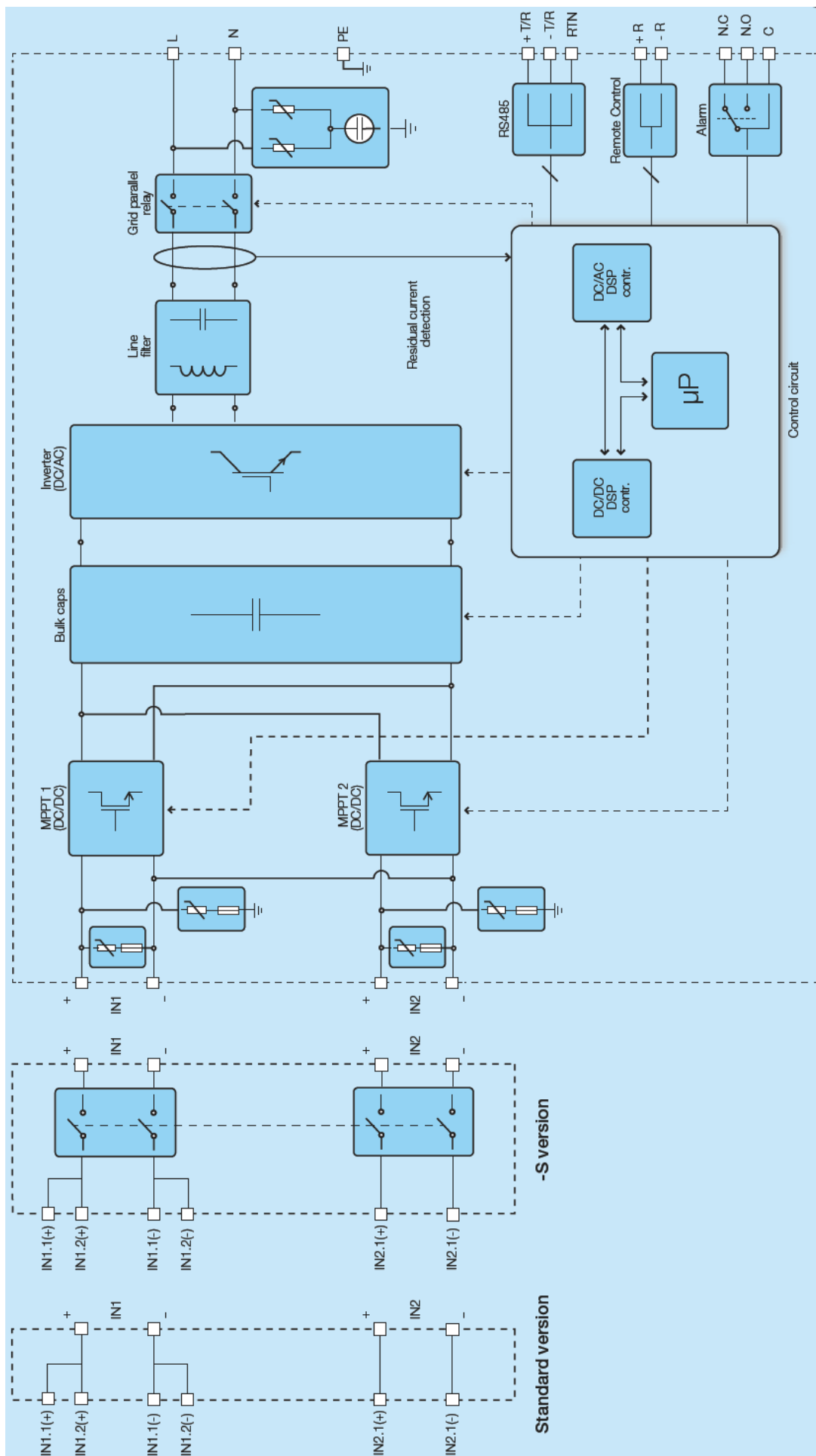


Рисунок 2.6 – Структурна схема інвертора Aurora PV1 - 4000

Вироби характеризуються двома незалежними контурами відстежування максимальної потужності - Maximum Power Tracking (MPPT), що забезпечують отримання максимальної потужності від фотоелектричних елементів або вітрогенератору [10].

У інверторах Aurora застосовуються сучасні напівпровідникові прилади, включаючи карбід – кремнієві діоди і транзистори IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors), які забезпечують скорочення втрат на перемикання. Вироби відрізняються великим запасом надійності для усіх основних компонентів [10].

Моделі Aurora мають захист IP21, що дозволяє їх з успіхом застосовувати в закритих приміщеннях, наприклад, в коридорах і сучасних гаражах, будівлях, створених по нових проектах [10].

Інвертори Aurora для зовнішніх установок характеризуються міцністю корпусу з захистом NEMA4X і платами із захисним покриттям для протистояння негативній дії чинників зовнішнього середовища. Моделі для зовнішніх установок мають невелику вагу, що забезпечує простоту монтажу. Інвертори серії Aurora мають кращі у своєму класі комунікаційні можливості: вони оснащені вбудованим стандартним портом UART та USB, що забезпечує управління до 5 інверторів за допомогою ПК, на якому може бути встановлене безкоштовне комунікаційне програмне забезпечення Aurora [10].

Технічні характеристики і ціна системи на 4000Вт:

- Номінальна потужність / пікова 4000 / 5000Вт;
- Напруга живлення інвертора 48В;
- Максимальний струм зарядки акумуляторної батареї 120А;
- Габарити інвертори (ВхШхД), мм 254х230х495;
- Вага інвертора 27кг [10].

Таблиця 2.3 – Час роботи інвертора залежно від зовнішніх чинників

Час автономної роботи на навантаженні	Потужність навантаження, Вт		
	3000	4000	5000
Час (АКБ 200 А/год x 4шт)	3год. 50хв.	1 год 50 хв.	1 год 00 хв.
Час (АКБ 200 А/год x 8шт)	7 год 40 хв.	3 год 50 хв.	2 год 30 хв.
Час (АКБ 200 А/год x 12шт)	11 год 30 хв.	5 год 40 хв.	3 год 50 хв.
Час (АКБ 200 А/год x 16шт)	17 год 10 хв.	7 год 40 хв.	5 год 00 хв.

2.2.4 Обґрунтування накопичувальних складових

Для запропонованої системи рекомендується використати герметизовані акумуляторні гелеві акумулятори. Цей вид акумуляторів спеціально розроблений для використання в системах резервного електроживлення. Повністю відсутня необхідність технічного обслуговування в розрахунковий термін служби - 5 / 12 років. Екологічно безпечні. При виборі акумуляторних батарей необхідно звернути увагу на максимальний струм заряду акумулятора, який не повинен перевищувати максимального струму зарядного пристрою.

Проведемо необхідний розрахунок ємності акумулятора. Передбачається, що зарядка АБ буде відбуватися за денний час, коли

мешканців немає дома (знаходяться на роботі, навчанні і т.д.) і уся енергія сонячних елементів або енергія вітрогенератора буде спрямована на зарядку АБ. Нехай найменша тривалість світлового дня становить 7год.16.хв. Цей той час в проміжок якого акумулятори можуть зарядитися при сонячній погоді. Вечірньої пори пік споживання електроенергії придерся з 17 00 до 22 00 години. Таким чином максимальний час роботи від АБ складе 4год. З таблиці 2.3 видно, що для максимального електричного навантаження в будівлі в проміжок чотирьох годин у вечері потрібні 4 акумулятора ємністю 200 А/год. Місткість ємність АБ складе:

$$N \cdot V = 4 \cdot 200 = 800 \text{ А/год.}; \quad (2.2)$$

де n – кількість АБ;

V – ємність однієї АБ.

Максимальний струм заряду батареї акумуляторів (при умові їх повного розрядження) дорівнює:

$$V/10 = 800/10=80 \text{ А}; \quad (2.3)$$

Робочий струм заряду батареї акумуляторів (при умові їх 50% розрядження) дорівнює:

$$V/30 = 800/30=27 \text{ А}. \quad (2.4)$$

Вибираємо для системи чотири гелевих акумуляторів фірми FIAMM з ємністю 200 А/год. кожен.

2.3 Розробка системи управління

Обрана вітроустановка горизонтально – осьової конструкції має в своєму складі генератор постійного струму який з'єднано з імпульсним перетворювачем постійної напруги, який у свою чергу з'єднано з акумуляторними батареями (рисунок 2.7). Система управління роботою автономної системи електроживлення по суті являє собою систему управління силовою частиною вітроустановки та силовою частиною сонячних батарей.

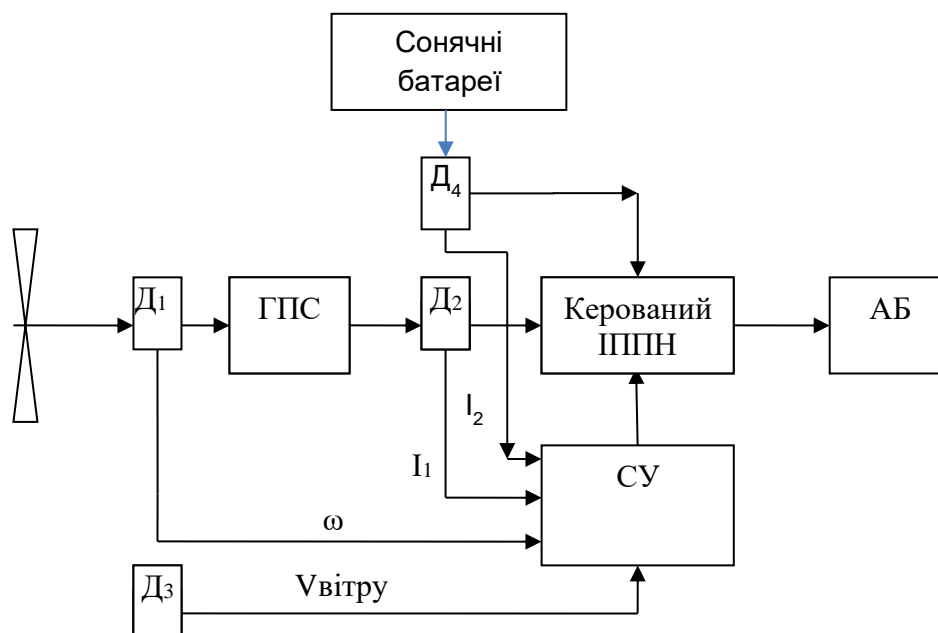


Рисунок 2.7 – Структурна схема генеруючого модуля системи

Виробляємий ветрогенератором (ГПС) постійний струм перетворюється в імпульсному перетворювачі постійної напруги (Керований ІППН) до заданих значень і поступає на акумуляторну батарею. Система управління (СУ) зі спеціальних датчиків (Д) отримує необхідні показники швидкості вітру, обертання валу вітроколеса, струму ветрогенератора та струму сонячних елементів. Після оцінки отриманих даних системою управління формується та видається керуючий сигнал на

імпульсний перетворювач постійної напруги. При досягненні напруги на виході ветрогенератора значення вище встановленої, але в допустимих межах (7–20В), система управління управляє імпульсним перетворювачем постійної напруги для підтримання значення вихідної напруги на виході імпульсного перетворювача постійної напруги рівним 6В. Якщо значення вихідної напруги ветрогенератора не досягає 6В, робота імпульсного перетворювача постійної напруги продовжується від сонячних батарей.

При наявності як вітра так і сонячного випромінювання система користується наступним правилом - при нарузі на сонячній батареї вище чим на ветрогенераторі то система переключає вхід імпульсного перетворювача на сонячні батареї.

Використання в силовій частині вітроустановки генератора постійного струму надає широкі можливості з регулювання роботи вітроустановки. Одним з переваг генератора постійного струму є широке і плавне регулювання швидкості обертання, лінійність і однозначність характеристик, відсутність "самоходу" (при знятті сигналу управління), швидкодія. Використання в схемі вітроустановки генератора постійного струму дозволяє також зменшити кількість електричних машин в системі і таким чином підвищити ККД вітроустановки та зменшити її вартість та вагу.

На виході генератора постійного струму встановлюється напівпровідниковий імпульсний перетворювач постійної напруги понижуючого типу з широтно-імпульсним регулюванням для управління режимом роботи генератора постійного струму та перетворення до заданого значення отримуваної від генератора електроенергії. Основні переваги імпульсного перетворювача постійної напруги у порівнянні зі стабілізаторами безупинної дії – більший коефіцієнт корисної дії, менші маса та габарити. До недоліків можна віднести наявність пульсацій та додаткових перешкод, що зумовлено імпульсним регулюванням, гірші

динамічні характеристики та відносну складність схеми. Однак в даному випадку застосування імпульсного перетворювача постійної напруги є найбільш раціональним технічним рішенням. Недоліки використання імпульсного перетворювача постійної напруги в ході проектування вирішуються шляхом побудови системи керування на базі мікроконтролерної системи.

Система керування роботою системи автономного живлення будинку призначена для управління, діагностування технічного стану системи, видачі команд на регулювання перетворення отримуваної напруги імпульсним перетворювачем постійної напруги від генератора або сонячних батарей в залежності від параметрів значень, отриманих від датчиків, виконує діагностику стану пристроїв та систем, контроль параметрів системи.

Автоматична система управління постійно виконує контроль роботи імпульсного перетворювача постійної напруги. Основна функція системи управління імпульсним перетворювачем постійної напруги: підтримка вихідної напруги на заданому рівні з визначеною точністю та забезпечення безвідмовного функціонування в перехідних та аварійних режимах. Найважливішими вузлами системи керування є широтно-імпульсний регулятор (ШІМ), що здійснює широтно-імпульсну модуляцію.

2.3.1 Імпульсні перетворювачі постійної напруги

До недавнього часу системи керування імпульсним перетворювачем постійної напруги проектувались на основі аналогових пристроїв, напівпровідникових приладів та дискретних цифрових мікросхем.

Розглянемо приклади структури систем керування імпульсним перетворювачем постійної напруги знижувального типу.

На рисунку 2.8 приведено структурну схему імпульсного перетворювача постійної напруги з системою управління. До неї входять: імпульсний регулятор ІР, через який енергія передається від джерела Д до навантаження Н; дільник напруги ДН; датчик струму ДС; схема струмового захисту СЗ; підсилювач неузгодженості ПН; широтно-імпульсний модулятор ШІМ; формуючий каскад ФК [11].

ІР містить силові ключі Кл та фільтруючі реактивні елементи Ф. ШІМ складається з генератора трикутної напруги Г та компаратора К. Електричні кола, що містять елементи ІР і з'єднують джерело Д з навантаженням Н, утворюють силову частину СЧ імпульсного перетворювача постійної напруги [11].

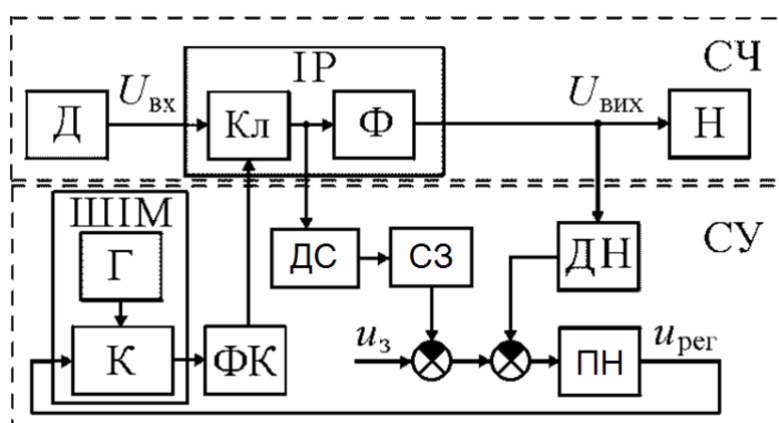


Рисунок 2.8 – Структурна схема імпульсного перетворювача постійної напруги з системою управління

Схема управління СУ формує сигнал управління силовими ключами таким чином, щоб стабілізувати вихідну напругу. Для цього відстежується фактичне значення $U_{вих}$ та порівнюється з задавальним сигналом $u_{рег}$. Окрім цього СУ виконує функцію струмового захисту [11].

Сигнал на виході ДН, що пропорційний напрузі на навантаженні, порівнюється із сигналом u_3 . Різниця між u_3 і $U_{вих}$ підсилюється в ПН та подається на ШІМ. На виході ШІМ утворюються прямокутні імпульси, ширина котрих пропорційна напрузі регулювання $u_{рег}$. Модульовані за шириною імпульси надходять на ФК, який відповідно до них створює необхідний сигнал управління силовими ключами. Силові ключі Кл періодично підключають з частотою перетворення джерело Д до елементів Ф, відбираючи енергію від нього визначеними “порціями”. Завдяки згладжувальній дії Ф до навантаження Н енергія надходить рівномірно. Якщо струм силового ключа перевищує визначене значення, ТЗ зменшує напругу u_3 [11].

Основну силову схему імпульсного перетворювача постійної напруги знижувального типу, в якій використовується один керований ключ – транзистор, показано на рисунку 2.9 [11].

