

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
і.м. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження та розробка системи
контролю заземлення сонячного модуля

Виконав: студент II курсу, групи 8.1530
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Тупіков В. А.

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, доцент, к.ф.м.н. Світанько М.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент заст. нач. цеха ТРАТ "Укрспріт" Небенюк О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Факультет _____
Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. М.В. Кривошея

“ 01 ” 12 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Шупікову Владиславу Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Дослідження та розробка системи контролю заземлення сонячного модуля

керівник роботи Світалько Микола Вікторович, к.ф.-м.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “30” травня 2021 року № 974-с

2 Строк подання студентом роботи 10 грудня 2021 року

3 Вихідні дані до роботи сонячний модуль, номінальна напруга 12-24В, змішка напруга 200В, напруженість електричного поля, шина заземлення, блок автоматизованого контролю, моделювання в Proteus, Mathcad, Simulink

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Система електричного заземлення сонячних станцій та модулів. 2. Розробка системи контролю заземлення сонячного модуля. 3. Техніко-економічне обґрунтування. 4. Охорона праці та техногенна безпека при розробці електричних систем системи.

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

1. Заземлення сонячних модулів. 2. Структурна схема заземлення сонячного

модуля. 3. Модулювання процесу індикації у системі контролю заземлення сонячного модуля. 4. Розділяти модулювання процесу індикації у системі контролю заземлення сонячного модуля. 5. Виконати схему блоку контролю заземлення сонячного модуля. 6. Модулювання розташування елементів блоку сигналізації стану системи заземлення сонячного модуля у керуючій РСАД. 7. Модель трифазної системи заземлення сонячного модуля. 8. Модулювання опору шлейф заземлення сонячного модуля

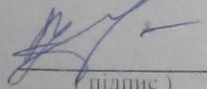
6 Консультанти розділів роботи

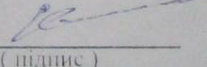
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Світанько М.В., доцент	26.05.21	26.06.21
II	Світанько М.В., доцент	26.05.21	30.10.21
III	Світанько М.В., доцент	26.05.21	30.09.21
IV	Світанько М.В., доцент	26.05.21	30.09.21

7 Дата видачі завдання 26.05.2021

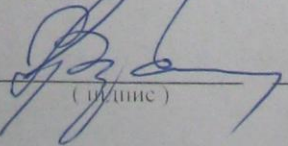
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	26.06.2021	
2	Розрахункова частина	30.10.2021	
3	Техніко-економічне обґрунтування розробки	30.09.2021	
4	Розробка заходів із оцінки праці та технічної безпеки	30.09.2021	
5	Розробка графічної частини роботи	20.11.2021	
6	Формування пояснювальної записки	20.11.2021	
7	Формоконтроль	29.11.2021	
8	Допередній захист роботи	10.12.2021	

Студент  (підпис) Труніков В.А. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту)  (підпис) Світанько М.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Верьовкін М.М. (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 70 сторінок, 28 рисунків, 5 таблиць, 11 посилання на літературу.

Об'єкт дослідження – мікроелектронна інформаційна система для геліоелектроніки.

Мета роботи – дослідження та розробка системи контролю заземленням сонячного модуля.

Задачі роботи: виконати математичне та схемотехнічне моделювання системи заземлення та провести аналіз функціонування окремих блоків.

Методика досліджень – моделювання приладу за допомогою програмного забезпечення PROTEUS, MATLAB, SIMULINK.

Короткий виклад результатів досліджень – спроектовано структурну схему блоку контролю системи заземлення сонячного модуля, проведено схемотехнічне моделювання окремих складових системи заземлення, проведено моделювання струмових втрат для трифазної системи заземлення.

Результати впровадження – система пройшла апробацію на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для впровадження інформаційних системах геліоелектроніки.

**СОНЯЧНИЙ МОДУЛЬ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР,
PROTEUS, MATLAB, SIMULINK**

Дипломну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем, з 26.05.2021 р. по 10.12.2021 р.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	6
1. Системи електричного заземлення сонячних станцій та модулів	7
1.1 Сонячні модулі.....	7
1.2 Двосторонні сонячні модулі	8
1.3 Фотоелектричні модулі	9
1.4 Загальні зведення про заземлення. Види заземлень.....	12
1.4.1 Режими нейтралей установок	15
1.4.2 Електрична мережа з ефективно заземленою нейтраллю.....	16
1.4.3 Виконання заземлень.....	17
2. Розробка системи контролю заземленням сонячного модуля	21
2.1 Структурна схема системи контролю заземленням сонячного модуля.....	21
2.2 Дослідження роботи блоку індикації обриву шини заземлення у системі енергозабезпечення від сонячної панелі у пакеті MatLab	27
2.3 Електрична схема блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі.....	32
2.4 Моделювання опору шин заземлення	37
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки електричної схеми блоку контролю заземленням сонячного модуля.....	46
3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення електричної схеми блоку контролю заземленням сонячного модуля.....	46
3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми блоку контролю заземленням сонячного модуля	47
3.3 Розрахунок економічних витрат на організацію виробництва блоку контролю заземленням сонячного модуля.....	48
3.3.1 Розрахунок чисельності робітників.....	48

3.3.2 Фонд оплати праці.....	49
4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці системи контролю заземленням сонячного модуля	53
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	53
4.2 Заходи з поліпшення умов праці	54
4.3 Виробнича санітарія.....	55
4.4 Електробезпека.....	58
4.5 Протижежна безпека.....	59
4.6 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця при монтажі елементів на плату.....	63
Висновки та рекомендації.....	67
Перелік посилань.....	69

Вступ

Сучасні технології інсталяції заземлення забезпечують ефективну і безпечну роботу дорогого технологічного, комунікаційного комп'ютерного обладнання.

При живленні обладнання від мережі змінного струму з глухозаземленою нейтраллю організація, на перший погляд, відокремленого заземлення призводить до нестійкої роботи обладнання і навіть виходу його з ладу. Також, при налаштуванні електрично незалежного заземлювача для функціонального заземлення, за умовами роботи інформаційного або іншого чутливого до впливу завад обладнання між заземлюючими пристроями, може виникнути різниця потенціалів.