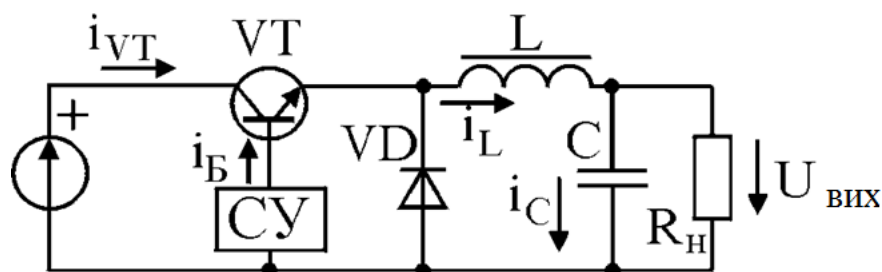


Рисунок 2.9 – Основна силова схема імпульсного перетворювача постійної напруги знижувального типу

Принципова схема СУ ШІПН з підключенням основних елементів силової частини показана на рисунку 2.10. Транзисторна пара VT_5 , VT_6 є керованим ключем ІР. Необхідний керуючий струм i_B для нього формується двокаскадним імпульсним підсилювачем на транзисторі VT_4 що входить до схеми ФК. Коли напруга $u_{ШІМ}$ на вході ФК (база VT_4) низького рівня, транзистор VT_4 закритий. Колекторний струм VT_4

близький до нуля, тому закриті й силові транзистори VT_5 , VT_6 . Коли на вході ФК з'являється напруга $u_{\text{ШИМ}}$ високого рівня, відкривається транзистор VT_4 струмом, який протікає крізь його базу від позитивного полюса живлення СУ з напругою $U_{\text{ж}}$ крізь резистор R_{16} . Резистори R_{16} і R_{15} потрібні для утворення позитивних імпульсів на виходах компараторів DA_2 і DA_3 . Це пов'язано з тим, що ці компаратори типу 521СА3 (LM111) або 554СА3 (LM311) мають так звані виходи з відкритим колектором. Діод VD_2 потрібен для збільшення приблизно на 0,6 В потенціалу відкривання транзистора VT_4 у схемі понижуючого ППН. Завдяки цьому транзистор надійно запирається компаратором DA_3 . В колі колектор-емітер VT_4 , діод VD_2 , резистор R_{21} протікає струм бази VT_5 . Тому транзистор VT_5 також відкритий. Струм колектора VT_5 надходить до бази транзистора VT_6 і відкриває його [11].

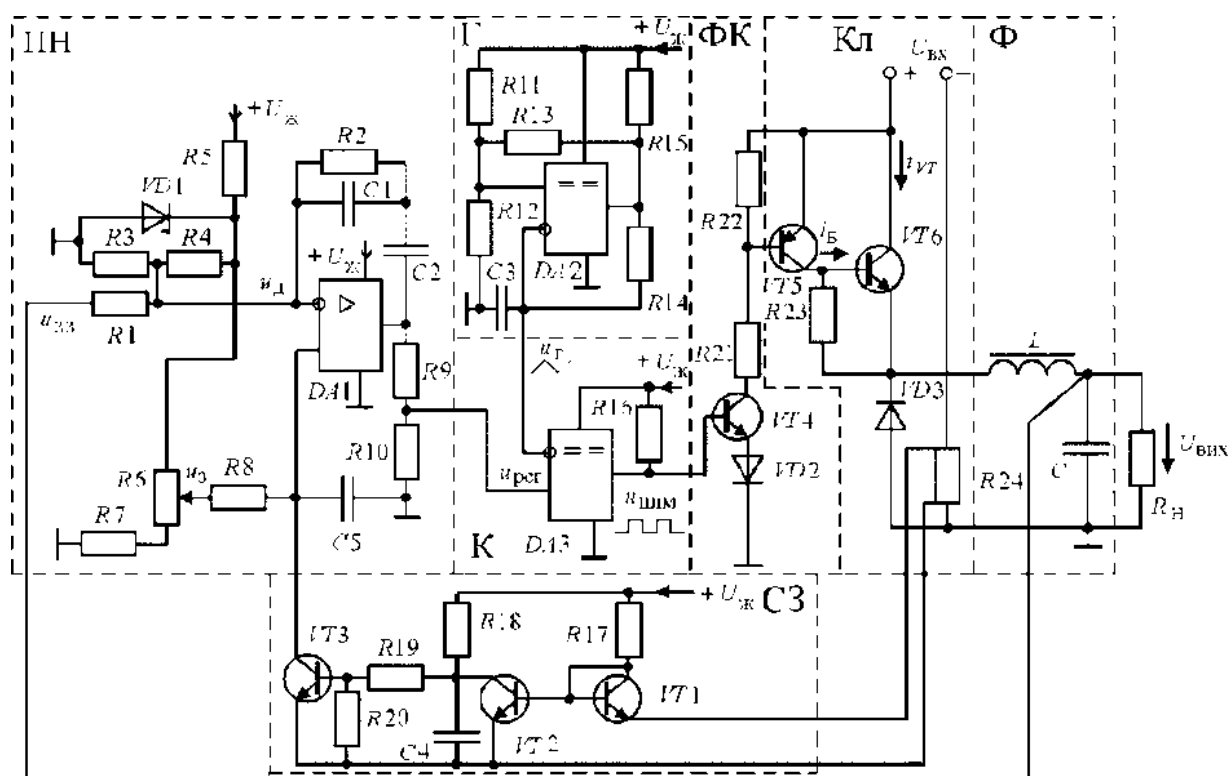


Рисунок 2.10 – Реальна схема знижувального ІППН з системою управління

Таким чином, стосовно стану силового ключа VT_5 , VT_6 ФК є неінвертуючою ланкою. Низький рівень $u_{ШІМ}$ відповідає закритому стану ключа, високий – відкритому. Передбачається, що транзистори VT_4 і VT_5 досить швидкодіючі, щоб процеси їхнього вмикання і вимикання мали тривалість порядку десятих часток мікросекунди, що набагато менше часу вмикання і вимикання транзистора VT_6 . Це буде дотримуватися за умовою вибору транзисторів з параметрами $f_{h21B VT4} > 80...100$ МГц, $f_{h21B VT5} > 30$ МГц [11].

Для побудови оптимальної системи керування імпульсним перетворювачем постійної напруги необхідно контролювати всі координати вектора стану силової частини, тобто повинні використовуватися багато контурні системи керування. Оскільки вектор стану визначається неоднозначно, то і координати, які контролюються, можуть бути різними.

Розглянемо ще один приклад широко використовуваної схеми імпульсного перетворювача постійної напруги знижувального типу з ШІМ та зворотнім зв'язком по вихідній напрузі та струму реактора (рисунок 2.11) [11].

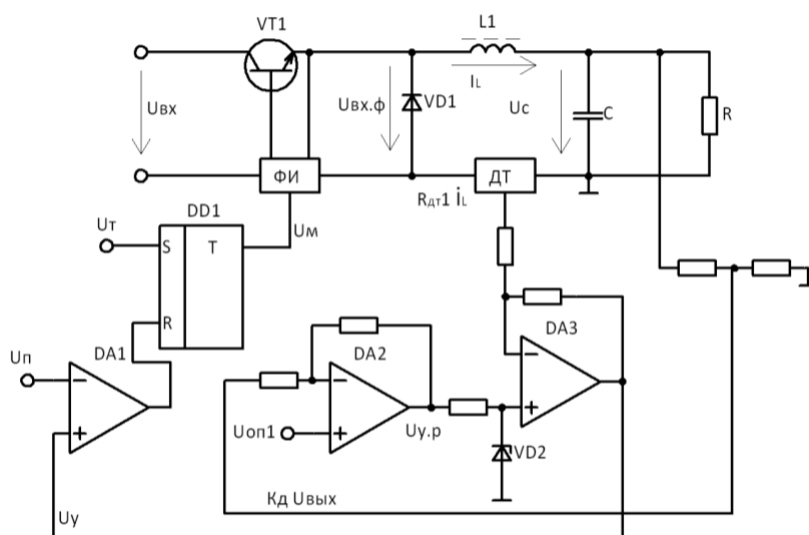


Рисунок 2.11 – Схема знижувального ППН з ШІМ та зворотнім зв'язком по вихідній напрузі та струму реактора

Схема керування імпульсним перетворювачем постійної напруги складається з компаратора DA1, RS-тригера DD1, які є складовими частинами ШІМ, підсилювача розузгодження DA2, джерела опорної напруги $U_{оп1}$, підсумовуючого підсилювача DA3. Наявність тригера виключає формування на інтервалі $0 < t < T$ декількох імпульсів на виході ШІМ, навіть якщо крива напруги $u_y(t)$ декілька разів перетинає зверху до низу графік напруги трикутної форми $u_n(t)$, наприклад, за рахунок перешкод. В компараторі DA1 відбувається порівняння керуючої напруги u_y з напругою трикутної форми u_n . [11].

Робота імпульсного перетворювача постійної напруги синхронізується тактовими імпульсами u_T , що подаються на вхід S тригера. В момент формування тактового імпульсу RS-тригер встановлюється в стан 1, на його виході з'являється високий рівень напруги, яка за необхідності підсилюється в формувачі імпульсів керування ФІ та забезпечує включення транзистора VT1. В момент t_0 крива напруги $u_y(t)$ перетне графік напруги трикутного типу $u_n(t)$, напруга u_y на інвертую чому вході компаратора DA1 зменшується, ніж напруга на неінвертуючому вході u_n . Тому в момент t_0 на виході компаратора з'являється від'ємний перепад напруги, який викликає переключення

тригера в стан 0 та закінчення тривалості додатного імпульсу на виході ШІМ [11].

В якості змінних стану імпульсного перетворювача постійної напруги з однією ланкою LC-фільтру можуть бути обрані напруга на конденсаторі u_c та його перша похідна \dot{u}_c . З метою покращення динамічних показників якості імпульсного перетворювача постійної напруги в схему вводяться додаткові ланки зворотного зв'язку по струму реактора або конденсатора струму. Схема складається з двох замкнених контурів регулювання, причому сигнал зовнішнього контуру $u_{ур}$, який знімається з виходу підсилювача розузгодження DA2, є задаючим для внутрішнього контуру регулювання струму реактора. Вводячи обмеження сигналу на вході внутрішнього контуру за допомогою стабілітрона VD2, в такій схемі можна обмежити струм реактора та регулюючого транзистору VT1 в перехідних режимах на деякому рівні. При перевантаженнях по струму імпульсний перетворювач постійної напруги автоматично переходить в режим обмеження струму [11].

Напруга $R_{дт1}i_L$, пропорційна струму реактора, подається з датчика струму ДТ на інвертуючий вхід підсумовуючого підсилювача DA3. Реалізація датчика струму ДТ може бути різною, в простішому випадку може використовуватися низькоомний безіндуктивний шунт. По закінченню на виході ШІМ імпульсу u_m формується сигнал відключення транзистора [11].

В роботі реальні аналогові схеми можуть лише наближено відтворювати похідну від любого сигналу та відрізняються високою чутливістю до перешкод. Розглянуті схемні рішення мають недоліки, а саме: ускладнення силової частини та схеми керування, збільшення втрат потужності в силовій частині. Такі схемні рішення істотно застаріли, оскільки мають невисоку надійність, продуктивність і швидкодію, точність позиціонування. Крім того, такі схеми потребують постійного контролю працездатності [11].

Існують сучасні схеми імпульсних перетворювачів постійної напруги, спроектовані на основі спеціалізованих інтегральних мікросхем. Пристрої зібрано на спеціально призначених для імпульсних джерел живлення мікросхемах, наприклад TL494. Це дозволяє зменшити кількість використовуваних деталей та значно спростити схему розробляемого приладу [11].

Однак схему блоку системи керування найдоцільніше розробити на базі сучасних мікроконтролерів. Він забезпечує оптимальну роботу управління імпульсним перетворювачем постійної напруги в залежності від вітрових умов. Він приймає вхідні сигнали, обробляє їх та видає керуючі команди в управління імпульсний перетворювач постійної напруги. Цифрове управління окремими одиницями устаткування на різних рівнях дозволяє легко збирати інформацію (чи викликати її) з нижніх на верхні рівні ієрархічної системи управління [11].

2.3.2 Обґрунтування вибору мікроконтролера для системи управління

Аналіз ІППН показав, що характер інформації, що приймається, від датчиків струму і напруги є аналоговим, а інформація від датчика швидкості валу генератора – імпульсна. Тому мікроконтролер в своїй архітектурі повинен містити АЦП і лічильник зовнішніх подій, а так само повинен мати достатню кількість пам'яті для реалізації алгоритмів.

Як мікроконтролер для уніфікованого модуля обробки інформації виберемо мікроконтролер фірми Atmel Atmega 32, структурна схема котрого показана на рисунку 2.12. У мікроконтролері АТmega32 є вбудований 10-бітовий АЦП. Напруга на одному з входів АЦП вимірюється щодо опорної напруги. Зміряна напруга перетвориться в 10-бітове число і зберігається в регістрах ADCL і ADCH. ADCH – старший

байт результату вимірювання, ADCL – молодший байт результату вимірювання. У МК передбачено два режими роботи: безперервне і одноразове перетворення. У безперервному режимі АЦП періодично вимірює вхідну напругу і після закінчення перетворення записує результат в регістри ADCL і ADCH. У режимі одноразового перетворення програма повинна ініціювати кожне перетворення самостійно [12].

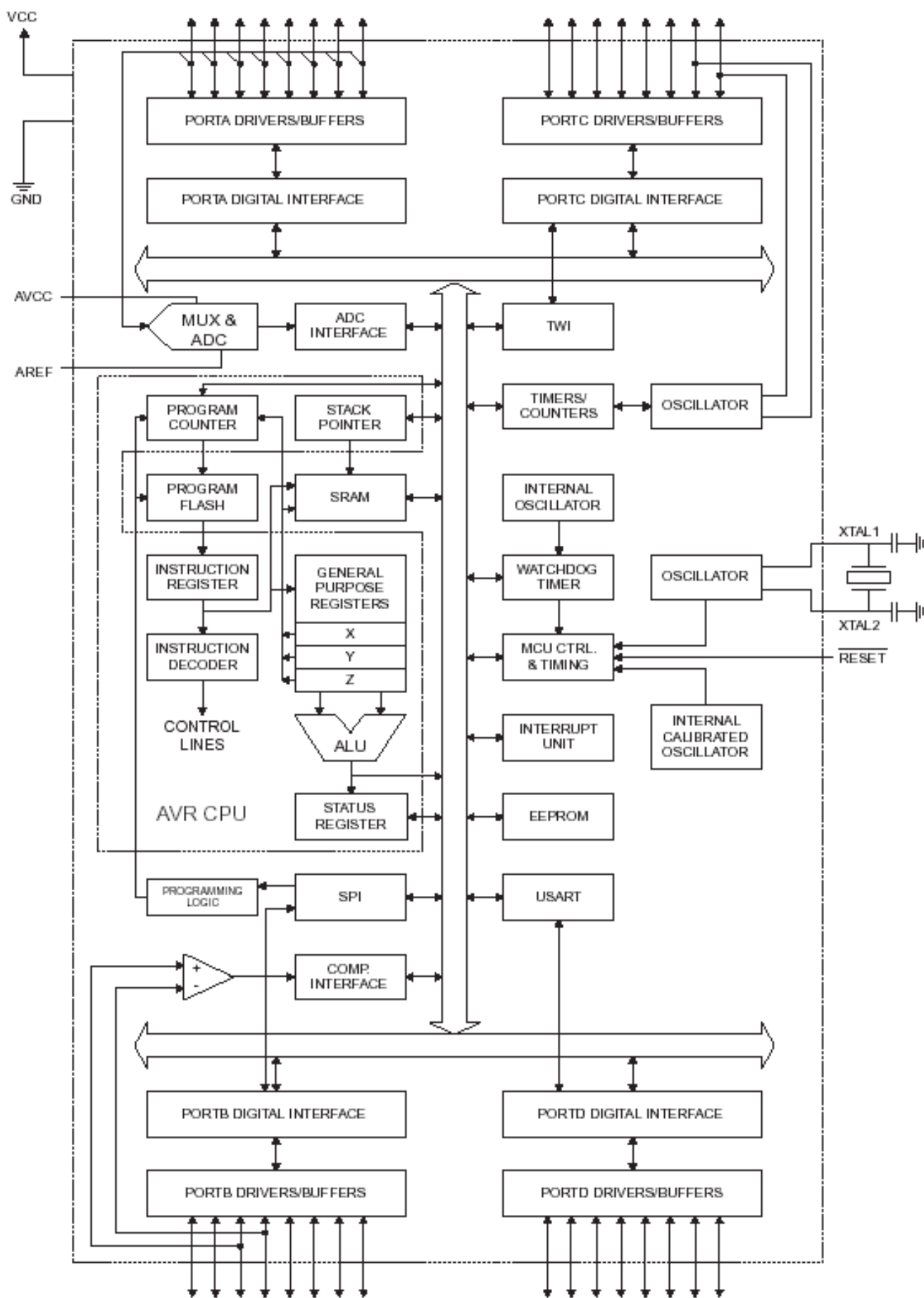


Рисунок 2.12 – Структурна схема мікроконтролера Atmega 32

2.3.3 Особливості датчика швидкості обертання вала генератора

Оскільки вал вітрогенератора як і сам вітрогенератор знаходиться в навколишньому середовищі із змінною температурою від -30 до + 60 градусів і підвищеній вологості, тому на вітрогенераторі встановлено датчик НОА1887 з сімейства датчиків НОА18xx (рисунок 2.13) [13].