Таким чином, неграмотно виконане заземлення призводить до утворення небажаних електромагнітних завад в роботі обладнання і небезпеки поразки людей електричним струмом [1].

Особливо важливою постає проблема заземлення у пристроях нових галузях інформаційних систем – геліоелектроніки та фотовольтаїки. Елементи сонячних модулів та сонячних станцій є надчутливими до таких негативних електричних завад, як підвищена різниця потенціалів у міжшаровому просторі сонячних панелей та контактів, що їх з'єднують. Також, вплив надлишкового потенціалу може призвести до спотворення вимірювання контрольних параметрів сонячних модулів, таких як струм короткого замикання, потенціальні характеристики, форма вихідних сигналів, параметрів автоматизованого контролю.

Тому, розробка систем автоматизованого контролю за станом завадозахищеності сонячних станцій та сонячних модулів є досить актуальною.

1. Системи електричного заземлення сонячних станцій та модулів

1.1 Сонячні модулі

Сонячний модуль виконаний у вигляді панелі, що міститься в каркасі з алюмінієвого профілю. Панель являє собою фотоелектричний генератор, що складається зі скляної плити, з тильного боку якої між двома шарами плівки, що герметизує (ламінує), розміщені сонячні елементи, електрично з'єднані між собою металевими шинами. Нижній шар плівки, що герметизує, захищений від зовнішніх впливів шаром захисної плівки. До внутрішньої сторони корпусу модуля прикріплено блок терміналів, під кришкою якого розміщені електричні контакти, призначені для підключення модуля. Модулі виробляються з псевдоквадратних монокремнієвих фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), покритих антивідбивним покриттям [2-4].

Оригінальна запатентована технологія забезпечує оптимальний режим заряджання при високих температурах, а також низький рівень освітленості. Дані модулі випускаються в 2 варіантах виконання - зі звичайним склом та зі спеціальним текстурованим загартованим склом (серія MSW). При використанні спеціального скла практично здійснюють втрати в склі, які становлять близько 15% при використанні звичайного скла. При цьому потужність модулів однакового розміру відрізняється приблизно 15-20%. Ціна модулів із загартованим склом вище за рахунок дорожчого скла, а також за рахунок того, що зазвичай для таких модулів використовуються сонячні елементи з вищим ККД [2-4].

1.2 Двосторонні сонячні модулі

Робоча напруга фотоелектричних модулів зазвичай 12 або 24 В. Ресурс каркасних сонячних модулів становить більше 20 років. Гарантійний термін – 10 років. В даний час випускаються також сонячні батареї із звичайним склом потужністю від 5 до 80 Вт. Модулі на загартованому склі з рамкою з анодованого алюмінію заввишки 38 або 42 мм. Двосторонні сонячні елементи ламінуються в скло з низьким вмістом заліза за допомогою етиленвінілацетатної (EVA) плівки на передній поверхні та поліетиленетерофтолату (PET) на задній поверхні. Каркас виготовляється з анодованого алюмінієвого сплаву. Пікова потужність всіх модулів виміряна за стандартних тестових умов: Маса повітря $A_M=1.5$, радіація $E=1000$ Вт/м² та температура фотоелектричного елемента $T_c=25^\circ\text{C}$ [2-4].



Рисунок 1.1 – Двосторонній сонячний модуль

Двосторонні модулі перетворюють енергію світла з фронтальної та з тильної сторони. Це дозволяє використовувати енергію відбитого світла. Тильна сторона модуля отримує енергію, відбиту від поверхні води чи землі (наприклад, від світлого піску чи снігу). Такі модулі були застосовані для

будівництва сонячної фотоелектричної станції потужністю 10 кВт на широті Афін, Греції. За рахунок використання модулів із двосторонньою чутливістю можна отримати приблизно на 15-20% більше енергії із заданої площі модуля. Це веде до меншої матеріаломісткості фотоелектричної батареї та меншої вартості системи загалом [2-4].

Важливою перевагою таких модулів є практична прозорість інфрачервоного випромінювання. Тому двосторонні модулі менше нагріваються у реальних умовах і мають менші теплові втрати порівняно з односторонніми модулями. У літню пору температура сонячних модулів не перевищує 40-50 градусів проти 50-60 градусів Цельсія у звичайних модулів).

1.3 Фотоелектричні модулі

Сонячна батарея – фотоелектричний модуль – являє собою набір тонких пластин монокристалічного кремнію (хоча застосовуються полікристалічні та аморфні). Елементи з'єднані плоскими проводами на склі або прозорому пластику, зі зворотного боку пластини кремнію заламеновані поліефірною плівкою або спеціальним герметикам для захисту від окислення контактів та вологи. Кількість пластин (елементів) залежить від прийнятої конструкції батареї і зазвичай підбирається так, щоб струм і напруга відповідали умовам заряджання акумуляторів. Елементи бувають розміром 85x85 мм 100x100 мм, 125x125 мм або у формі кола відповідного діаметра. Залежно від розміру елементів, змінюються розміри готової батареї. ККД батареї зазвичай лежить у діапазоні 10.5 - 13.5%, хоча в лабораторіях отримані результати до 18%, ще більший ККД мають батареї на елементах з арсеніду галію, але вони рідкісні та дорогі. Для виведення енергії встановлюють спеціальні роз'єми. Структура сонячного елемента показано на рисунку 1.2 [2-4].