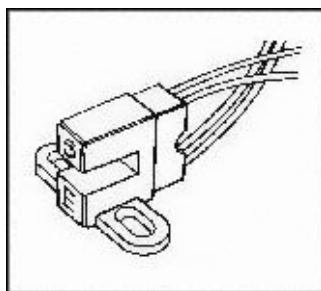


Рисунок 2.13 – Загальний вид датчика швидкості обертання вала генератора

Датчики цього сімейства побудовані на базі GaAs ІЧ-СВІТЛОДІОДУ SE1450 і кремнієвого n-p-n-фототранзистора SD1440 (або, залежно від моделі, складеного транзистора по схемі Дарлінгтона SD1410), жорстко зафіксовані П-образним корпусом з кріпильними вухками, що забезпечує просвітний проміжок шириною 9,53 мм і заввишки 12,7 мм. Ці прості і недорогі датчики з невисоким дозволом (1,52 мм, визначається розміром апертури приймача) призначені для визначення положення і швидкості обертання щодо великих об'єктів [13].

Основні параметри датчика:

- напруга живлення 5В;
- швидкодія біля 0,01мкс;
- температурний діапазон від – 25 до +65 С [13].

Для роботи датчика на вал генератора встановлено диск з непрозорого для світла матеріалу в якому зроблені 4 пропила під кутом

90 градусів. Датчик встановлено так, що б проходження пропила між фотоприймачем і фотовипромінювачем викликало його спрацьовування.

2.3.4 Обґрунтування вибору блоку індикації

Робота системи припускає локальну систему відображення інформації, для цього обираємо дисплей LCD Winstar WH1602A

Символьні рідкокристалічні індикатори з вбудованими контролерами набули широкого поширення в побутових приладах завдяки низькому енергоспоживанню, зручності і простоті застосування. Серед них дворядкові символьні індикатори на 8 або 16 символів в рядку є найбільш дешевими і достатньо функціональними для вирішення багатьох завдань. Як правило, в такий індикатор вбудований контролер [14].

Мікросхема HD44780 використовується при виробництві алфавітно-цифрових рідкокристалічних – модулів.

Особливості контролера дисплея:

- ROM генератор символів (CGROM): 10,080 битий (204 знаки x 5 x 8 крапок) & (32 знаки x 5 x 11 крапок);
- оперативна пам'ять генератора символів (CGRAM): 64x8 битий (8 знаку x 5 x 8 крапок);
- відео оперативна пам'ять (DDRAM): 80x8 битий (80 знаків);
- напруга електроживлення (VDD): 2.7-5.5 V;
- напруга електроживлення драйвера LCD: 3.0-13.0 V;
- програмований робочий цикл: 1/8, 1/11, 1/16;
- внутрішній резонатор із зовнішнім резистором;
- низьке енергетичне споживання [14].

Функціональна схема контролера HD44780 приведена на рисунку

2.14.

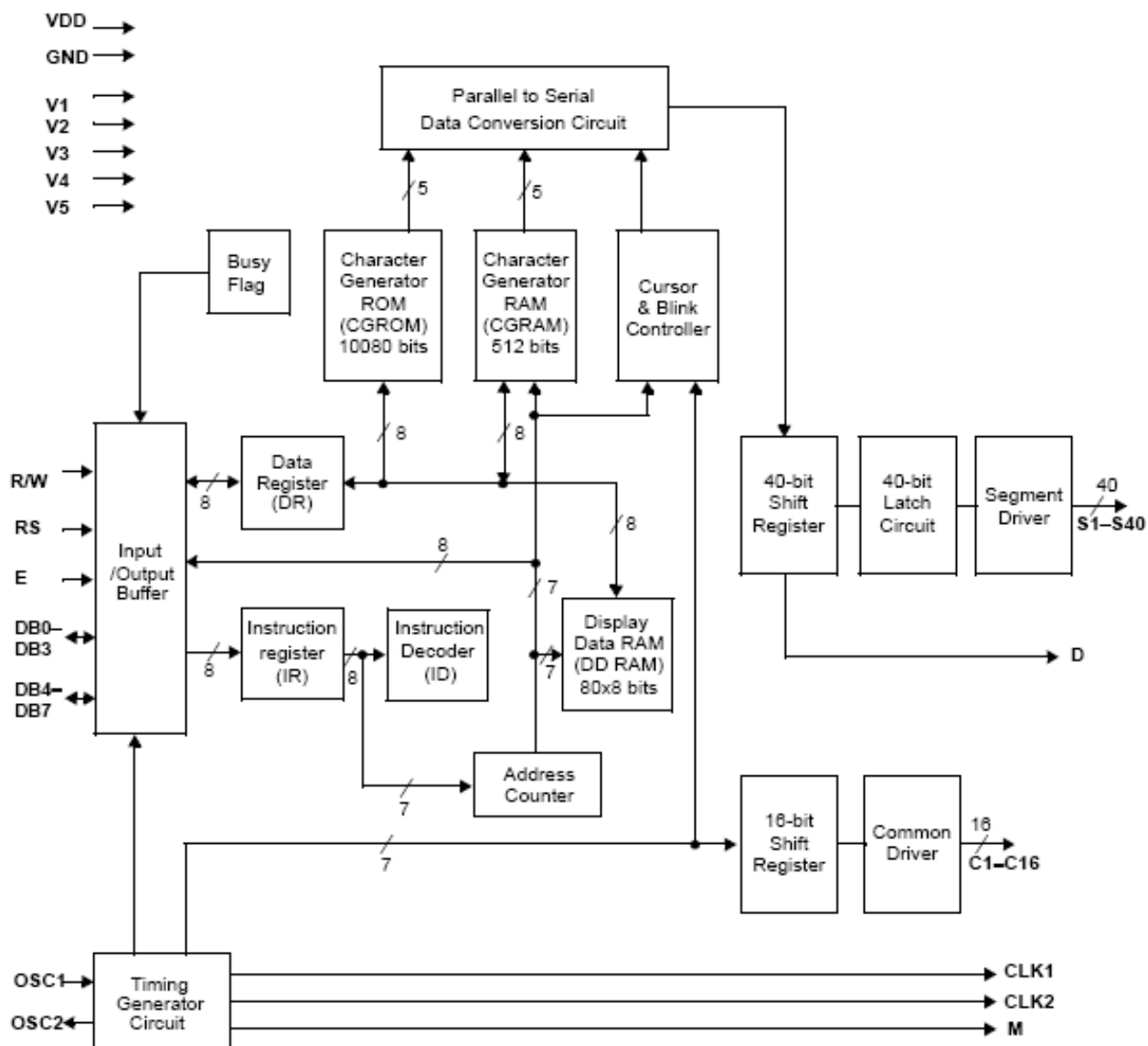


Рисунок 2.14 – Функціональна схема контролера HD44780

Управління контролером здійснюється по паралельній восьмибітовій шині. В основному обмін йде з двома регістрами: регістра команд і регістра даних. Для вибору регістра використовується лінія RS: RS = 0 – регістр команд (IR) або RS = 1 – регістр даних (DR) [14].

Дані через регістр даних, залежно від команди можуть прочитуватися або записуватися, в пам'ять дисплея DDRAM або в пам'ять знакогенератору CGRAM в поточний осередок, на який указує регістр адреси. Інформація, що поміщається в регістр команд, розглядається як послідовність, що управляє. При читанні з регістра команд в семи

молодших бітах знаходиться покажчик на поточний осередок даних, а в старшому біті прапор зайнятості.

Контролер містить вісімдесят байт відеопам'яті, при цьому на кожен рядок доводиться по 40 байт. Зайві байти не відображаються на екрані, проте існує можливість зрушення відеопам'яті, для відображення символів, що знаходяться там [14].

Робота контролера заснована на динамічній індикації, що означає що дані на дисплеї виводяться постійно, не залежно від того, змінилися вони чи ні. Контролер HD44780 містить певний набір прапорів, що дозволяє налаштувати і управляти їм [14].

HD44780 може працювати в режимах з шириною шини даних в 4 або 8 битий. Це дозволяє спростувати топологію друкарської плати і використовувати управляючі пристрої з мінімальним числом виводів, або збільшувати швидкість роботи з індикатором.

Видача символічної інформації на дисплей проводиться шляхом подачі інформації про відображаємий символ, на інформаційні виводи і управління процесом запису за допомогою сигналів RS, R/W і E. Спочатку контролер одержує інформацію про адресу символу, що виводиться. Шістнадцятирічну адресу почала першого рядка – 80, другий – C0, подальший зсув за рядками досягається збільшенням адреси

Особливості обраного дисплею:

- формат: 16 символів, 2 рядка;
- контролер: HD44780;
- тип підсвічування LED [14].

2.4 Розробка схеми електричної принципової системи

У основі блоку управління системою (рисунок 2.15) лежить мікроконтролер DD1 ATmega32. Оскільки експлуатація системи, що розробляється, передбачається в широкому діапазоні температур формування тактових імпульсів для мікроконтролера здійснюється за допомогою кварцового резонатора ZQ1. тактова частота генератора складає 16 МГц. При тактовій частоті 16 МГц швидкість виконання алгоритмів вимірювання і відображення буде достатнє. Тому збільшувати тактову частоту вище не має сенсу.

Ланцюжок з резистора R1, R6 і конденсатора C3 виконує функції системи формувача примусового скидання при включенні системи. Резистори R13-R18 є струмообмежувальними резисторами в ланцюзі клавіатури. Струмообмежувальні резистори повинні обмежувати струм в ланцюгах мікроконтролера, згідно офіційної документації, на рівні 5mA [15].

Розрахуємо значення резисторів згідно закону Ома:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{0.005} = 1000 \text{ Ом.} \quad (2.1)$$

Струм який протікає в лінії управління мікросхеми ІППН – DA1 може складати близько 200 mA, це набагато більш ніж може пропустити через себе порт мікроконтролера. Тому для управління контролером ІППН схему введено твердотільне реле VD1, яке забезпечує не тільки гальванічну розв'язку ланцюга управління ІППН з мікроконтролером, але і збільшує здатність навантаження порту мікроконтролера.

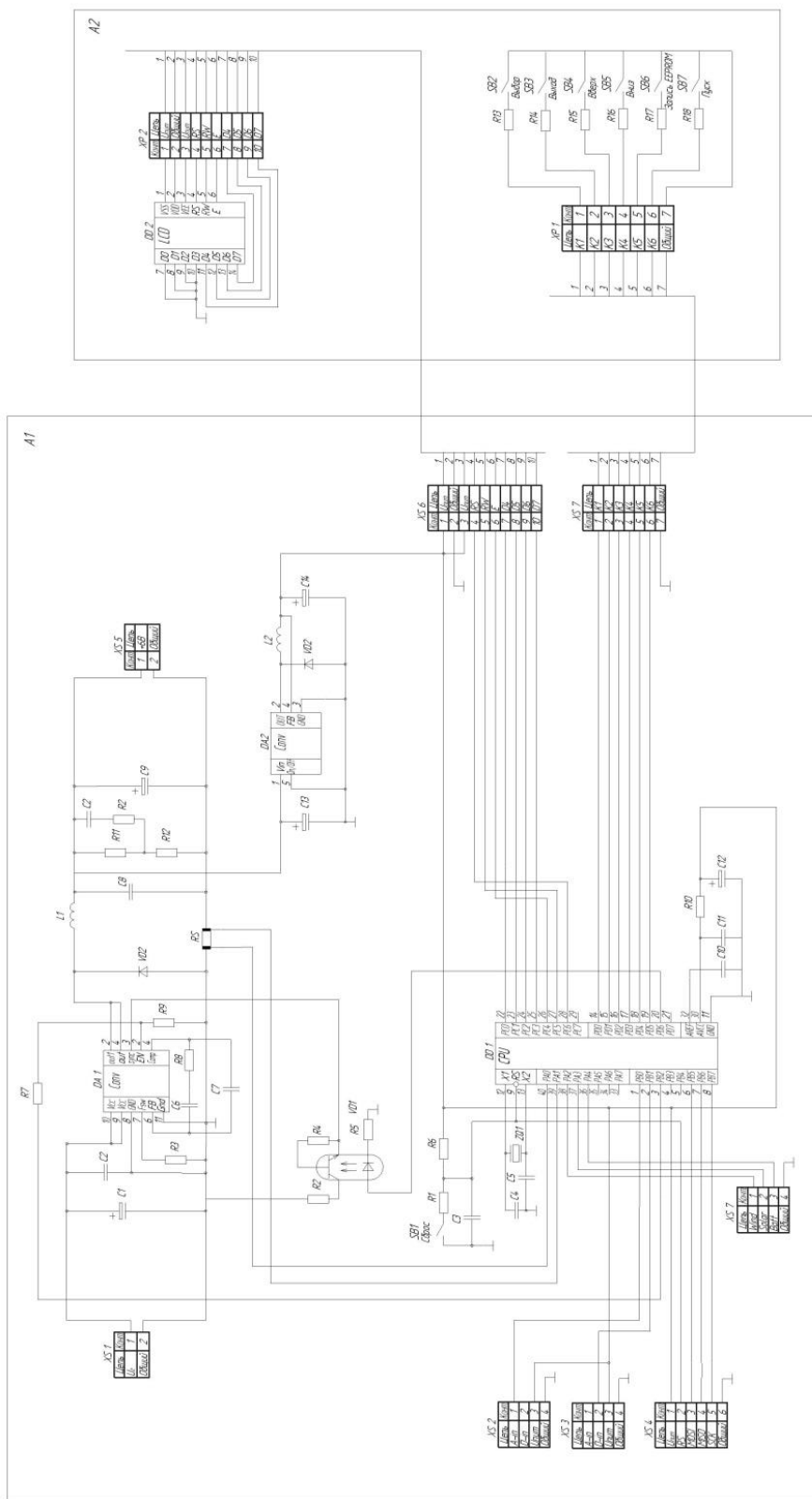


Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова системи управління

Вибираємо за довідником оптрон VS 12-1100 з максимальним струмом $I_{k_{max}}=1A$. Управління оптроном здійснюється від лінії 6 порту D мікроконтролера.

Для вимірювання аналогових величин в режимі диференціального входу, задіяна лінія 0 і 1 порту A, для вимірювання імпульсних величин задіяна лінія 0 і 1 порту B.

Всі компоненти системи управління мають напругу живлення +5В. Загальна споживана потужність складає близько 150 мВт. Тому доцільно для живлення системи управління використовувати джерело живлення на основі ІППН контролер якого по схемі позначеній як DA2.

Схема електрична принципова блоку узгодження датчиків блоку управління показана на рисунку 2.16.

Блок містить модулі перетворення аналогових величин (M1, M3) і імпульсних величин (M2). Коефіцієнти дільників блоків вибираються виходячи з параметрів шунта в схемах ВЕУ. Для достовірності відображення аналогових величин в прошивці МК передбачається введення поправочних коефіцієнтів.

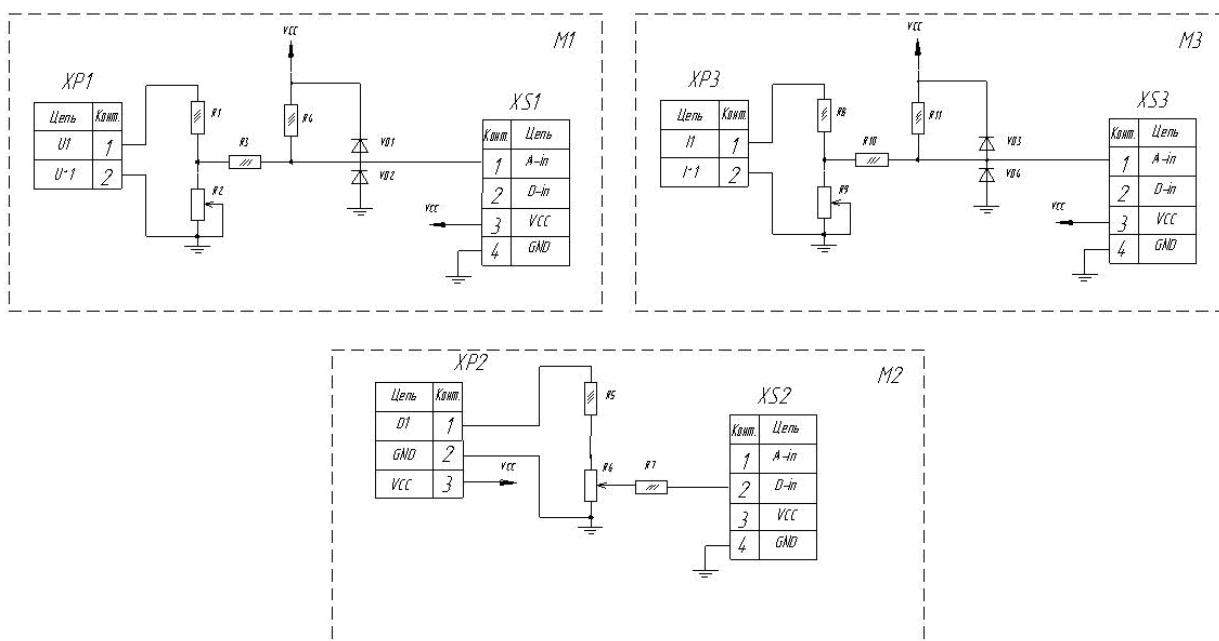


Рисунок 2.16 – Схема електрична принципова блоків узгодження

2.4.1 Розрахунок надійності блоку управління

Для того, щоб визначити надійність конструкції необхідно виконати наступні розрахунки:

Інтенсивність відмов всієї схеми можна розрахувати за формулою:

$$\Lambda = \sum \lambda_n \cdot N_n; \quad (2.2)$$

де λ_n – інтенсивність відмов елементів схеми;

N – кількість елементів схеми.