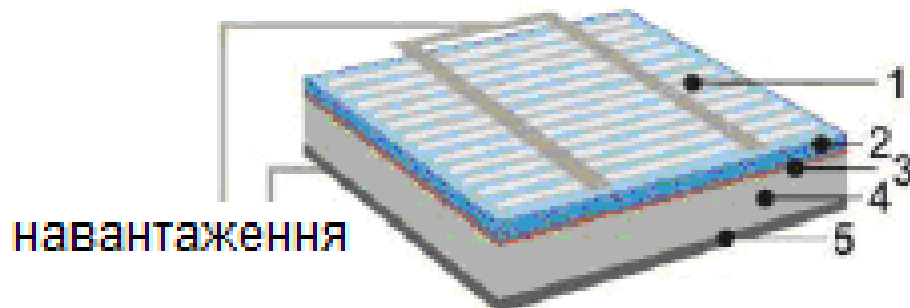


Рисунок 1.2 – Фотоелектричний модуль: 1 – передній контакт, 2 – негативний шар, 3 – провідний шар, 4 – позитивний шар, 5 – задній контакт

Всі сонячні елементи прозорі для інфрачервоної області спектру, що призводить до меншого нагріву елементів на сонці та відповідно до збільшення їх ефективності. Сонячні елементи (СЕ), фотоперетворювачі (ФП) – синоніми первинного перетворювача, що здійснює пряме перетворення сонячної енергії на електричний струм [2-4].

Електрично з'єднані сонячні елементи створюють базову основу для сонячних модулів (СМ), які є базовими елементами великих енергосистем. Залежно від застосувань, сонячні модулі можуть мати різні конструктивні рішення та різні вихідні потужності. Існує кілька способів збільшення енергоефективності: вибір оптимального кута установки, т.к. сонце протягом року постійно змінює висоту над обрієм. Інший шлях збільшення продуктивності повертати сонячну батарею слідом за сонцем протягом дня. Таким чином, можна збільшити вироблення енергії аж до 50% від виробітку в стаціонарному положенні. Енергія, отримана від сонячних батарей, спрямовується на зарядку акумуляторів, що необхідно з двох причин: згладжування нерівномірності надходження енергії, наприклад, у хмарну погоду, і задоволення потреб енергії тоді, коли немає сонячного випромінювання (вночі).

Сонячні модулі наземного використання зазвичай конструюються для заряджання свинцево-кислотних акумуляторних батарей з номінальною напругою 12 В. При цьому послідовно з'єднуються 36 сонячних елементів. Отриманий пакет зазвичай обрамляють алюмінієву раму, що полегшує кріплення до несучої (опорної) конструкції. Потужність сонячних модулів може досягати 10...300 Вт [2,3].

Для отримання необхідної потужності та робочої напруги модулі з'єднують послідовно або паралельно. Таким чином одержують фотоелектричний генератор. Потужність генератора завжди менша, ніж сума потужностей модулів - через втрати, обумовлені різницею в характеристиках однотипних модулів (втрат на неузгодженість). Чим ретельніше підібрані модулі в генераторі (або, чим менша різниця в характеристиках модулів), тим менші втрати на неузгодженість. Наприклад, при послідовному з'єднанні десяти модулів з розкидом характеристик 10% втрати становлять приблизно 6%, а при розкиді 5% зменшуються до 2%.

При затіненні одного модуля (або частини елементів у модулі) в генераторі при послідовному з'єднанні виникає "ефект гарячої плями" - затінений модуль (елемент) починає розсіювати потужність, що виробляється освітленими модулями (елементами), швидко нагрівається і виходить з ладу. Для усунення цього ефекту паралельно з кожним модулем (або його частиною) встановлюють діод, що шунтує. Діод необхідний при послідовному з'єднанні понад два модулі. До кожної лінійки (послідовно з'єднаних модулів) теж підключається блокуючий діод для вирівнювання напруги лінійок. Всі ці діоди зазвичай розміщуються у сполучній коробці самого модуля.

Модулі встановлюються на сталевих або алюмінієвих опорних конструкціях на землі (або на дахах та фасадах будівель - і при цьому є одночасно покрівельним або захисним матеріалом). Вольтамперна крива генератора має той самий вигляд, як і одиничного модуля. Робоча точка

генератора, підключеного до навантаження, не завжди збігається з точкою максимальної потужності (тим більше, що становище останньої залежить від умов освітленості та температури навколишнього середовища). Підключення таких навантажень, як, наприклад, електродвигун може зрушити робочу точку системи в область мінімальної або навіть нульової потужності (і двигун просто не запуститься). Тому важливий компонент сонячних електричних систем - перетворювачі напруги, здатні узгоджувати сонячний модуль із навантаженням [2-4].

СЕ виробляє електрику, коли освітлюється світлом. Залежно від інтенсивності світла (вимірюється в $\text{Вт}/\text{м}^2$), сонячний елемент виробляє більше або менше електрики: яскраве сонячне світло краще, ніж тінь, і тінь краща, ніж електричне світло. Для порівняння СЕ та модулів необхідно знати так звану номінальну потужність елемента чи модуля. Номінальна потужність, виражена у ВАТ пікової потужності W_p , це міра того, скільки електроенергії може зробити фотоелектричний модуль за оптимальних умов. Для визначення та порівняння номінальної потужності сонячних панелей вихідна потужність вимірюється за стандартних тестових умов (СТУ). Ці умови передбачають: - освітленість $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$ - сонячний спектр АМ 1.5 (він визначає тип та колір світла) - Температура елемента $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (це важливо, оскільки ефективність СЕ падає при підвищенні його температури).

1.4 Загальні зведення про заземлення. Види заземлень

Ушкодження ізоляції електроустаткування може призвести до появи на корпусах і інших металевих частинах (потенційно небезпечних частинах) потенціалів, небезпечних для життя людини.

Заземлення - це навмисне електричне з'єднання частин електроустаткування із землею за допомогою пристроїв заземлення.

Принципова схема заземлення наведена на рисунку 1.3. Пристрій заземлення складається із заземлювача і заземляючих провідників [5].

Заземлювачем називається металевий провідник або група провідників, які торкаються із землею, а заземляючим провідником - металевий провідник, що сполучає частини електроустановки, що заземляються, із заземлювачем.

Для забезпечення захисту людей від ураження електричним струмом споруджують заземляючий пристрій і до ним приєднують, тобто заземляють, корпуси електроустаткування та інші частини електроустановки. Це так зване захисне заземлення. Існують також робоче заземлення, необхідне для забезпечення нормальних режимів роботи устаткування, наприклад заземлення нульового виводу трансформатора (рисунок 1.3) і заземлення блискавковідводів та розрядників.

Заземлення електроустановок необхідно виконати: при напрузі 380В і вище змінного і 440В постійного струму - у всіх випадках; при напрузі вище 42В змінного і 110В постійного струму - в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках; при всіх напругах змінного і постійного струму - у вибухонебезпечних приміщеннях.

В електроустановках до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю:

- магістральні захисні провідники, що прокладаються відкрито, повинні мати перетин не менш 100 мм^2 ;
- провідність захисного провідника відповідно до ПУЕ повинна бути не нижче 50% провідності фазного проводу [5].

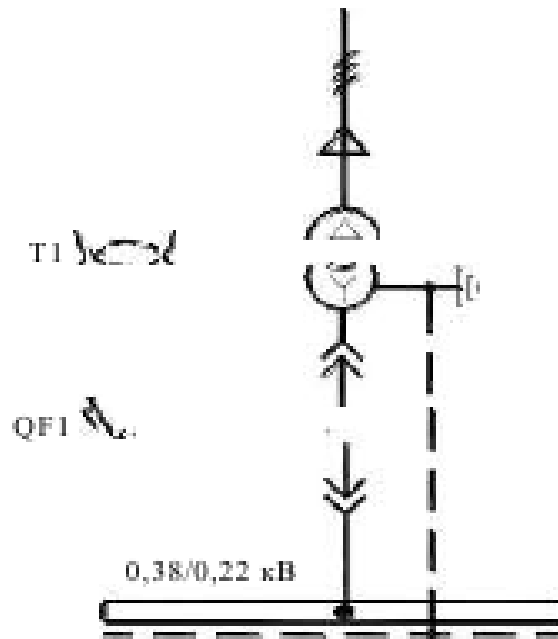


Рисунок 1.3 – Принципова схема заземлення ТП

Заземленню підлягають: корпуси електричних машин, трансформаторів, світильників, приводи електричних апаратів, вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів, каркаси розподільних щитів, щитів управління, щитків і шаф, металеві оболонки і броні контрольних і силових кабелів, металеві конструкції, пов'язані з установкою електроустаткування, металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів.

Не заземляють: арматуру ізоляторів і освітлювальну арматуру при установці їх на дерев'яних опорах ліній електропередачі; устаткування, встановлене на неземлених металевих конструкціях; корпуси приладів, електровимірювань, реле, розміщених на щитках, а також на стінах камер РП; електроприймачі з подвійною ізоляцією; рейкові шляхи, що виходять за територію підстанцій, РП і промислових підприємств; знімні частини, що відкриваються, на металевих заземлених каркасах.

1.4.1 Режими нейтралей установок

Електроустановки відносно режимів нейтралей підрозділяються на:

- електроустановки вище 1кВ в мережах з ефективно заземленою нейтраллю (з великими струмами замикання на землю); $> 500\text{A}$. До цих мереж відносяться мережі 110-150-220-330-500-750 кВ [6];
- електроустановки вище 1кВ в мережах з ізолюваною або заземленою через дугогасящий реактор або резистор нейтраллю (з малими струмами замикання на землю); $< 500\text{A}$. До цих мереж відносяться мережі 6-10-35 кВ;
- електроустановки до 1кВ з глухозаземленою нейтраллю;
- електроустановки до 1кВ з ізолюваною нейтраллю.

Для електроустановок напругою до 1 кВ прийняті позначення:

- система TN – система, в якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті провідні частини електроустановки приєднані до глухозаземленої нейтралі джерела за допомогою нульових захисних провідників;
- система TN-C – система TN, в якій нульовий захисний і нульовий робочий провідники суміщені в одному провіднику;
- система TN-S – система TN, в якій нульовий захисний і нульовий робочий провідники розділені;
- система TN-C-S – система TN, в якій функції нульового захисного і нульового робочого провідників суміщені в одному провіднику в якійсь її частині, починаючи від джерела живлення;
- система TT – система, в якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті провідні частини електроустановки заземлені за допомогою заземляючого пристрою, електрично незалежного від глухозаземленої нейтралі джерела.

— система IT – система, в якій нейтраль джерела живлення ізольована від землі або заземлена через прилади або пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки заземлені.

Перша буква – стан нейтралі джерела живлення щодо землі:

- T – заземлена нейтраль;
- I – ізольована нейтраль.

Друга буква – стан відкритих провідних частин щодо землі:

- T – відкриті провідні частини заземлені, незалежно від відношення до землі нейтралі джерела живлення або якої-небудь точки живлячої мережі;
- N – відкриті провідні частини приєднані до глухозаземленої нейтралі джерела живлення.

Подальші (після N) букви – поєднання в одному провіднику або розділення функцій нульового робочого і нульового захисного провідників:

- S – нульовий робочий (N) і нульовий захисний (PE) провідники розділені;
- C – функції нульового захисного і нульового робочого провідників суміщені в одному провіднику (PEN-провідник);
- N – нульовий робочий (нейтральний) провідник;
- PE – захисний провідник (заземлюючий провідник, нульовий захисний провідник, захисний провідник системи зрівнювання потенціалів);
- PEN – суміщений нульовий захисний і нульовий робочий провідник.

1.4.2 Електрична мережа з ефективно заземленою нейтраллю

Електричною мережею з ефективно заземленою нейтраллю називається трифазна електрична мережа вище 1 кВ, в якій коефіцієнт замикання на землю не перевищує 1,4 [1,5,6].

Кількість заземлених нейтралей на станції (підстанції) визначається необхідним значенням струму однофазного к.з., який не повинен бути менше 60% струму трифазного к.з., щоб підвищення напруги на здорових

фазах не перевищувало 0,8 Улн. Таке значення струму може бути забезпечене при заземленні більшої частини нейтралей силових трансформаторів станцій (підстанцій), число яких повинне бути визначене спеціальним розрахунком.

Коефіцієнтом замикання на землю в трифазній електричній мережі називається відношення різниці потенціалів між непошкодженою фазою і землею в точці замикання на землю іншій або два інших фаз до різниці потенціалів між фазою і землею в цій крапці до замикання [1,5,6].