Інтенсивність відмови окремих елементів приведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Інтенсивність відмови елементів

Тип	Позначення	Кількість	Відмовостійкість, год ⁻¹
Мікроконтролер	DD1	1	$0,26 \cdot 10^{-7}$
Дисплей	DD1	1	$0,5 \cdot 10^{-7}$
Резистори	R1...R18	18	$0,02 \cdot 10^{-7}$
Конденсатори	C1-C14	14	$0,5 \cdot 10^{-7}$
Роз'єми	XS1 –XS8	8	$0,01 \cdot 10^{-7}$
Контролери ІППН	DA1- DA2	2	$0,3 \cdot 10^{-7}$
Дроселі	L1,L2	2	$0,6 \cdot 10^{-7}$
Клавіатура	SB1-SB7	7	$0,8 \cdot 10^{-7}$

$$\Lambda = 0,26 \cdot 10^{-7} + 15 \cdot 0,5 \cdot 10^{-7} + 18 \cdot 0,02 \cdot 10^{-7} + 8 \cdot 0,01 \cdot 10^{-7} + 2 \cdot 0,3 \cdot 10^{-7} + 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-7} + 7 \cdot 0,8 \cdot 10^{-7} = 2,37 \cdot 10^{-7}.$$

Середнє напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = 1/\Lambda; \quad (2.3)$$

де Λ – інтенсивність відмов всієї схеми;

T_{cp} – середнє напрацювання до першої відмови.

$$T_{cp} = 1/4.68 \cdot 10^{-7} = 2136752,14 (\text{години}) = 89031,34 (\text{днів}) = 244 (\text{роки}).$$

Вірогідність безвідмовної роботи:

$$P(t) = 1 - \Lambda \cdot t; \quad (2.4)$$

де $P(t)$ - вірогідність безвідмовної роботи при t рівному часі нормальної роботи виробу:

$$P(t) = 1 - 4.68 \cdot 10^{-7} \cdot 5000 = 0.999.$$

Виходячи з отриманого результату можна зробити висновок, що система управління відповідає вимогам надійності сучасних систем.

2.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення для розробки програми у кодї мікроконтролера

Для програмування мікроконтролера вибрано середовище AVR Studio. AVR Studio – інтегроване середовище розробки (IDE) для розробки 8-бітових AVR додатків від компанії Atmel, що працює в операційних системах Windows NT/2000/XP/Vista/7. AVR Studio містить асемблер і симулятор, що дозволяє відстежити виконання програми. Поточна версія підтримує всі мікроконтролери AVR, що випускаються на сьогодні, і засоби розробки. AVR Studio містить в собі менеджер проектів, редактор початкового коду, інструменти віртуальної симуляції і внутрішньосхемної відладки, дозволяє писати програми на асемблері або на C/C++. Через перераховані достоїнства AVR Studio може вважатися зручної середовищем розробки додатків для мікроконтролерів AVR [17].

Проектування прошивки вестимемо за допомогою мови програмування – асемблер.

2.5.1 Розробка алгоритму роботи лічильника обертів

Оскільки в мікроконтролері є таймери-лічильники, то алгоритм підрахунку імпульсів доцільно будувати використовуючи їх.

Основної ідеєю роботи частотоміра є підрахунок імпульсів тих, що поступили на вхід контролера за певний проміжок часу. Для реалізації такої процедури необхідно задіювати два таймери лічильника. Один з них використовувати для виміру інтервалу часу, інший як лічильник зовнішніх подій. Вбудований у мікроконтролер лічильник Т-0 використовуємо для підрахунку подій, а лічильник Т-1 (також вбудований до мікроконтролеру) для підрахунку часу виміру. Алгоритм роботи вимірювача частоти обертів вітрогенератора приведений на рисунку 2.17.

У додатку приведена підпрограма виміру частоти. Для визначення числа підрахованих імпульсів проводиться обробка результату за формулою:

$$N = \frac{n \cdot 60}{t_3 \cdot k} ; \quad (2.5)$$

де N – число оборотів валу в хвилину;

n – число підрахованих імпульсів за час виміру t_3 (сек);

k – число імпульсів датчика на один оборот валу.

Визначення інтервалу виміру проводиться експериментально. Воно залежить від бажаної точності вимірювання і діапазону частот обертання валу. Для розробленої системи рекомендується використовувати час виміру рівне 0,5 сек.

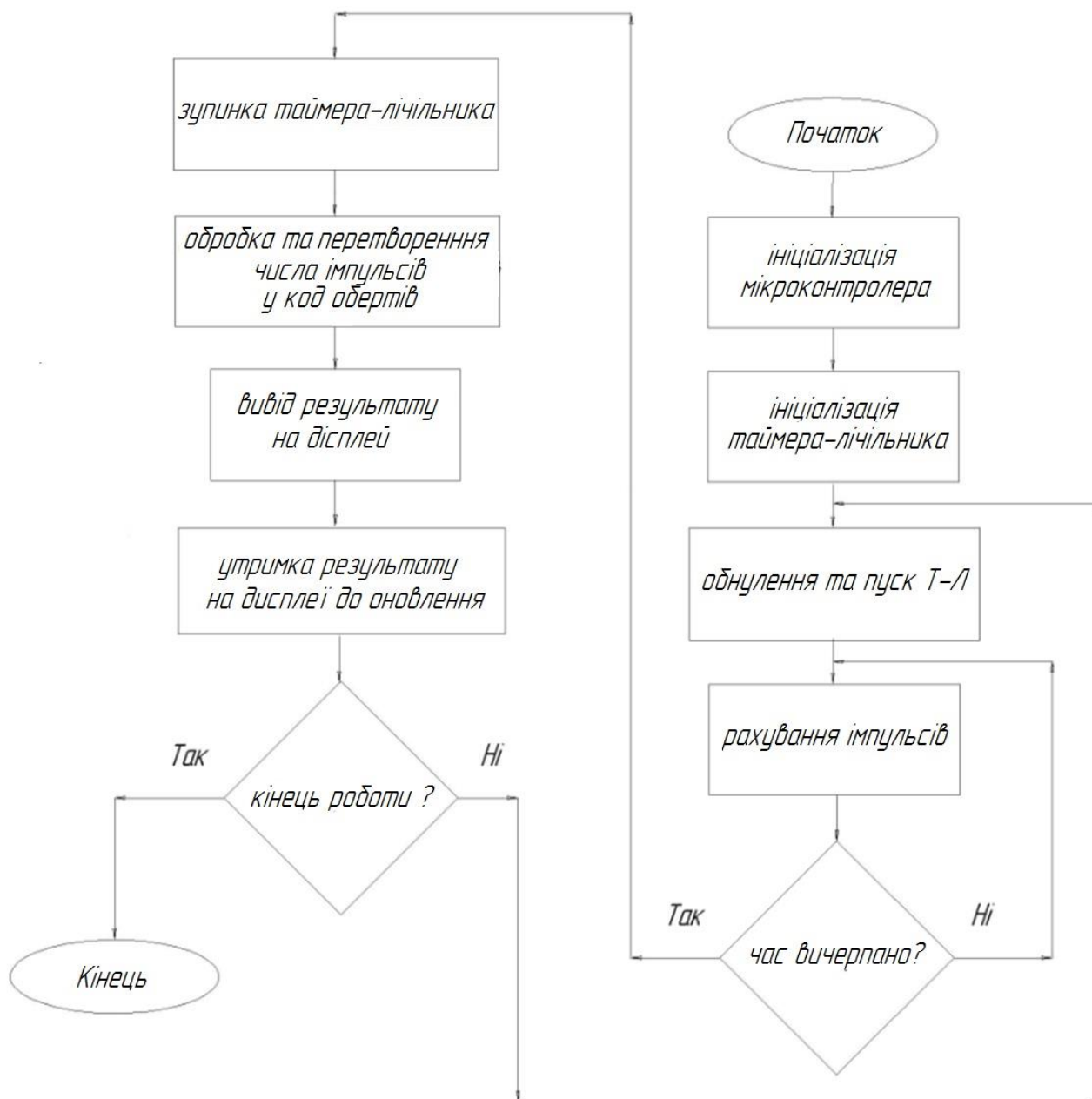


Рисунок 2.17 – Алгоритм вимірювання частоти обертів вітрогенератора

Після отримання результату дані витягуються з регістра таймера-лічильника, обробляються і приводяться у вигляд придатний для візуалізації та обробки.

2.5.2 Розробка алгоритму роботи вольт-амперметра

Оскільки в архітектурі мікроконтролера є АЦП те виміри аналогових величин можна проводити без використання зовнішніх аналого-цифрових перетворювачів. Це значно спростить алгоритм роботи вимірника аналогових величин.

Основної ідеєю роботи вимірника є зчитування зміряного рівня напруги що поступає на відповідний канал внутрішнього АЦП. Для реалізації такої процедури необхідно задіяти АЦП і внутрішнє джерело опорної напруги. Використання внутрішньої опорної напруги величиною 2,56 вольт спрощує схему електричну принципову пристрої. Вхід АЦП конфігурований як несиметричний. Алгоритм роботи вимірювача приведений на рисунку 2.18.

У додатку приведена підпрограма виміру. Результат перетворення АЦП обчислюється за формулою:

$$A_{dc} = \frac{V_{in} \cdot 1024}{V_{REF}}; \quad (2.6)$$

де A_{dc} – результат перетворення аналогової величини, зберігатися в регістрах АЦП;

V_{in} – значення вхідної напруги;

V_{in} – величина опорної напруги.

Після отримання результату дані витягуються з регістрів АЦП, обробляються і приводяться у вигляд придатний для візуалізації на дисплеї.

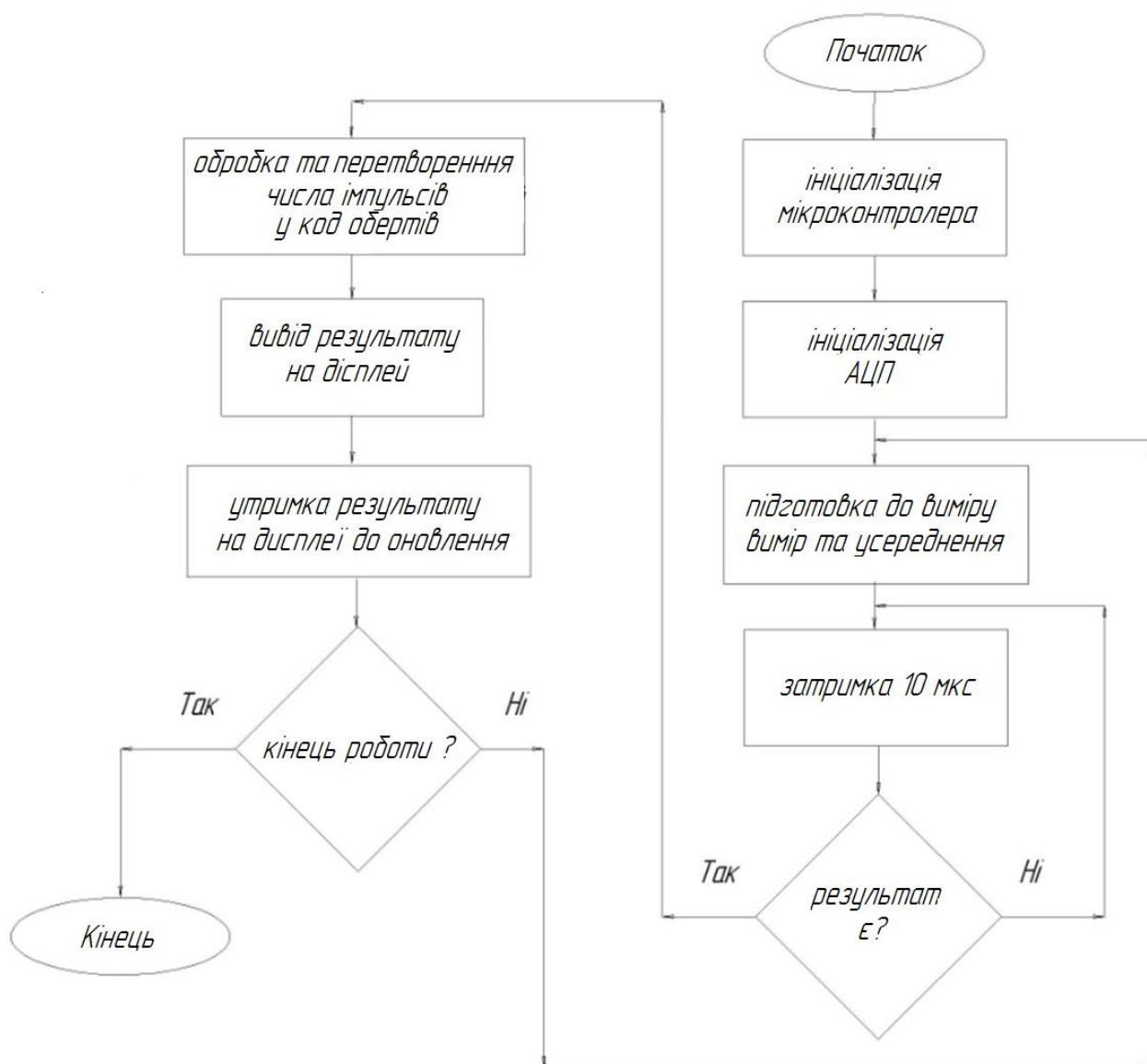


Рисунок 2.18 – Алгоритм вимірювання аналогових значень

2.5.3 Розробка алгоритму формування імпульсів управління інвертора

Оскільки в архітектурі мікроконтролера апаратний формувач ШІМ тому управління контролером ІППН можна проводити без використання зовнішнього перетворювача. Це значно спростить алгоритм роботи формувача.

Розглянемо докладніше ініціалізацію ШІМ. У програмі використаний так званий Phase correct PWM на таймері Т-2. Лічильник

TCNT2 поступово збільшується (згідно встановленому дільнику), коли його вміст стає рівним вмісту OCR2A, то на виводі OC1A залежно від бітів COM1A0, COM2A1 (у регістрі TCCR2A), встановлюється нуль або одиниця. Після лічильник досягає 0xFF (залежно від бітності ШІМ) і починає зменшуватися. Як тільки TCNT2 знову порівнюється з OCR2A, на виводі OC2A рівень міняється на протилежний. Після чого лічильник досягає 0x00 і все повторюється знову.

У даному випадку COM2A1=1, COM2A0=0. І це означає, що при початку лічби, на виводі OC2A встановлюється високий рівень. При досягненні лічильником значення OCR2A при зростанні рівень на OC2A стає нульовим. А при досягненні лічильником значення OCR2A при убиванні, рівень на OC2A стає високим, і т.д. Простіше кажучи: «чим більше значення OCR2A – тим більше заповнення сигналу». Бітність і режим ШІМ задається за допомогою бітів WGM13-WGM10 (біти WGM13, WGM12 знаходяться в регістрі TCCR2B, а біти WGM10, WGM11 в регістрі TCCR2A).

2.6 Моделювання інвертора у середовищі Micro Cap

Проведемо моделювання роботи багаторівневого автономного інвертора напруги (БАІН) який формує змінну напругу 220В частотою 50 Гц для живлення споживачів.

Модель системи управління реалізована у вигляді схеми (рисунок 2.19), в якій управляючі сигнали, формуються згідно алгоритму управління силовими ключами БАІН. Для формування різномірної по амплітуді вихідної напруги необхідно застосувати декілька джерел пилкоподібної напруги з різними рівнями напруги. Прийmemo амплітуду модулюючого сигналу 5В, параметри частоти і напругу введемо для

джерела синусоїдальної напруги V10. Управляючий сигнал силового приладу, що формує 1/3 вихідної напруги, створюється подачею на компаратор X21 пилкоподібного періодичного сигналу з амплітудою від 0В до 2,5В від джерела напруги V39.

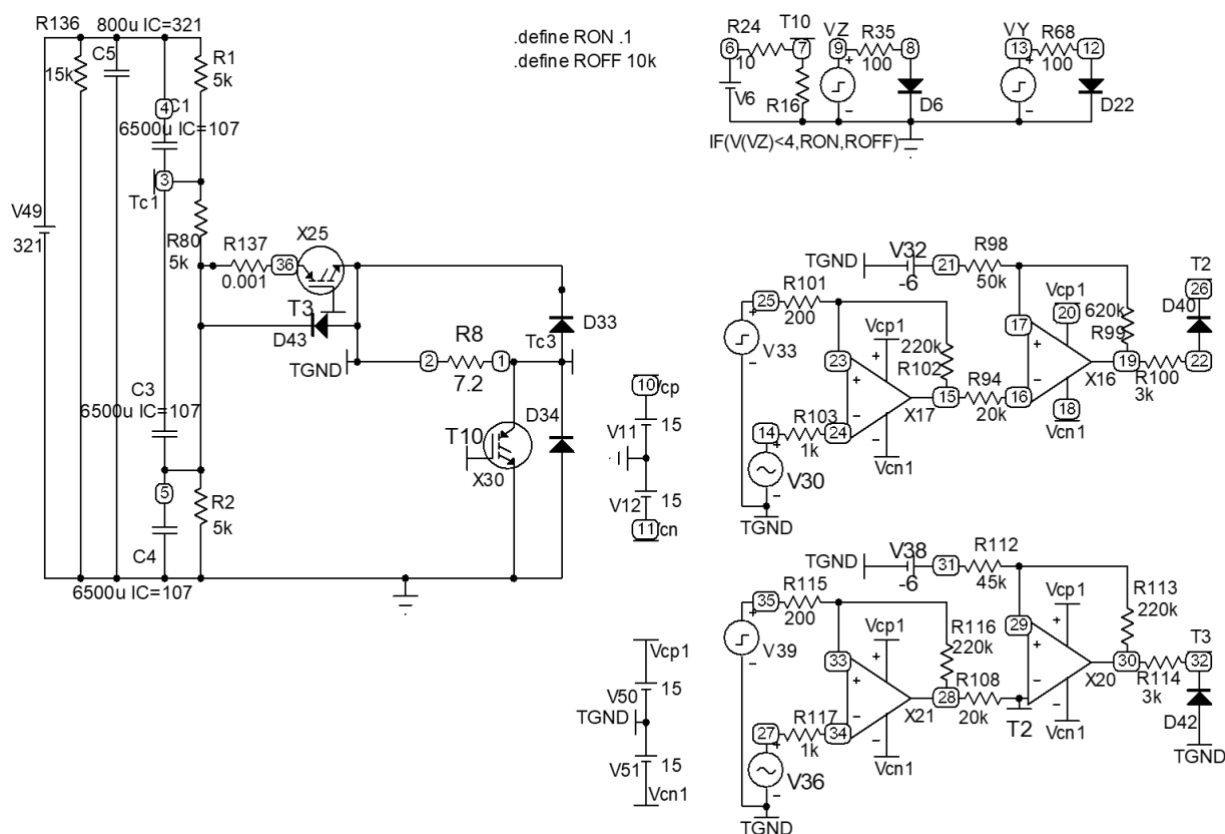


Рисунок 2.19 – Модель багаторівневого автономного інвертора напруги

Для побудови сигналу силового приладу на компаратор X17 подаємо пилкоподібну напругу амплітудою від 2,5В до 4,5В від джерела напруги V33. Управляючий сигнал силового приладу, що комутує повну напругу, залежить від пилкоподібної напруги амплітудою від 4,5В до 6В – джерела напруги V15.

На час включення і виключення моделі IGBT впливають параметри керованого ключа. В результаті, з виходу компаратора X21 після інвертора X20 на ключ R116 поступають управляючі сигнали, що мають на ділянках від 0 до $\pi/6$ і від $5\pi/6$ до π форму ШІМ, на ділянці від $\pi/6$ до $5\pi/6$ – напруга включеного стану і на ділянці від π до 2π напруга

вимкненого стану. Управляючі сигнали решти ключів будуються аналогічно.

Для модулюючих ключів R114 і R100 управляючі сигнали формуються додатковими джерелами напруги, що забезпечують відмикання ключів у момент формування позитивної і негативної півхвилі вихідної напруги.

Моделювання роботи БАІН виконано для випадку резистивного навантаження. Номінали елементів моделі приведені на рисунку 2.19. Вид вихідної напруги і його гармонійний склад представлені на рисунку 2.20.

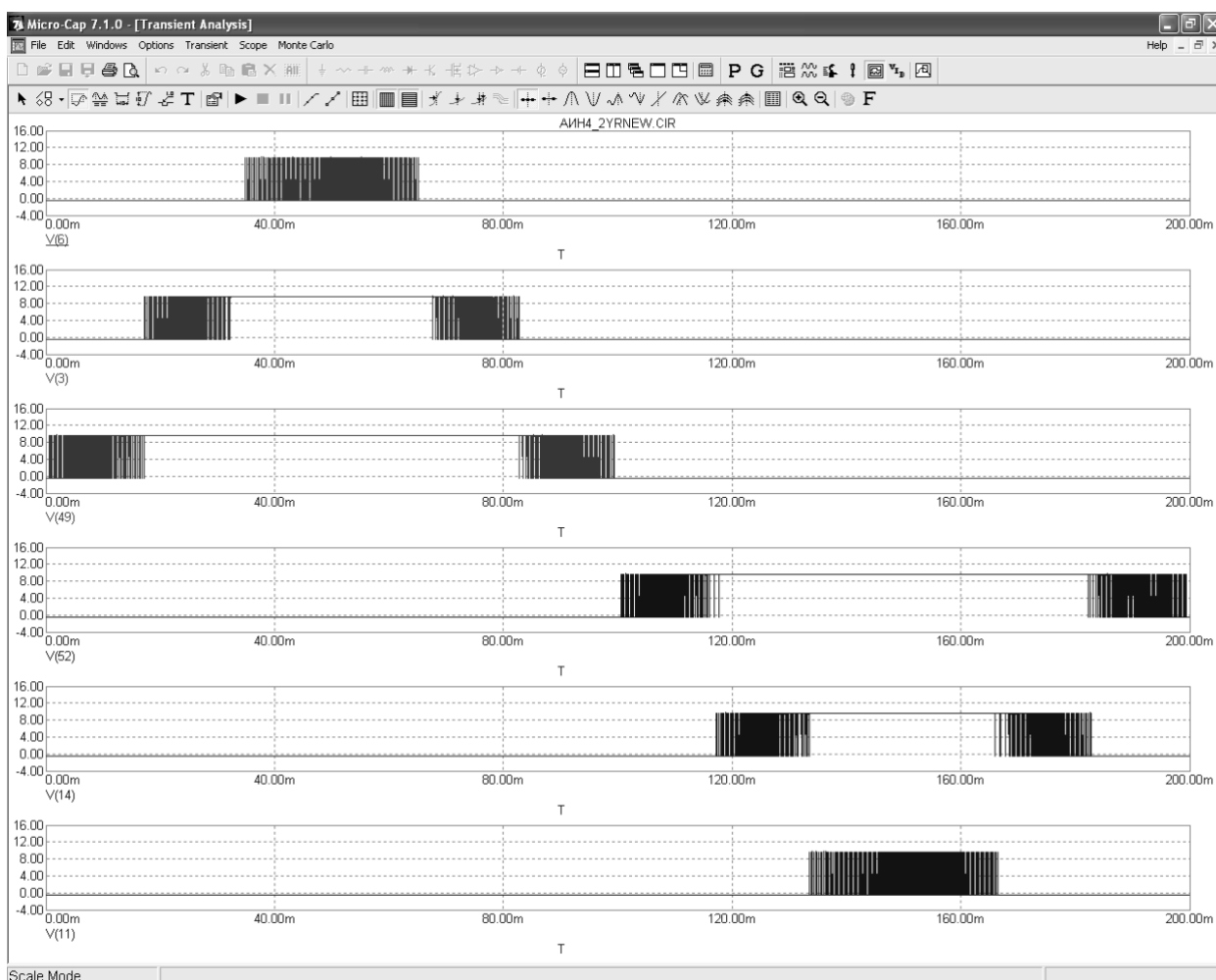


Рисунок 2.20 – Управляючі сигнали силових приладів БАІН.

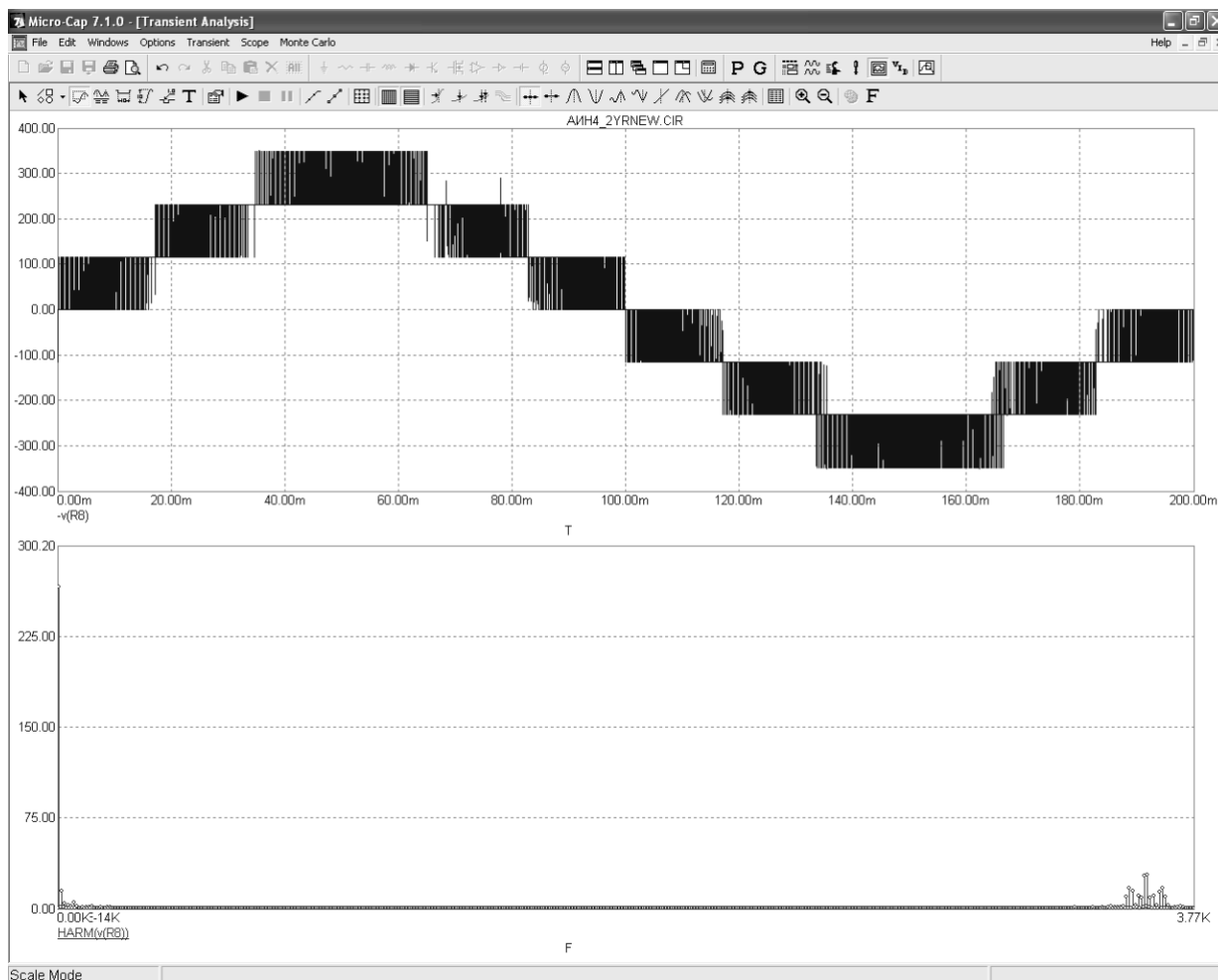


Рисунок 2.21 – Вихідна напруга БАІН і її гармонійний склад

Перевагами розробленої і описаної моделі є: простота коректування параметрів схеми, можливість зміни алгоритму управління силовими ключами не міняючи схемного рішення, можливість використання різних моделей приладів, що підвищить адекватність моделювання, змінювати типи приладів, що дозволить аналізувати вплив параметрів комутації силових ключів на якість вихідної напруги і виконати розрахунки всіх основних параметрів БАІН.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Сучасне життя великою мірою залежить від електроенергії, а безперервне електропостачання є ключовим аспектом забезпечення комфорту та безпеки в приватних будинках. Однак часто буває, що раптові відключення електрики можуть порушити повсякденну діяльність і створити незручності для мешканців. Особливо це відчули українці під час ворожих атак на енергосистему України. В цей час система автономного живлення для дому відіграє важливу роль, забезпечуючи безперервність електропостачання навіть за умов відключення централізованої мережі. Основою синхронізованої роботи системи є мікроконтролер. Проведемо порівняльний аналіз мікроконтролерів різних виробників.

3.1 Огляд мікроконтролерів

Мікроконтролер Seeeduno XIAO SAMD21G18 (рисунок 3.1)

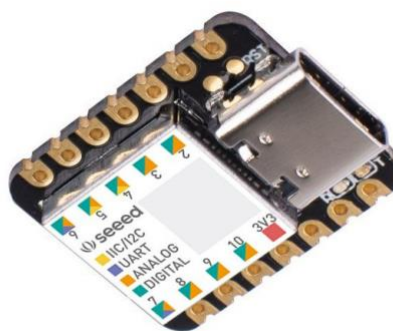


Рисунок 3.1 – Мікроконтролер Seeeduno XIAO SAMD21G18

Характеристики мікроконтролера Seeeduno XIAO SAMD21G18 представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики мікроконтролер Seeeduno XIAO SAMD21G18

ЦП (Центральний процесор)	ARM Cortex-M0+ (SAMD21G18)
Тактова частота	до 48 МГц
Пам'ять SRAM	32 Кб
Пам'ять FLASH	256 Кб
PIN-коди входу/виводу	14 PIN-кодів GPIO 11 аналогових 11 цифрових 1 вихідний контакт ЦАП
Інтерфейс живлення та завантаження	USB Type-C
Тип пам'яті програм	flash
Кварцовий генератор	32.768 кГц
Напруга живлення	2.7–5.5 В
Робоча температура	-40 до 85° С
Вартість	200 грн

Мікроконтролер ESP32 cam (рис.3.2)

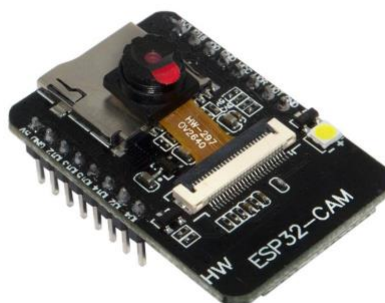


Рисунок 3.2 – Мікроконтролер ESP32 cam

Характеристики мікроконтролера ESP32 cam представлені в таблиці

3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики мікроконтролера ESP32 cam

32-бітний (одно- або двохядрений процесор)	Tensilica Xtensa LX6
Тактова частота	160-240 МГц
SRAM	520 Кб
Струм споживання (у режиму сну)	260 мА (10 мА)
Стандарти бездротового зв'язку – Wi-Fi: 802.11 b/g/N, Bluetooth: v4.2 BR/EDR and BLE	
Наявність датчиків температури, холоу, тач-сенсорів	
Інфрачервоне дистанційне керування	
Можна підключати двигуни та світлодіоди через ШІМ роз'єм	
Стандарт IEEE 802.11 з підтримкою WPA, WPA/WPA2 та WAPI	
Можливість безпечного завантаження	
Шифрування флеш-диска	
Вартість	260 грн

Мікроконтролер Atmel Atmega 32 (рис. 3.3).

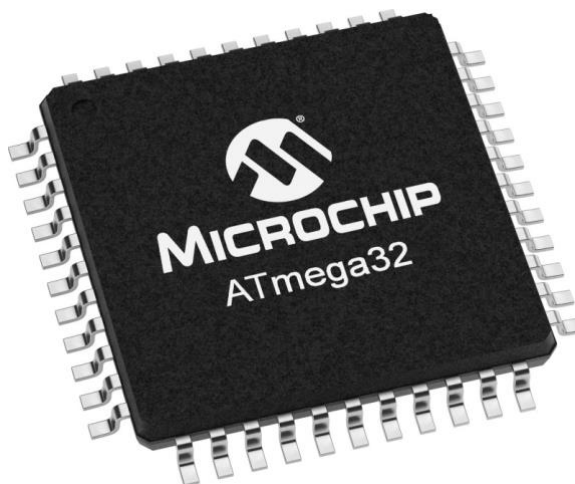


Рисунок 3.3 – Мікроконтролер Atmel Atmega 32

Таблиця 3.3 – Характеристики мікроконтролера Atmel Atmega 32

Мікроконтролер	ATMEL
Розрядність	8
Тактова частота	20 МГц
Об'єм пам'яті, FLASH	8 кБ
Об'єм пам'яті, RAM	512 Б
Внутрішні АЦП	10 Біт
Таймер	2
Кількість входів/виходів	6 вх./вих.
Напруга живлення	2.7-5.5
Температура	-40 до 85 °С
Вартість	90 рн

3.2 Порівняльний аналіз мікроконтролерів за критеріями

Для вибору мікроконтролера проведено їх аналіз методом ієрархій, враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.4)

Таблиця 3.4 – Варіанти мікроконтролерів

Технологія	Короткий опис
А	Seeeduino XIAO SAMD21G18
В	ESP32 cam
С	Atmel Atmega 32

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.6, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв.

Таблиця 3.5 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Таблиця 3.6 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[5]{\prod_{i=1}^5 c_i}$	X_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Тактова частота	1	5	7	5	1/3	2,25	0,33
2. Об'єм пам'яті, FLASH	1/5	1	5	7	1/5	0,67	0,1
3. Розрядність	1/7	1/5	1	1/3	1/7	0,27	0,04
4. Об'єм пам'яті, RAM	1/5	1/7	3	1	1/3	0,49	0,07
5. Вартість	3	5	7	3	1	3,15	0,46
Σ						6,83	1

Далі аналогічно складемо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію . Оскільки тепер порівнюються 3 технології по одному критерію , то $i = 1, 2, 3$;

$$X_i = \frac{\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}}{\sum_{i=1}^3 \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}} \quad (3.1)$$

де \sum - сума по стовпці $\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$.