1.4.3 Виконання заземлень

При улаштуванні заземлень використовують природні і штучні заземлювачі.

Як природні заземлювачі служать водопровідні та інші металеві трубопроводи, прокладені в землі (за виключення трубопроводів горючих рідин і газів), металеві шпунти, свинцеві оболонки кабелів.

В якості штучних заземлювачів частіше всього застосовують пруткову сталь діаметром 12 – 20 мм при довжині 5 – 6 м; заглиблення роблять укрупнюванням. Між собою заземлювачі з'єднують на глибині 0,5 – 0,7 м за допомогою зварювання сталеву смугою розмірами не менш 40x4 мм чи прутком діаметром 10 – 12 мм. Заземлюючі провідники з'єднують заземлювач з частинами електроустановки, що заземлюються.

Кожен елемент, що заземлюється, повинний бути підключений до мережі заземлення окремим відгалуженням, а внутрішню заземлювальну мережу варто з'єднати з зовнішнім заземлювальним контуром не менш, ніж у двох місцях. Конструкція заземлюючого пристрою зображена на рисунку 1.4 [1,5,6].

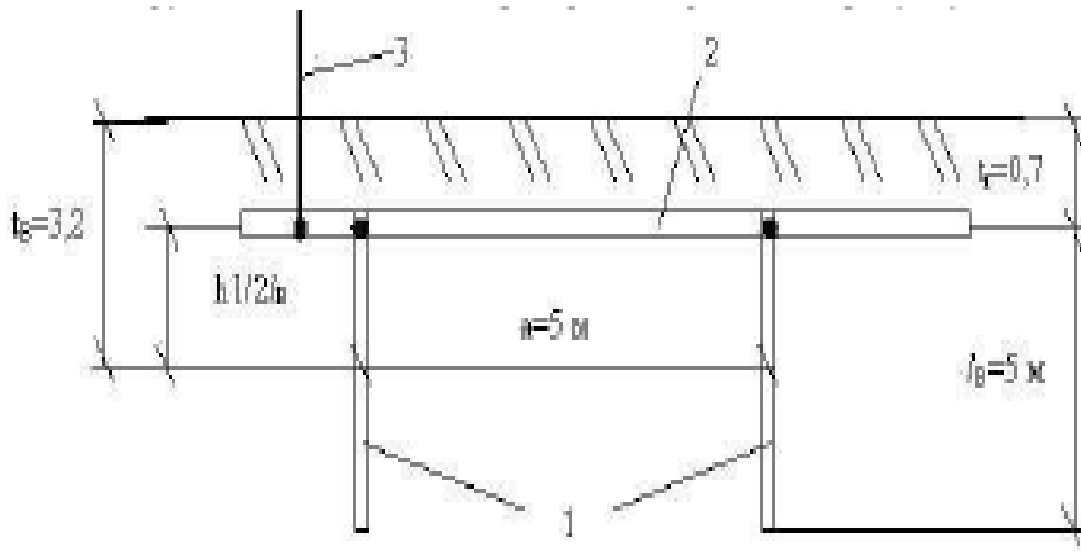


Рисунок 1.4 - Конструкція заземлюючого пристрою: 1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач; 3 – заземлюючий провідник

Для заземлення електроустановок різних призначень і різних напруг, територіально наближених одна до іншої, застосовують один загальний заземлювальний пристрій опір якого приймається рівним опору тієї установки, де він є мінімальним. Наприклад, при виконанні заземлюючих пристроїв одночасно для заземлення електрообладнання до 1 кВ і вище 1 кВ приймається опір заземлюючого пристрою $R_{з.норм} \leq 4 \text{ Ом}$, тому що в електричних пристроях вище 1 кВ величина опору повинна бути не більшою ніж 10 Ом, а з боку низької напруги 0,38/0,22 кВ $R_{з} \leq 4 \text{ Ом}$. Заземлюючий пристрій найчастіше виконують в вигляді контуру заземлення. Схема розташування контуру заземлення зображена на рисунку 1.5 [1,5,6].

Щоб уникнути розриву ланцюга заземлення в ній не повинні встановлюватися запобіжники, роз'єднувачі і інші комутаційні апарати, а заземлення устаткування необхідно виконувати паралельним з'єднанням, тобто кожен апарат самостійно приєднується до заземлюючого контуру. Послідовно з'єднання устаткування, що заземляється, забороняється, оскільки при роботі на одному апаратів заземлюючий ланцюг виявиться розірваним, що може призвести до нещасного випадку. Заземлювач і

заземляючі провідники сполучають зварюванням, болтами. Таким же чином приєднують апарати до заземляючих провідників. Місця з'єднань повинні бути захищені від корозії [1,5,6].

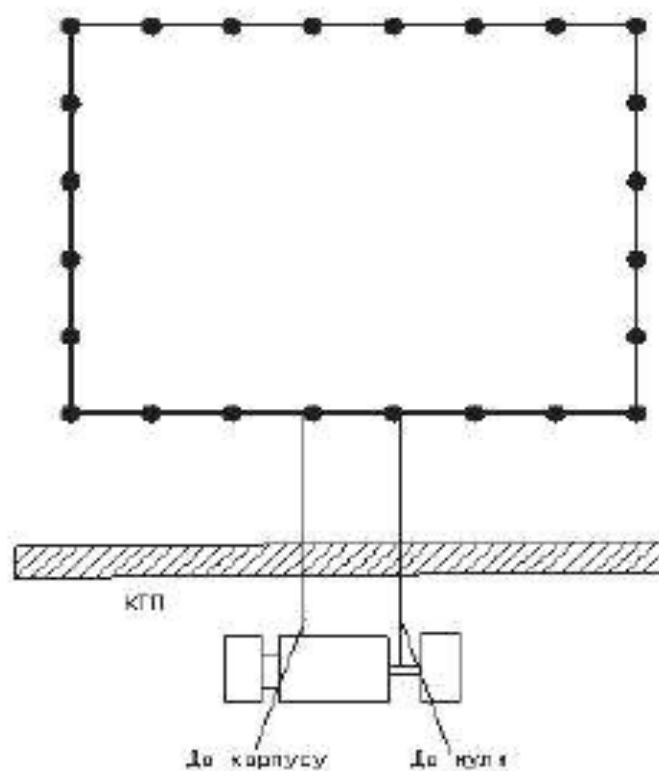


Рисунок 1.5 – Схема розташування контуру заземлення

Отже, за результатами аналізу можна зробити висновок про те, що важливими показниками сонячних модулів є їх завадозахищеність. Особливо це стосується модулів із подвійними шарами (двосторонні модулі). Так як модуль, фактично, представляє собою складну контактну систему, особливо велике значення має захист по заземленню. Сонячні станції мають у своєму технічному оснащенні механізми, які орієнтують їх у просторі відносно попадання на них сонячного світла. Тому, така система повинна мати автоматизовану систему керування усіма функціональними блоками. У першу чергу така система повинна мати ефективну систему контролю за станом заземлення.