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «тактова частота»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 \omega_i}$	X_i
A	1	5	1/3	1,18	0,29
B	1/5	1	1/5	0,34	0,09
C	3	5	1	2,46	0,62
Σ				3,98	1

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «об'єм пам'яті, FLASH»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	1/3	1/3	0,47	0,14
B	3	1	1/3	1	0,28
C	3	3	1	2,08	0,58
Σ				3,55	1

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «розрядність»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	3	1/3	1	0,26
B	1/3	1	1/5	0,4	0,11
C	3	5	1	2,46	0,63
Σ				3,86	1

Таблиця 3.10 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «об'єм пам'яті, RAM»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	3	1	1,44	0,43
B	1/3	1	1/3	0,48	0,14
C	1	3	1	1,44	0,43
Σ				3,36	1

Таблиця 3.11 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1/2	1/3	1,22	0,26
B	2	1	1/3	1,5	0,32
C	3	3	1	1,91	0,41
Σ				4,63	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.12 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глобальний
Вага	0,33	0,1	0,04	0,07	0,46	
Seeeduino XIAO SAMD21G18	0,29	0,4	0,26	0,43	0,26	0,2958
ESP32 cam	0,09	0,28	0,11	0,14	0,32	0,2191
Atmel Atmega 32	0,62	0,58	0,63	0,43	0,41	0,5065

З порівняння глобальних пріоритетів різних видів мікроконтролерів (табл.3.12) видно, що найбільшим є пріоритет у розробленого мікроконтролера Atmel Atmega 32.

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння трьох мікроконтролерів різних виробників за наступними критеріями: 1) тактова частота; 2) об'єм пам'яті, FLASH; 3) розрядність; 4) об'єм пам'яті, RAM; 5) вартість.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При роботі та обслуговуванні системи автономного живлення будинку можливо поразка електричним струмом. Основні причини поразки електричним струмом наступні: дотик до неізольованих струмоведучих частин: до металевих частин устаткування (корпус інвертора, клеми акумулятора та ін.), які опинилися під напругою унаслідок пошкодження ізоляції.

Система встановлена у спеціальному приміщенні (щитова) площею 9м², у складі першого поверху житлової будівлі. У будинку мешкають 5 осіб.

У таблиці 4.1 приведені чинники середовища у приміщенні де встановлена система.

Роботи по обслуговуванню системи відносяться до категорії II а – середній тяжкості, роботи виконуються сидячи або стоячи і супроводжуються незначною фізичною напругою. Негативну дію надають розумове перенапруження, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження, що приводять до стомлення і зниження працездатності.

При цьому існують такі чинники небезпеки як поразка електричним струмом (електротравми), вибухо і пожежонебезпека.

Таблиця 4.1 – Чинники середовища щитової

№	Чинники середовища	Нормативне значення	Фактичне значення	Характер праці			Тривалість дії чинника %
				1	2	3	
1	Шкідливі хімічні речовини, мл/м ³ (водень)	2-2,5	2	–	–	–	100
2	Неіонізуючі випромінювання: – радіочастотний діапазон, В/м	25	20				100
	– діапазон промислової частоти, кВ/м	2,5	0,6				100
	– оптичне випромінювання, Вт/м	–	–				–
3	Мікроклімат в приміщенні: – швидкість руху повітря, м/с; – температура повітря, °С; – відносна вологість %	0,1 20-24 40-60	0,1 21-23 50-60		<4 ⁰ С		100
4	Атмосферний тиск, мм.рт.ст	760	760				100
5.	Шум, дБА	20	35				80–90
6	Дрібні стереотипні рухи кистей і пальців рук, к-ть за одно обслуговування	2000	3000				70
7	Напруженість праці: Увага (тривалість зосередження %)		50	>7- 5			100
8	Напруженість функцій аналізаторів (зір)			точна			80

4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих факторів

К основним небезпечним факторам слід віднести електромагнітні поля та шум від вентиляторів охолодження силових модулів зарядно–

інверторного пристрою. Застосування гелевих акумуляторів знижує викід водню у повітря щитової, проте застосування вентиляції є необхідною мірою.

Для зменшення електромагнітного випромінювання пропонується перед монтажем гіпсокартонних профілів та самого гіпсокартону в щитової, розташувати на стінах металеву сітку с розмірами ячейки 10x10мм. За допомогою мідного дроту сітку необхідно підключити до заземлення.

В проміжках між гіпсокартонними профілями розташувати мінеральну шумопоглинальну вату яка є незгоряєма. Ще значно послабить рівень шуму.

4.3 Виробнича санітарія

Приміщення щитової не повинно розташовуватись поблизу джерел водопостачання; на ділянках, забруднених органічними і радіоактивними відходами; у місцях можливого підтоплення і т.д. Основні вимоги до приміщень промислового призначення викладені в СНІП 2.09.02-85 «Промислові приміщення».

У таблиці 4.2 приведені значення прийнятих допустимих (оптимальних) параметрів повітряного середовища в зоні щитової.

Згідно гігієнічної класифікації при виконанні робіт в кімнатах з електронною технікою і при виконанні робіт в приміщеннях повинні підтримуватися оптимальні умови мікроклімату.

Для захисту внутрішніх поверхонь конструкцій приміщень від дії шкідливих і агресивних речовин і вологи використовують керамічну плитку, кислотостійку штукатурку, масляну фарбу, перешкоджаючі сорбції цих речовин і що допускають миття поверхонь. Підлоги

приміщення зносостійкі, теплі, неслизькі, легко миються, волого -, кислото - і вогнестійкі.

Таблиця 4.2 – Значення параметрів мікроклімату в зоні щитової

Категорія роботи по тяжкості	Період року			Температура повітря поза постійними робочими місцями, °С
	на постійних робочих місцях			
	температура повітря, °С	відносна вологість повітря %	швидкість руху повітря, м/с	
II а – середній тяжкості	Холодний період року			
	оптимальна-19-21; допустима-20-24	оптимальна-40-60; допустима-не більше 75	оптимальна-0,2; допустима-не більше 0,3	допустима - 17-25
	Теплий період року			
	оптимальна-21-23; допустима-19-25	оптимальна-40-60; допустима-60 (при 270С)	оптимальна-0,3; допустима-0,1-0,4	допустима - 19-30

При плануванні технічних приміщень враховуються санітарні характеристики виробничих процесів, слідує нормам корисної площі для обслуговуючого персоналу, а також нормативи площ для розташування устаткування і необхідної ширини проходів, що забезпечують безпечну роботу і зручне обслуговування устаткування.

Об'єм технічного приміщення згідно санітарним нормам повинен складати 12м³, а площа приміщень 4,5м² на 1 кВт обладнання. Ширина основних проходів не менше 1м.

Висота щитової складає 2,8м, ширина виходів з приміщення 1м. Площа щитової складає 9м² – таким чином всі вимоги по санітарним нормам дотримані. Додаткових заходів не вимагається.

Ефективним засобом нормалізації мікрокліматичних умов та

видалення шкідливих речовин (водень), з щитової є вентиляція (природна і механічна).

Найбільш поширеним видом організованої вентиляції є аерація. При цьому повітря подається в місця з найменшим виділенням шкідливих речовин (на висоті 1,2–1,5 м над підлогою) і віддаляється з найбільш забруднених зон. Приток зовнішнього повітря здійснюється через отвори в зовнішніх стінах, низ отвору розташовують на висоті: у теплий період року 0,3 – 1,1 м; у холодний період року на висоті не меншого 2 м від підлоги.

Крім того, в щитової використовується механічна вентиляція, при якій повітрообмін здійснюється за рахунок різниці тиску, що створюється вентилятором.

В щитової застосовується автономне водяне опалювання з радіатором. Такий вид опалювання відповідає основним санітарно – гігієнічним вимогам і забезпечує рівномірність нагріву приміщення; можливість централізованого регулювання температури теплоносія (води); відсутність запаху гару; підтримка відносної вологості повітря.

Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність. Освітлення в щитової штучне.

Для освітлення приміщення щитової 9м², в якому розміщуються обладнання з автономного електрозабезпечення будинку використовується два світильника ЛП002 в кожному по дві лампи ЛБ-40 потужністю 40 Вт.

4.4 Електробезпека

Щитова відноситься до класу приміщень з підвищеної небезпеки з погляду поразки електричним струмом та вибухонебезпечна. Температура

навколишнього середовища $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря $60 \pm 20\%$. У приміщенні виконані непровідні підлоги, відсутній струмопровідний пил, відсутнє електрично-активне середовище, відсутня можливість одночасного дотику до металевих частин приладу і заземлюючого пристрою, немає високої температури і підвищеної вологості.

Живлення пристроїв пропонується здійснювати від силового щита через автоматичний запобіжник, що спрацьовує при короткому замиканні.

Для штучного освітлення пропонується застосування мережі з напругою 220 В, частотою 50 Гц. Освітлювальні прилади і устаткування повинні включатися між фазним і нульовим дротом мережі трифазного струму.

Засоби індивідуального захисту що використовуються в щитовій при обслуговуванні обладнання для спеціаліста-електрика є такими:

- халат з негорючої тканини;
- вентиляюємі черевики.

4.4.1 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання із землею металевих неструмоведучих частин електричного устаткування, які можуть опинитися під напругою. Конструктивними елементами захисного заземлення є заземлювачі – металеві провідники, що знаходяться в землі, заземлюючі провідники, що сполучають устаткування, що заземляється, із заземлювачами.

Вихідні дані:

- кліматична зона – 3;
- питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{г}}$ – 70 Ом·м;

- нормований опір заземлюючого пристрою, $R_3 = 4 \text{ Ом}$;
- довжина вертикального електрода $l_B = 2,5 \text{ м}$;
- діаметр вертикального електрода $d_B = 20 \text{ мм}$;
- горизонтальний електрод – смуга сталь $40 \times 4 \text{ мм}$;
- відстань між вертикальними електродами – $0,5 \text{ м}$;
- розташування вершин вертикальних електродів – нижче рівня землі $0,5\text{--}0,8\text{ м}$;
- розташування вертикальних електродів – в ряд.

Вертикальні електроди з'єднуються з допомогою горизонтальної сталеві смуги. З'єднання вертикальних і горизонтальних електродів виконується зварюванням.

З урахуванням підвищувальних коефіцієнтів, для третьої кліматичної зони розрахований питомий опір ґрунту [25]:

для горизонтальних електродів:

$$\rho_{\text{роз г}} = 2,2 \cdot \rho_{\text{г}}, \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (4.1)$$

$$\rho_{\text{роз г}} = 2,2 \cdot 70 = 154 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

для вертикальних електродів:

$$\rho_{\text{роз в}} = 1,5 \cdot \rho_{\text{г}}, \text{ Ом} \cdot \text{м}; \quad (4.2)$$

$$\rho_{\text{роз в}} = 1,5 \cdot 70 = 105 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Опір розтіканню струму одного вертикального електрода [25]:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{роз в}}}{2\pi l_B} \cdot \left(\ln \frac{2l_B}{d_B} + 0,5 \ln \frac{4t + l_B}{4t - l_B} \right), \text{ Ом}; \quad (4.3)$$

де t – рівень розташування центру вертикального електроду, м.

$$R_B = \frac{105}{2\pi \cdot 2.5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2.5}{0.02} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 0.6 + 2.5}{4 \cdot 0.6 - 2.5} \right) = 39,13 \text{ Ом};$$

Приблизне число вертикальних електродів з урахуванням прийнятого коефіцієнта використання $k_{UB}=0,9$:

$$n = \frac{R_B}{k_{UB} \cdot R_3}; \quad (4.4)$$

$$n = \frac{39.13}{0.9 \cdot 4} = 10,9;$$

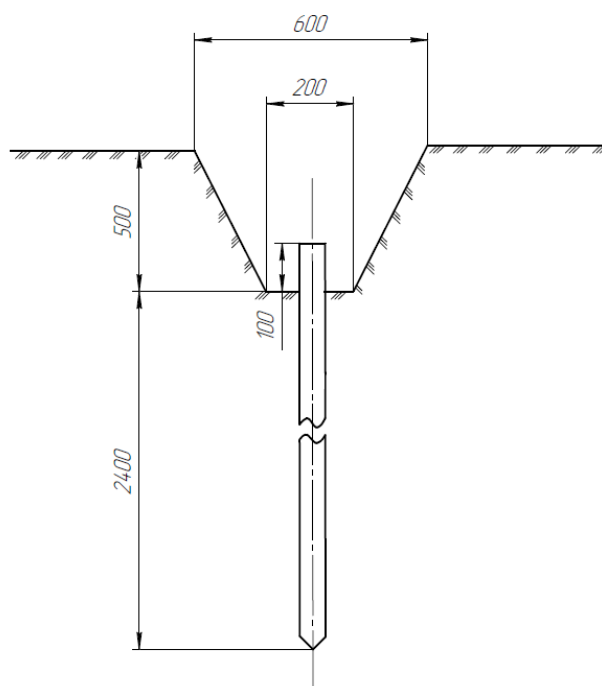


Рисунок 4.1 – Схема встановлення вертикального електроду заземлення

Для подальших розрахунків приймається кількість вертикальних електродів $n_{пр}=11$.

Коефіцієнт використання горизонтального з'єднувального електрода при розташуванні вертикальних електродів в ряд $k_{\text{вр}}=0,77$. Опір розтіканню струму горизонтального електрода (металевої смуги) привареної до верхніх кінців вертикальних електродів [25]:

$$R_2 = \frac{\rho_{\text{розг}}}{2\pi l_2 k_{\text{уз}}} \cdot \left(\ln \frac{2l_2^2}{bt} \right), \text{ Ом}; \quad (4.5)$$

де b – ширина металевої смуги, мм.

$$R_2 = \frac{154}{2\pi \cdot 3 \cdot 0.77} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3^2}{0.4 \cdot 0.6} \right) = 9,27 \text{ Ом};$$

Уточнений опір розтіканню струму вертикальних електродів при уточненому коефіцієнті використання $k_{\text{уб}}=0,8$ [25]:

$$n = \frac{R_B}{k_{\text{уб}} \cdot R_{By}}; \quad (4.6)$$

$$n = \frac{39.13}{0.8 \cdot 7.04} = 7,94;$$

Остаточо, як приймається конструкція що складається з восьми вертикальних електродів довжиною 2,5 м, діаметром 20 мм розташованих в ряд на відстані 0.5 м один від одного, з'єднаних металевою смугою 40×20 мм, довжиною 40 м.

4.5 Заходи пожежної безпеки

Вимоги щодо конструктивних і планувальних рішень промислових об'єктів, а також питань забезпечення їх пожежній і вибухобезпечності істотно залежать від категорій приміщень. Визначення категорії приміщення проводиться з урахуванням показників пожежовибухонебезпеки, а також речовин і матеріалів, які там знаходяться (використовуються) і їх кількості.

Приміщення щитової відноситься до класу В (пожежовибухонебезпечне), оскільки тут є водень в такій кількості, що можуть утворити вибухонебезпечні суміші. Будівля, в якій знаходиться щитова, відноситься до II ступеня вогнестійкості (СНІП 2.01.02-85 Протипожежні норми) [26].

Для гасіння пожеж в приміщенні щитової площею 9м² передбачається вуглекислотний вогнегасник ВВК-3,5 – 2 шт. (клас пожежі Е – горіння електроустановок під напругою) [26].

Для того, щоб запобігти дії на людей небезпечних чинників пожежі, має бути передбачена можливість швидкої евакуації людей з будівлі. Час евакуації ($t_{e,розр.}$) визначається відстанню від місця знаходження людей до виходу назовні. Максимальна відстань від найбільш віддаленого місця будівлі до евакуаційного виходу не перевищує 8 м.

Число евакуаційних виходів з щитової один, розмір 1000x2100мм, він веде у коридор який веде назовні.

У приміщенні на видному місці пропонується вивісити плани евакуації. Необхідний час евакуації людей з приміщення повинно бути не більше 3 хвилин [26].

Щитова обладнана автоматичною пожежною сигналізацією яка під'єднана до центрального пульта службі пожежної безпеки.

4.5.1 Блискавкозахист будівлі

Блискавка - одне з найруйнівніших природних явищ, з якими всюди стикається людина. Природно, що на вивчення природи виникнення блискавки і її чинників, що породжують, витрачаються великі засоби. Зараз сучасний рівень науки і техніки дозволяє створити дійсно функціонально надійну систему блискавкозахисту будівлі, що відповідає технічному рівню, яка не лише забезпечить будинок від ушкоджень і руйнування, але і захистить людей і електроприлади від дії блискавки [28].

На даху будівлі встановлений блискавкозахист у вигляді заземленого металевого стержня довжиною 4м, що встановлюються вертикально над об'єктом, що захищається [28].

Склад зовнішньої стержневого блискавкозахисту:

- блискавкоприймач - в даному випадку стержень, завтовшки 70 мм^2 , що перехоплює розряд;
- струмоводи - для струмовідводу використовується оцинкований круглий сталевий дріт, сполучений із струмоприймачем зварюванням, пайкою, клепкою, - це частина системи блискавкозахисту, що виконує функцію відведення електричної енергії блискавки від блискавкоприймача до землі;
- заземлювач - металевий провідник, зазвичай металеві штирі, вкопані в ґрунт, забезпечують відведення струму блискавки в землю [28].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Розроблено структурну та електричну принципову схеми приладу управління, який дозволяє виконати повністю автономне живлення приватного будинку з вживаною потужністю до 4 кВт, при використанні енергії вітра та сонця.

2. У якості накопичувача електроенергії використовуються гелеві акумуляторні батареї енергія яких, за допомогою інвертора, перетворюється до напруги мережі 220В.

3. Оскільки в умовах запорізького регіону застосування вітру є достатньо складним завданням, то існуючі алгоритми управління системою були не оптимальними. Тому розроблена система з оптимізованими алгоритмами, що повністю вирішила проблему використання вітрогенератора.

Результати роботи можуть бути використані при конструюванні більш сучасних систем енергоживлення об'єктів з розширеним функціоналом.

Робота обговорювалась на Міжнародній науково-практичній конференції «Геостратегічні трансформації та траєкторії національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України» 25-26 травня 2023р. м. Запоріжжя.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. An Overview of Home Automation Systems. *IEEE Xplore* URL: <https://is.gd/q5PQ0U> (дата звернення: листопад 2022).
2. Розумне освітлення. *Mi-Light* URL: <https://milight.com.ua/ua/umnoe-osveshchenie/> (дата звернення: грудень 2022).
3. Кращі системи «Розумний дім» у 2021 році. *Я знайшла* URL: <https://yanashla.com/luchshie-sistemy-umnyj-dom/#i-3> (дата звернення: січень 2023).
4. Що таке альтернативна енергетика. *Сонце Дім*. URL: <https://soncedim.com.ua/blog/alternativni-dzherela-energiyi> (дата звернення: квітень 2023).
5. Сонячна покрівля Tesla. *Термотехнології*. URL: https://termoteh.in.ua/solnechnaya_krovlya_tesla (дата звернення: квітень 2023).
6. Інвертори. *Energy* URL: <https://e-energy.in.ua/inverters/> (дата звернення: червень 2023).
7. Powerwall. *Tesla* URL: <https://www.tesla.com/powerwall> (дата звернення: серпень 2023).
8. Каталог обладнання. *EuroWind* URL: <http://wind.ae.net.ua/index.php/main/index/0/288>. (дата звернення: вересень 2023).
9. Aurora PVI. *ABB*. URL: <https://is.gd/TloeVO> (дата звернення: вересень 2023).
10. Котунова, Д. Г. Огляд DIY елементів для систем «Smart Home» «Погляд у майбутнє приладобудування»: матеріали XIII Науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. /Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. С. 35–38.

11. Сонячна енергетика в Україні. *Avenston*. URL: <https://avenston.com/articles/solar/> (дата звернення: вересень 2023).
12. Adrian Whiteman, Sonia Rueda, Dennis Akande, Nazik Elhassan, Gerardo Escamilla and Iana Arkhipova. *Renewable Energy Capacity Statistics 2020*. Абу Дабі: статистика, 2020. 66 с.
13. Robert Rapier. Why China Is Dominating Lithium-Ion Battery Production. URL: <https://is.gd/50KIca> (дата звернення: жовтень 2023).
14. 10 кращих виробників літій-іонних акумуляторів у світі. *Eletimes* URL: <https://is.gd/Enplaf> (дата звернення: жовтень 2023).
15. How to choose the best battery for a solar energy system. *Energysage*. URL: <https://www.energysage.com/community-solar/> (дата звернення: жовтень 2023).
16. Томас М. Сігру, Джеймс Ф. Келлер. *Digital Transformation: Survive and Thrive in an Era of Mass Extinction*. 2019 рік. 256 с.
17. Мартін Форд. *The Rise of Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. 2020 рік. 368 с.
18. Огляд мікроконтролерів. *Fmuser* URL: <https://is.gd/Hx1qjG> (дата звернення: жовтень 2023).
19. Хаїмзон І.Я. Техніка передачі інформації. Функціональні вузли та схеми. Частина III. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2001. 97с.
20. Бакуненко А.А. Використання флеш-пам'яті в мікроконтролерах. *Електронні компоненти і системи*. № 3. 2000, С. 5-8.
21. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. *Електроніка і мікросхемотехніка: підручник*. Київ: Каравела, 2019. 416 с.
22. Getting Started with Microcontrollers. *Engineers Garage* URL: <https://www.engineersgarage.com/> (дата звернення: жовтень 2023).
23. Basics of Microcontrollers. *History, Structure and Applications* URL: <https://www.electronicshub.org/> (дата звернення: жовтень 2023).

24. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ: Державні санітарні норми, 2011. 105 с.
25. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація. Чинний від 2011-12-01. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 135 с.
26. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Чинний від 14.03.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 78 с.
27. ДСТУ 12.1.018-93 Система стандартів безпеки праці. Пожежовибухобезпека статичної електрики. Загальні вимоги. Чинний від 01.01.1998. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2001. 97 с.
28. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Чинний від 01.08.2011. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2011. 201 с.

Додаток А

Програма для мікроконтролера

```
.def register_t=r16
.def register_t2=r17
.def register_t3=r18
.def register_t4=r19
.def parameter_1_low=r20
.def parameter_1_hight=r21
.def ad=r22
.def bd=r23
.def cd=r24
.def dd=r25
.def de=r26
.def df=r27
.def consparameter_1_low=r28
.def consparameter_1_hight=r29
.def s_reg=r30
.org $0
.cseg
jmp start
reti

.org $002a
start:
ldi register_t,low($45c); инициализация стека
out $3d,register_t
ldi register_t,high($45c)
out $3e,register_t

ldi register_t,0b00000000; инициализация порта А
out $1a,register_t
ldi register_t,0b00000000
out $1b,register_t

ldi register_t,0b01000001; инициализация порта В
out $17,register_t
ldi register_t,0b01000001
out $18,register_t

ldi register_t,0b00001001; инициализация порта С
out $14,register_t
ldi register_t,0b00000100
out $15,register_t
```

```
clr register_t          ; инициализация порта D
out $11,register_t
ldi register_t,0b01000000
out $12,register_t

ldi register_t,0b11000000 ;
out $07,register_t ;

ldi register_t,0b00000000 ;
out $30,register_t

ldi register_t,0b11100110 ;
out $06,register_t ;

ldi register_t,16      ; ОЧИСТКА ВИДЕОПАМЯТИ
sts $60,register_t
sts $61,register_t
sts $62,register_t
sts $63,register_t
sts $64,register_t
sts $65,register_t
sts $66,register_t
sts $67,register_t
sts $68,register_t
sts $69,register_t
sts $6a,register_t
sts $6b,register_t
sts $6c,register_t
sts $6d,register_t
sts $6e,register_t
sts $6f,register_t
sts $70,register_t
sts $71,register_t
sts $72,register_t
sts $73,register_t
sts $74,register_t
sts $75,register_t
sts $76,register_t
sts $77,register_t
sts $78,register_t
sts $79,register_t
sts $7a,register_t
sts $7b,register_t
sts $7c,register_t
sts $7d,register_t
sts $7e,register_t
```

```

sts $7f,register_t

call initlcd ; инициализация дисплея
call reset   ; инициализация датчика
call display

; *****
; * статическая надпись *
; *****
ldi register_t,0b01010100
sts $60,register_t
ldi register_t,0b00101110
sts $63,register_t
ldi register_t,0b11101111
sts $65,register_t
ldi register_t,0b00100000
sts $66,register_t
ldi register_t,0b01001110
sts $67,register_t
ldi register_t,0b01101111
sts $6c, register_t
ldi register_t,0b10110010
sts $6d,register_t
ldi register_t,0b00101111
sts $6e,register_t
ldi register_t,0b10111100
sts $6f,register_t
ldi register_t,0b01010101
sts $70,register_t
ldi register_t,0b00110001
sts $71,register_t
ldi register_t,0b11001001
sts $72,register_t
ldi register_t,0b00101110
sts $74,register_t
ldi register_t,0b00100000
sts $77,register_t
ldi register_t,0b01010101
sts $78, register_t
ldi register_t,0b00110010
sts $79,register_t
ldi register_t,0b11001001
sts $7a,register_t
ldi register_t,0b00101110
sts $7d,register_t
ldi register_t,0b00110000

```

```

sts $68, register_t
sts $69, register_t
sts $6a, register_t
sts $6b, register_t

; *****
; * основная программа *
; *****
main:
clr register_t      ;
sts $c0, register_t
call s_t
call register_teratura
call register_teratura_v
call zv
call display ;
rjmp main

zv:
lds register_t, $c0
sbrs register_t, 0
ret

ldi bd, 254
call zaderzka1
ldi bd, 254
call zaderzka1
ldi register_t, 0b00100000
out $17, register_t
ldi register_t, 0b00100000
out $18, register_t

ldi bd, 254
call zaderzka1
ldi bd, 254
call zaderzka1
ldi bd, 254
call zaderzka1
ldi register_t, 0b01100000
out $17, register_t
ldi register_t, 0b01100000
out $18, register_t

ldi bd, 254
call zaderzka1

```



```
ldi bd,254
call zaderzka1
ldi register_t,0b00100000
out $17,register_t
ldi register_t,0b00100000
out $18,register_t
```

```
ldi bd,254
call zaderzka1
ldi bd,254
call zaderzka1
ldi bd,254
call zaderzka1
ldi register_t,0b01100000
out $17,register_t
ldi register_t,0b01100000
out $18,register_t
```

```
ldi bd,254
call zaderzka1
ldi bd,254
call zaderzka1
ldi register_t,0b00100000
out $17,register_t
ldi register_t,0b00100000
out $18,register_t
ret
```

```
s_t:
ldi register_t,0b11111011 ; инициализация порта
C
out $14,register_t
ldi register_t,0b11111111
out $15,register_t
clr parameter_1_low ; очищаем регистры счета
clr parameter_1_high
ldi register_t,high(61629) ; конфигурируем T1 на
счет до 1 сек
out $2d,register_t
ldi register_t,low(61629)
out $2c,register_t
ldi register_t,0b00000101
out $2e,register_t
tah2:
in register_t,$13 ;
ldi bd,9
```

```

call zaderzka1
in register_t2,$13
cp register_t,register_t2 ; при положительном
приращении
brmi tahplus ; переходим на инкремент счетчика
in register_t3,$38 ; проверяем флаг переполнения
sbrc register_t3,2 ; если переполнение есть
переходим к расчету
jmp tah3
jmp tah2
tahplus: ; положительное приращение
inc parameter_1_low
jmp tah2

tah3:
ldi register_t,0b00000000 ; стоп счетчик
out $2e,register_t
ldi register_t,0b00000100 ; очищаем флаг
переполнения
out $38,register_t
ldi register_t,0b00001001 ; инициализация порта
C
out $14,register_t
ldi register_t,0b00000100
out $15,register_t
cpi parameter_1_low,50 ;
brsh tah4
ser register_t ;
sts $c0,register_t
tah4:
clr bd ; готовим множитель
ldi ad,60
call umnozenie
mov parameter_1_low,register_t ; копируем
результат в регистры для ДД обработчика
mov parameter_1_high,register_t2
lsr parameter_1_high ; делим результат на 2
ror parameter_1_low
call ddkod
sts $68,ad ; пишем данные в ОЗУ для отображения
sts $69,bd
sts $6a,cd
sts $6b,dd
ret

```

```

zameru:
in parameter_1_low,$04 ; считать результат
преобразования в регистры
in parameter_1_hight,$05
sts $80,parameter_1_low
sts $81,parameter_1_hight
ldi register_t,low(5) ; проверяем нижний
предел
ldi register_t2,high(5)
cp parameter_1_low,register_t
cpc parameter_1_hight,register_t2
brlo zulo
lds parameter_1_low,$80 ; проверяем
верхний предел
lds parameter_1_hight,$81
ldi register_t,low(200)
ldi register_t2,high(200)
cp parameter_1_low,register_t
cpc parameter_1_hight,register_t2
brsh zuhi
ldi register_t,0b01001000
sts $82,register_t
ret

```

```

zuhi:
ldi register_t,0b10101000
sts $82,register_t
ret

```

```

zulo:
ldi register_t,0b01010000
sts $82,register_t
ret

```

```

register_teratura_v:
ldi register_t,0b11000000 ;
out $07,register_t ;
call delay
call zameru
lds parameter_1_low,$80
lds parameter_1_hight,$81
ldi ad,100
clr bd
call umnozenie ; умножение на 100
ldi parameter_1_low,5 ; деление на 32

```

```

napr:
lsr register_t4
ror register_t3
ror register_t2
ror register_t
dec parameter_1_low
brne napr
movw parameter_1_low,register_t
call ddkod
sts $73,bd
sts $75,cd
sts $76,dd
ldi register_t,0b11000001 ;
out $07,register_t ;
call delay
call zameru
lds parameter_1_low,$80
lds parameter_1_hight,$81
ldi ad,100
clr bd
call umnozenie ; умножение на 100

ldi parameter_1_low,5 ; деление на 32
napr2:
lsr register_t4
ror register_t3
ror register_t2
ror register_t
dec parameter_1_low
brne napr2
movw parameter_1_low,register_t
call ddkod
sts $7b,ad
sts $7c,bd
sts $7e,cd
sts $7f,dd
ret

register_teratura:
;подпрограмма запуска преобразования датчиков
izm:
call reset ; формируем сброс датчика
ldi register_t2,$cc ; шлем команду пропустить
ПЗУ
call byte_w

```

```

ldi register_t2,$44 ; запускаем преобразование
call byte_w
ldi bd,254 ; задаем параметры подпрограмме
задержки около 700 мс
call zaderzka1
ldi bd,254 ; задаем параметры подпрограмме
задержки около 700 мс
call zaderzka1

; подпрограмма чтения с датчика и вывода
результата в регистры rhigh rlow
rt:
call reset
ldi register_t2,$cc ; шлем команду пропустить
ПЗУ
call byte_w
ldi register_t2,$be ; шлем команду чтение
блокнотной памяти
call byte_w
call byte_r ; читаем первый байт памяти
mov parameter_1_low,register_t2
call byte_r ; читаем второй байт памяти
mov parameter_1_hight,register_t2
call dddkod
ret

; *****
; * подпрограмма вывода изображения на дисплей *
; *****

display:
ldi de,128
call icom
call del
lds de,$60
call idat

ldi de,129
call icom
call del
lds de,$61
call idat

ldi de,130
call icom

```

```
call del
lds de,$62
call idat
```

```
ldi de,131
call icom
call del
lds de,$63
call idat
```

```
ldi de,132
call icom
call del
lds de,$64
call idat
```

```
ldi de,133
call icom
call del
lds de,$65
call idat
```

```
ldi de,134
call icom
call del
lds de,$66
call idat
```

```
ldi de,135
call icom
call del
lds de,$67
call idat
```

```
ldi de,136
call icom
call del
lds de,$68
call idat
```

```
ldi de,137
call icom
```

```
call del
lds de,$69
call idat
```

```
ldi de,138
call icom
call del
lds de,$6a
call idat
```

```
ldi de,139
call icom
call del
lds de,$6b
call idat
```

```
ldi de,140
call icom
call del
lds de,$6c
call idat
```

```
ldi de,141
call icom
call del
lds de,$6d
call idat
```

```
ldi de,142
call icom
call del
lds de,$6e
call idat
```

```
ldi de,143
call icom
call del
lds de,$6f
call idat
```

```
call delay
call delay
```

```
ldi de,192
call icom
call del
lds de,$70
call idat
```

```
ldi de,193
call icom
call del
lds de,$71
call idat
```

```
ldi de,194
call icom
call del
lds de,$72
call idat
```

```
ldi de,195
call icom
call del
lds de,$73
call idat
```

```
ldi de,196
call icom
call del
lds de,$74
call idat
```

```
ldi de,197
call icom
call del
lds de,$75
call idat
```

```
ldi de,198
call icom
call del
lds de,$76
call idat
```

```
ldi de,199
call icom
```



```
call del
lds de,$77
call idat
```

```
ldi de,200
call icom
call del
lds de,$78
call idat
```

```
ldi de,201
call icom
call del
lds de,$79
call idat
```

```
ldi de,202
call icom
call del
lds de,$7a
call idat
```

```
ldi de,203
call icom
call del
lds de,$7b
call idat
```

```
ldi de,204
call icom
call del
lds de,$7c
call idat
```

```
ldi de,205
call icom
call del
lds de,$7d
call idat
```

```
ldi de,206
call icom
call del
lds de,$7e
```

```
call idat
```

```
ldi de,207  
call icom  
call del  
lds de,$7f  
call idat
```

```
ldi register_t,0b00100000  
out $17,register_t  
ldi register_t,0b00100000  
out $18,register_t  
ret
```

```
umnozenie:
```

```
clr cd  
clr register_t  
clr register_t2  
clr register_t3  
clr register_t4  
ldi de,17  
umnozieniel:  
sbrc ad,0  
rcall zapis  
lsr bd  
ror ad  
lsl parameter_1_low  
rol parameter_1_hight  
dec de  
brne umnozieniel  
ret
```

```
zapis:
```

```
add register_t,parameter_1_low  
adc register_t2,parameter_1_hight  
adc register_t3,cd  
adc register_t4,cd  
ret
```

```
ddkod:
```

```
ldi consparameter_1_low,low(1000)  
ldi consparameter_1_hight,high(1000)  
call d_d1  
mov ad,de
```

```

ldi consparameter_1_low,low(100)
ldi consparameter_1_hight,high(100)
call d_d1
mov bd,de

ldi consparameter_1_low,low(10)
ldi consparameter_1_hight,high(10)
call d_d1
mov cd,de
mov dd,parameter_1_low

ldi register_t,48

tst ad
brne d_d3
ldi ad,-16
d_d3:
add ad,register_t
add bd,register_t
add cd,register_t
add dd,register_t
ret

d_d1:
ldi de,255
d_d2:
inc de
sub parameter_1_low,consparameter_1_low
sbc parameter_1_hight,consparameter_1_hight
brsh d_d2
add parameter_1_low,consparameter_1_low
adc parameter_1_hight,consparameter_1_hight
ret

; *****
; * служебные подпрограммы дисплея *
; *****

icom:
    ldi register_t,255
    out $17,register_t
    swap de ;подготовить
старшую тетраду для передачи
    mov df,de