Тому, метою роботи є дослідження та розробка системи контролю заземленням сонячного модуля.

Для досягнення мети в роботі необхідно виконати наступні завдання:

1) провести огляд та аналіз існуючих систем електричного заземлення сонячних модулів та станцій і обрати для розробки найбільш привабливий прототип з точки зору автоматизації контролю;

2) розробити структурну функціональну схему системи контролю заземленням сонячного модуля;

3) провести розрахунки та моделювання електричних схем основних функціональних блоків системи засобами сучасних САПР електроніки;

4) провести техніко-економічні дослідження системи та розробити заходи з охорони праці та техногенної безпеки робіт, що планується виконати.

2. Розробка системи контролю заземленням сонячного модуля

2.1 Структурна схема системи контролю заземленням сонячного модуля

У роботі була проведено дослідження по реєстрації струмів витоку у системі заземлення сонячного модуля. Структурна схема системи показана на рисунку 2.1

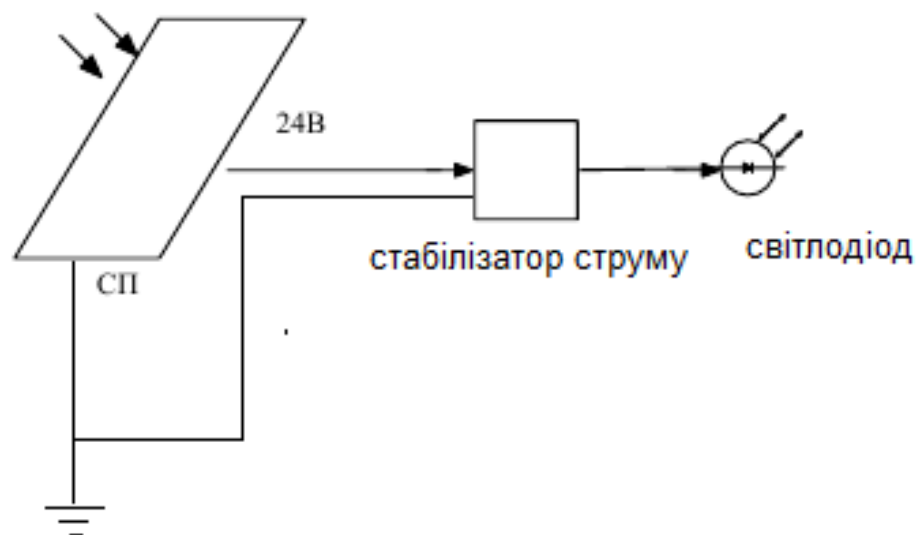


Рисунок 2.1 – Структурна схема реєстрації струмів витоку у системі заземлення сонячного модуля

У цій схемі у якості об'єкта дослідження була використана гнучка сонячна батарея розміром $0,5 \times 8$ м, потужністю 400 Вт. Ця сонячна батарея має високі світло - технічні характеристики, за відсутності прямих сонячних променів і не великої хмарності потужність падає на 30%. Зовнішній вигляд показаний на рисунку 2.2.

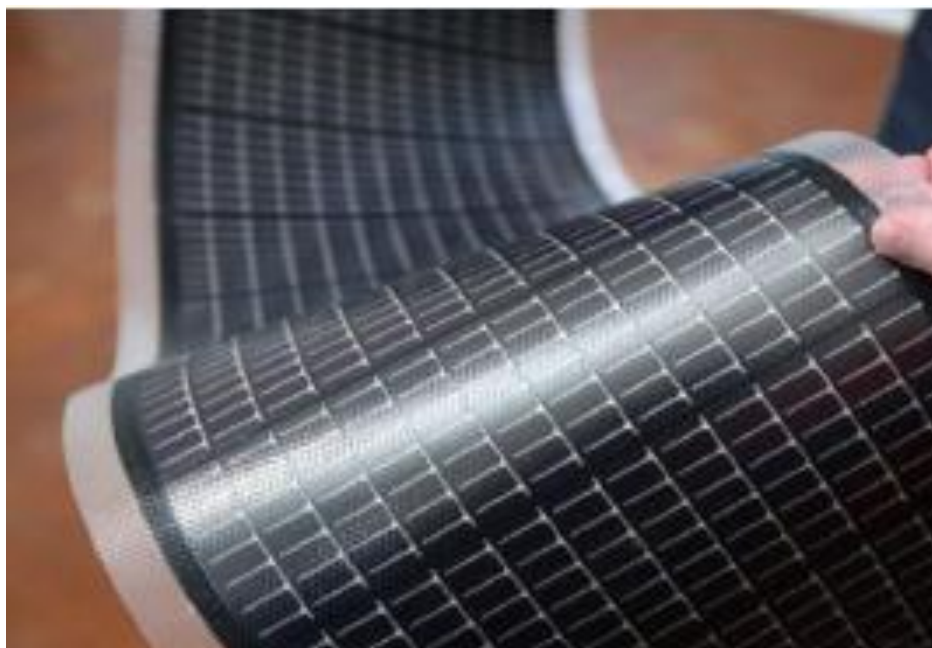


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд сонячної панелі

Для стабілізації постійного струму використовувався драйвер на основі мікросхеми PT4115, його типова схема наведена на рисунку 2.3.

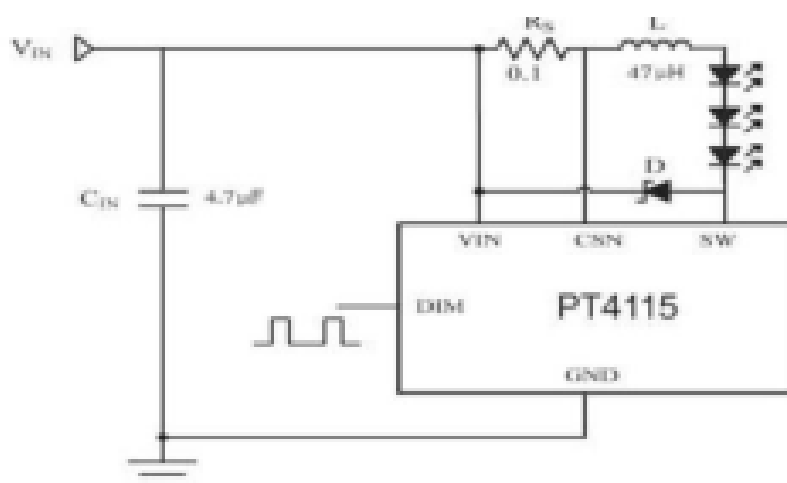


Рисунок 2.3 – Драйвер стабілізації струму

При проведенному випробуванні виявлено, що при використанні в системі сигналізації світлодіодного пристрою йде подвійне перетворення

напруги. Постійний струм з напругою 24 В перетворюється на змінний струм 220 В і живить систему енергозабезпечення автономного об'єкта. У світлодіодному приладі вже вбудований перетворювач (випрямляч), який перетворює змінний струм з напругою 220В на постійний з напругою 24 В і подає світлодіоду. При виникненні обриву заземлюючого проводу при подвійному перетворенні втрачається близько 80% енергії, тому в даній роботі для контролю реєстрації та сповіщення про обрив відповідної шини заземлення пропонується в системі світлодіодного освітлення використовувати постійний струм із напругою 24В (низьковольтна напруга).

Дана схема актуальна тим, що перепад напруги енергій, вироблений сонячною панеллю, дозволяє використовувати оптоелектронні компоненти високої потужності без перетворення енергії.

Для накопичення енергії та забезпечення стійкої роботи схеми додатково встановлюється акумулятор 4 та контролер 2, що забезпечує оптимальний заряд енергії та необхідну напругу для роботи низьковольтної системи індикації (рисунок 2.4).

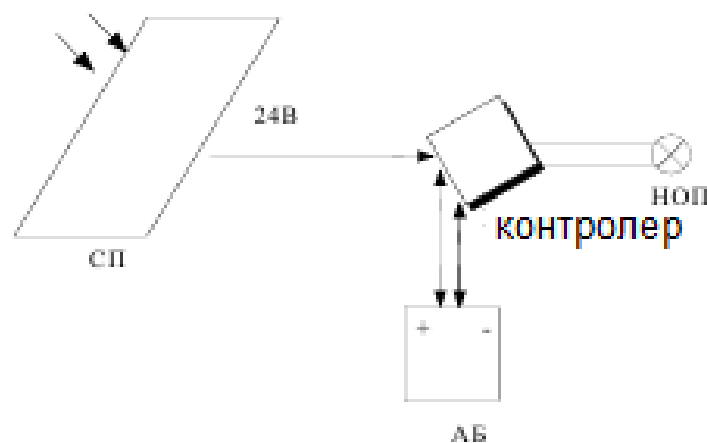


Рисунок 2.4 – Схема низьковольтної системи індикації з використанням накопичувача енергії

Постійний струм надходить із сонячної панелі (рисунок 2.4) в контролер, який забезпечує безперебійну подачу електричної енергії на низьковольтну систему індикації та одночасно здійснюється заряд акумулятора.

Схема, представлена рисунку 2.4, була реалізована для автономного живлення приміщення. У цій схемі контролер заряду показаний рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Контролер заряду акумулятора

Для випробування працездатності системи було проведено натуральні випробування низьковольтної системи індикації з використанням накопичувача енергії.

Випробування цієї системи показало повну її працездатність. Система працювала автономно протягом декількох днів, при цьому витрата енергії на індикацію обриву шини заземлення склала всього 10% від сонячної панелі енергії, що виробляється, тобто можна було ще додати навантаження еквівалентне 100 Вт електричної енергії.

Для забезпечення взаємопов'язаного керування системою світлодіодної індикації використовувався slave-контролер FX3G-14M, master-контролера FX3U-16M та планшетний комп'ютер.

Першим пристроєм, який потрібно запрограмувати, є slave-контролер FX3G-14M. Даний контролер розташовується в кожній кімнаті і відповідає за управління. Програмування FX3G-14M здійснюється за допомогою програмного забезпечення GX IEC Developer версії 7.04, мовою Ladder Diagram [7]. Зв'язок контролерів здійснюється за інтерфейсом RS-485.

Наступним етапом у програмуванні підсистеми освітлення є створення програми для центрального контролера FX3U-16M. Його програмування також здійснюється за допомогою програмного забезпечення GX IEC Developer версії 7.04 мовою Ladder Diagram.