```

```

        andi df,$ef                ;очистка бита 4
порта В (сигнал RS=0)
        ori  df,$e0                ;установка бита 5
порта В ( сигнал E=1)
        out  $18,df
        cbi  $18, 5                ;стробирующий
сброс бита 5 порта В ( сигнал E=0) .
        swap de                    ;подготовить
младшую тетраду для передачи
        mov  df,de
        andi df,$ef                ;очистка бита 4
порта В (сигнал RS=0)
        ori  df,$e0                ;установка бита 5
порта В ( сигнал E=1)
        out  $18,df
        cbi  $18, 5                ;стробирующий
сброс бита 5 порта В ( сигнал E=0)
        clr  register_t
        out  $17,register_t
        out  $18,register_t
        ret

;
idat:                                     ;пишем данные
        ldi  register_t,255
        out  $17,register_t
        swap de                    ;подготовить
старшую тетраду для передачи
        mov  df,de
        ori  df,$f0                ;установка бита 4
порта D (сигнал RS=1) и
        out  $18,df                ;бита 5 порта D (
сигнал E=1)
        cbi  $18,5                ;стробирующий
сброс бита 5 порта D ( сигнал E=0)
        swap de                    ;подготовить
младшую тетраду для передачи
        mov  df,de
        ori  df,$f0                ;установка бита 4
порта D (сигнал RS=1) и
        out  $18,df                ;бита 5 порта D (
сигнал E=1)
        cbi  $18,5                ; стробирующий
сброс бита 5 порта D ( сигнал E=0)
        clr  register_t
        out  $17,register_t
        out  $18,register_t

```

```
ret
```

```
initlcd:
```

```
    call delay          ; задержка 15ms перед  
подачей питания на дисплей
```

```
    call delay  
    call delay  
    call delay  
    call delay  
    call delay  
    call delay  
    call delay  
    call delay
```

```
    ldi de,$30          ;8-битный интерфейс  
    call icom
```

```
    call delay          ; задержка 4,5мс  
    call delay  
    call delay
```

```
    ldi de,$30          ;8-битный интерфейс  
    call icom
```

```
    call del            ; задержка 120 мкс  
    call del  
    call del
```

```
    ldi de,$30          ;8-битный интерфейс  
    call icom
```

```
    call del            ;задержка ~40 мкс
```

```
    ldi de,$20          ;8-битный интерфейс  
    call icom
```

```
    call del            ;задержка ~40 мкс
```

```
    ldi de,$28          ;4-битный интерфейс,  
2-строки, шрифт-5x7 точек  
    call icom
```

```
    call del            ;задержка ~40 мкс
```

```

        ldi de,$c                ;дисплей включен все
курсоры отключены
        call icom

        call del                ;задержка ~40 мкс

        ldi de,$1                ;очистка дисплея
        call icom

        call delay              ;задержка ~1,8 ms
        ret

del:
        ldi register_t3,50
;задержка ~40 мкс при кварце 4 МГц
del_1:  dec register_t3
        brne del_1
        ret

;
delay:
        ldi register_t2,9
;задержка ~1,8 ms при кварце 4 МГц
delay_1:ldi register_t3,255
delay_2:dec register_t3
        brne delay_2
        dec register_t2
        brne delay_1
        ret

reset:
sbi $14,0; установить линию PB6 на вывод
cbi $15,0; сбросить линии PB6 в ноль
ldi bd,3                ;задаем параметры задержки
call zaderzka1 ;ждем около 577 мкс
cbi $14,0; переводим линию PD6 в режим приема (Z
состояние)
cbi $15,0
ldi bd,3;задаем параметры задержки
call zaderzka1 ;ждем около 577 мкс для оконяания
цикла RESET
ret

```

```
w0:
sbi $14,0; установить линию PB6 на вывод
cbi $15,0; сбросить линии PB6 в ноль
ldi bd,84          ;задаем параметры задержки
call dell ;ждем 65 мкс
cbi $14,0; переводим линию PD6 в режим приема (Z
состояние)
cbi $15,0
nop          ;ждем 1 мкс
nop
nop
nop
ret
```

```
w1:
sbi $14,0; установить линию PB6 на вывод
cbi $15,0; сбросить линии PB6 в ноль
nop          ;ждем 1,5 мкс
nop
nop
nop
nop
cbi $14,0          ; переводим линию PD6 в режим
приема (Z состояние)
ldi bd,84          ;задаем параметры задержки
call dell          ;ждем 65 мкс
ret
```

```
read:
sbi $14,0; установить линию PB6 на вывод
cbi $15,0; сбросить линии PB6 в ноль
nop          ;ждем 1 мкс
nop
nop
nop
cbi $14,0          ; переводим линию PD6 в режим
приема (Z состояние)
cbi $15,0
ldi bd,14          ;задаем параметры задержки
call dell          ;ждем с учетом предыдущих
комманд 12 мкс
in register_t,$13          ;записываем значение
принятого бита в регистр
ldi bd,84          ;задаем параметры задержки
```

```

call dell          ;ждем около 65 мкс

ret

byte_w:
ldi register_t3,9 ; число битов в байте +1
byte_w1:
nop
nop
nop
nop
dec register_t3
breq byte_w1ret
lsr register_t2
brcc byte_w2
call w1
rjmp byte_w1
byte_w2:
call w0
rjmp byte_w1
byte_w1ret:
ret

byte_r:
clr register_t2
ldi register_t3,8 ; число битов в байте
byte_r11:
nop
nop
nop
nop
call read
lsl register_t      ;двигаем регистр вправо
2 раза что бы активировать флаг переноса
lsl register_t
lsl register_t
lsl register_t
lsl register_t
lsl register_t
lsl register_t
lsl register_t
ror register_t2
dec register_t3
brne byte_r11
ret

```



```
; для счетчика микросекунд del параметр давать
в регистре bd
; для счетчика миллисекунд delay параметр давать
в регистре bd
; 50 задержка ~40 us при кварце 4 МГц
; 16 задержка ~13 us при кварце 4 МГц
; 3 задержка ~0.577 ms при кварце 4 МГц
; 9 задержка ~1,73 ms при кварце 4 МГц
```

dell:

```
l4:      dec bd
        brne l4
        ret
```

zaderzka1:

```
l:      ldi ad,255
l1:     dec ad
        brne l1
        dec bd
        brne l
        ret
```

dddkod:

```
sbrs parameter_1_hight,5
rjmp dddplus
```

dddminus:

```
subi parameter_1_low,1 ; преобразуем число в
прямой код из дополн.- вычитаем 1 из регистровой
пары
sbci parameter_1_hight,0
com parameter_1_low ; инвертируем младшую
часть
com parameter_1_hight ; инвертируем старшую
часть
lsl parameter_1_low ; двигаем так что бы ушли
знаковые разряды
rol parameter_1_hight ; теперь вся целая часть
в parameter_1_hight
lsl parameter_1_low
rol parameter_1_hight
lsl parameter_1_low
rol parameter_1_hight
lsl parameter_1_low
rol parameter_1_hight
```

```
swap parameter_1_low ; меняем тетрады в rlow,  
так что бы дробь была в младшей тетраде  
rjmp dddkod1
```

```
dddplus:
```

```
lsl parameter_1_low  
rol parameter_1_hight  
lsl parameter_1_low  
rol parameter_1_hight  
lsl parameter_1_low  
rol parameter_1_hight  
lsl parameter_1_low  
rol parameter_1_hight  
swap parameter_1_low ; меняем тетрады в rlow,  
так что бы дробь была в младшей тетраде
```

```
dddkod1:
```

```
clr register_t  
mov register_t2,parameter_1_hight
```

```
dddkod2:
```

```
inc register_t  
mov parameter_1_hight,register_t2  
subi register_t2,10  
brcc dddkod2  
dec register_t
```

```
ldi register_t4,48  
add register_t,register_t4  
sts $61,register_t
```

```
ldi register_t4,48  
add parameter_1_hight,register_t4  
sts $62,parameter_1_hight
```

```
ddrob:
```

```
clr register_t  
add register_t,parameter_1_low  
add register_t,parameter_1_low  
add register_t,parameter_1_low  
add register_t,parameter_1_low  
add register_t,parameter_1_low  
add register_t,parameter_1_low
```

```
mov register_t2,register_t  
clr register_t  
dddkod4:
```

```
inc register_t
mov parameter_1_low,register_t2
subi register_t2,10
brcc dddkod4
dec register_t

ldi register_t4,48
add register_t,register_t4
sts $64,register_t

ret
```

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю.М. Потебні

ГЕОСТРАТЕГІЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ТРАЄКТОРІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В КОНТЕКСТІ ВІДБУДОВИ І СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

МАТЕРІАЛИ

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

25–26 травня 2023 року
м. Запоріжжя

УДК 621.3

Гриневицький В'ячеслав Валерійович,
здобувач вищої освіти II освітнього рівня «магістр»,
кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні
Запорізького національного університету

Небеснюк Оксана Юрійвна,
к. т. н., доцент, доцент кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні
Запорізького національного університету

АВТОНОМНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДИНКУ

Актуальність дослідження. У наш час актуальним є отримання електроенергії з природного середовища для задоволення основних потреб в електриці.

Результати дослідження. До таких природних (альтернативним) джерел енергії, в першу чергу, відносяться сонячні батареї і вітрогенератори. Сонячні батареї (фотоелектричні модулі) виробляють електричний струм, перетворюючи в нього енергію фотонів сонячного випромінювання. Вітряні електростанції, за рахунок обертання лопатей вітрогенератора, перетворюють в електричний струм механічну енергію вітру [1].

Обидва ці способи отримання електроенергії є на сьогодні найбільш екологічно безпечними для довкілля. Вони також актуальні у зв'язку з тим, що якість і тривалість життя людини безпосередньо залежать від екосистеми, в якій він мешкає. І чистота навколишнього повітря тут має важливе значення. Треба пам'ятати про те, що вартість електроенергії яка постачається з ЛЕП з кожним роком стабільно підвищується. А вступ нашої країни до СОТ може обернутися справжньою катастрофою для приватних домовласників. Підняття ціни за кожен кіловат-годину електроенергії до європейського рівня не виключено [2].

Якість електроенергії, що виробляється автономною системою живлення, має параметри не гірше, а іноді і краще, ніж в централізованій мережі. Це особливо важливо при використанні їх як джерел енергії для об'єктів, оснащених устаткуванням, чутливим до якості електроенергії, наприклад – газовий котел з цифровою системою регулювання.

Розробка автономної системи живлення будинку є достатньо актуальним питанням.

Систему автономного живлення будинку можна розділити на три головні частини:

- джерело, що виробляє електроенергію, яким найчастіше виступають вітрогенератор, сонячні батареї та інші джерела низьковольтного струму;
- масивна і об'ємна накопичувальна частина, яка представлена блоком акумуляторів;
- система перетворення та управління, в основу роботи якої покладений принцип дії інвертора. Він є тією необхідною частиною системи, яка певним чином здатна перетворювати низьку напругу у більш високу [3].

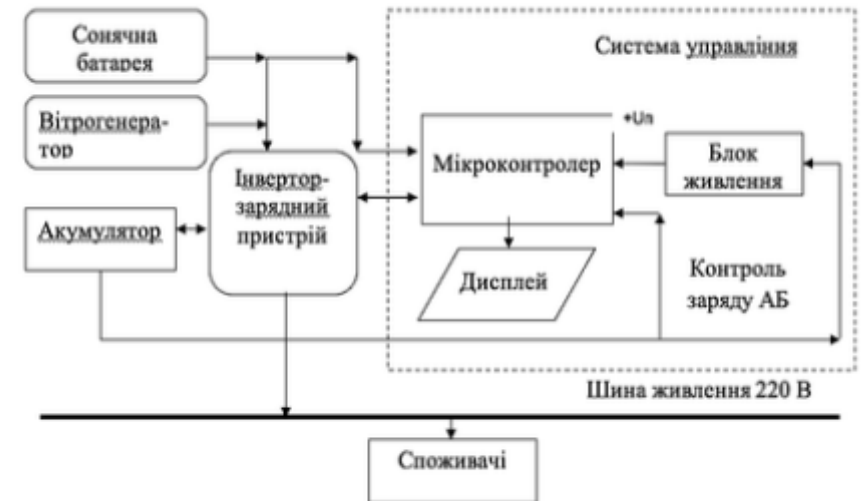


Рисунок 1 – Функціональна схема системи управління автономним електроживленням будинку

Висновки та рекомендації. Авторами розроблено прилад управління, який дозволяє виконати повністю автономне живлення приватного будинку с вживаною потужністю до 4 кВт, при використанні енергії вітра та сонця. У якості накопичувача електроенергії використовуються гелеві акумуляторні батареї енергія яких за допомогою інвертора перетворюється до напруги мережі 220 В. Оскільки запорізький регіону є достатньо складним відносно застосування вітру існуючі алгоритми управління системою

були не оптимальними. Тому розроблена система з оптимізованими алгоритмами повністю вирішила проблему використання вітрогенератора.

Список використаних джерел

1. Відновлювані джерела енергії / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
2. Стратегія інтеграції енергетичних систем. URL: <http://uwea.com.ua/ua/news/entry/> (дата звернення: 12.05.2023).
3. Doronina I. I. «Трансформація енергетичного сектору ЄС та України: відновлювальні джерела енергії». *Scientific Papers of the Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine*. 2019. № 4.

УДК 621.3

Запускалов Євген Володимирович,
здобувач вищої освіти II освітнього рівня «магістр»,
кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

Ніконова Зоя Андріївна,
к. т. н., професор кафедра електроніки,
інформаційних систем та програмного забезпечення,
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

ДАТЧИК ПЕРЕВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ

Актуальність дослідження. Історія засобів пересування йде корінням в далеке минуле, коли людина приручила тварин, зрозумівши, що на них вона зможе долати великі відстані. Жага пізнання світу, прагнення побачити незвідані далі змусили людей шукати способи і засоби більш швидкого переміщення по Землі.

Кінець XIX ст. подарував людям автомобіль, і ось вже більше ста років цей транспортний засіб не втрачає своєї популярності, а, навпаки, користується більшим попитом. Безсумнівно, власне авто дає багато переваг: незалежність від громадського транспорту, від розкладу електричок, потягів, авіарейсів. Поїздки на великі відстані економлять кошти – в машині їдуть 5 осіб за вартість пального. Очевидна економічна вигода експлуатації автомобіля за умови, що він у гарному стані, та не потребує постійного ремонту [1].

Результати дослідження. Але розглянемо інші аспекти використання автотранспорту. В останні роки ми стаємо свідками і учасниками різних природних катаклізмів: ураганів, торнадо, штормів і цунамі, небувалих морозів і нещадної спеки. Вчені-кліматологи вже зробили висновок, що у зміні клімату відіграє роль «парниковий ефект». Безумовно, в його створенні чимала роль належить автомобілям, що виробляють вихлопні гази. Мешканці мегаполісів відчувають на собі негативний вплив цих вихлопів: хронічна втома, головні болі, астма – такий неповний перелік найпоширеніших захворювань міських мешканців [2].

Ще одна проблема автолюбителів – гіподинамія, яка охопила сучасне населення від 18 до 70 років. Найчастіше це результат малорухливого способу життя, багатогодинного сидіння за кермом. Наслідок цього – радикуліт, остеохондроз, ішемія, серцева недостатність, цукровий діабет і інші не менш страшні хвороби які почали проявлятися у більш молодих людей [3].

Найбільш негативний наслідок експлуатації автомобілю – загибель людей. На дорогах в автоаваріях кожен день гинуть люди, статистика просто вражає масштабами людських жертв. Незважаючи на закони і правила кількість аварій з людськими жертвами не зменшується. На жаль, кожен день біжучий рядок телеекрану безжально повідомляє про нові жертви автокатастроф. Це один з найбільш негативних моментів у використанні автомобілів. Через те що більшість аварій трапляється через перевищення швидкості, вкрай важливо контролювати показники спідометру. Тому розробка пристрою, що буде акцентувати уваги водія на збільшенні швидкості вище визначених меж є достатньо актуальним питанням.

Висновки та рекомендації. Авторами запропоновано датчик перевищення швидкості на базі мікроконтролера ATTiny13A8-PDIP/SOIC, що може під'єднуватися як до спідометру, так і до тахометру, живиться від напруги 12 В, містить декілька світлодіодів, кожен з яких сигналізує про перевищення певної межі швидкості. Робочий діапазон частот по входу від 1,6 Гц до 60 кГц і вище, цього достатньо щоб обробити сигнал датчика. Пристрій здатний реагувати на швидкість до 240 км/год. Алгоритм заснований на підрахунку переходів з нуля на одиницю і навпаки за певний проміжок часу. Переривання по входу не використовується. Написаний програмний код для мікроконтролера займає 684 байту пам'яті, тож є можливість перепрограмування мікроконтролера для розширення функціональних можливостей пристрою. Пам'ять енергозалежна, дані запам'ятовуються при виключенні живлення.