Якщо в першому випадку виводи шини заземлення підключались безпосередньо до фізичних входів/виходів контролера, то при програмуванні master-контролера прив'язка буде відбуватися до меркерів, тимчасової комірки пам'яті. У такому разі ми з легкістю зможемо впливати на один об'єкт різними органами управління. У нашому випадку ними є slave-контролер та планшетний комп'ютер. Master-контролер, у разі, буде лише сполучною ланкою з-поміж них. У результаті одержуємо список наступних змінних, поданий у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Змінні контролера FX3U-16M

Клас	Ім'я	Адреса	Тип	Статус
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_SetLeftLamp	M633	Дискретний	Індикаторна схема 1 включена
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_ResetLeftLamp	M634	Дискретний	Індикаторна схема 1 виключена
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_SetRightLamp	M635	Дискретний	Індикаторна схема 2 включена
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_ResetRightLamp	M636	Дискретний	Індикаторна схема 2 виключена
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_SetLamp	M637	Дискретний	Індикаторна схема 3 включена
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_ResetLamp	M638	Дискретний	Індикаторна схема 3 виключена
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_ IndicationLeftLamp	M641	Дискретний	Індикація світлової схеми 1
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_ IndicationRightLamp	M642	Дискретний	Індикація світлової схеми 2
VAR_GLOBAL	G_Cabinet_IndicationLamp	M643	Дискретний	Індикація світлової схеми 3

В даному випадку master-контролер лише перевіряє стан регістрів, отриманих з slave-контролера і, розбиваючи їх на біти, порівнює зі станом власних меркерів, які відповідають за ті ж функції, що і 0,1,2 біти кожного регістру, що надходить від slave - контролера. Після порівняння, контролер відправляє регістри, сформовані на основі власних меркерів, на slave-контролер тим самим вносячи зміни до його роботи.

Таким чином, описана вище схема дозволила відмовитись від використання додаткових перетворювачів, які використовуються у сучасних системах на сонячних панелях. Перший перетворювач перетворює постійний струм з напругою 24 В змінний з напругою 220В і другий перетворювач, який знаходиться всередині світлодіодної лампи, перетворює змінний струм з напругою 220В, а постійний 24В. У нашому випадку у світлодіодної лампи перетворювач був прибраний.

В результаті практичних вимірювань ефективності роботи реалізованої нами схеми ми отримали покращення ККД роботи низьковольтної системи освітлення близькою до теоретичного. Експериментальний ККД склав 70%.

2.2 Дослідження роботи блоку індикації обриву шини заземлення у системі енергозабезпечення від сонячної панелі у пакеті MatLab

Після проведення експериментальних даних щодо низьковольтної системи індикації необхідно регулювати напругу акумуляторної батареї та сонячної панелі.

Було зібрано схему заряду акумуляторної батареї від сонячної панелі в програмному забезпеченні Simulink і Simpowersystems візуального моделювання, що входить до пакету MatLab.

Дана схема показана на рисунку 2.6, нижче наводиться класичне амплітудне регулювання перетворювача напруги від 12 В до 220 В. Напруга сонячної панелі та акумуляторної батареї вибрано між 12 і 220 В і перетворювалася на 220 В змінного струму з частотою 50 Гц.

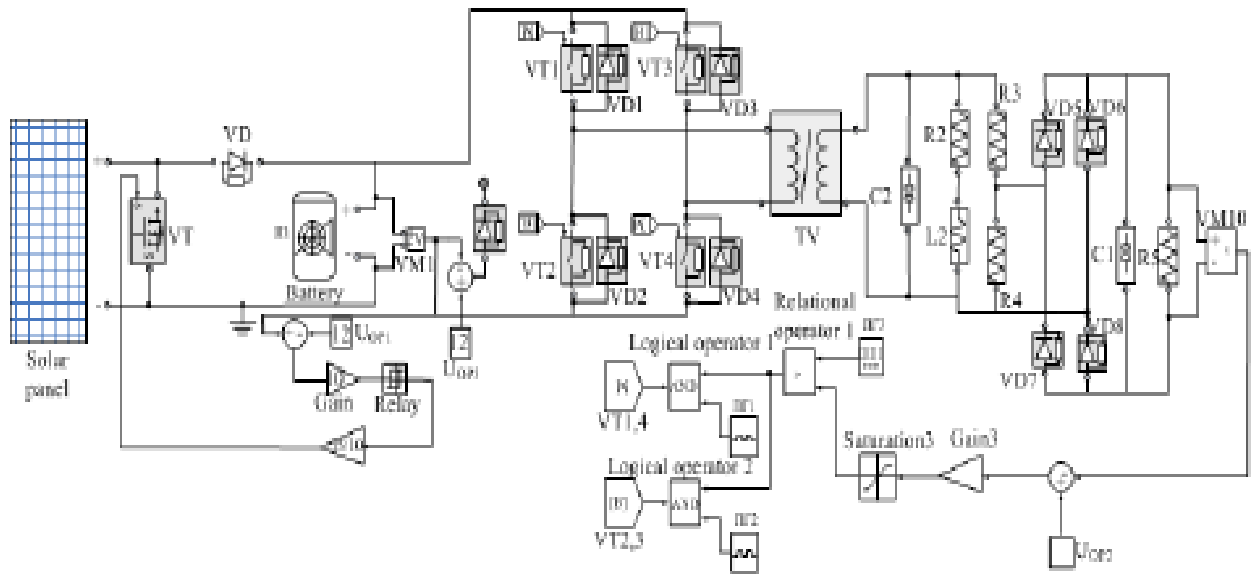


Рисунок 2.6 – Схема моделювання системи індикації заземлення сонячної панелі у програмі MatLab

У результаті моделювання в середовищі Simulink з різними номінальними напругами та перетворювачем дозволять вибрати напругу акумуляторної батареї та сонячної панелі.

Складено модель у пакеті MatLab, яка складається з джерела струму PV1 приєднаний до акумуляторної батареї через роздільний діод VD. У ланцюг акумуляторної батареї підключений контролер VM1, GainRelay, щоб запобігти перезаряду акумуляторної батареї. Коли акумулятор заряджається від сонячної панелі до заданої максимальної напруги, схема запобігання перезаряду паралельно сонячній панелі підключає навантажувальний транзистор VT, щоб поглинати надмірну потужність сонячної панелі. Акумуляторна батарея захищена від перезарядження релеємним регулятором, що складається із задатчика опорної напруги Constant, пристрій порівняння

напруги Battery з Constant – sumblock, підсилювач помилки регулятор Gain, релейний блок Relay, який управляє VT. При досягненні напруги заряду акумуляторної батареї 14 В, сонячної панелі комутується ключем VT.

У низьковольтній схемі при нарузі УАБ 10 – 24В використовується силовий трансформатор для підвищення напруги до 220В U_n , коефіцієнт трансформації складе 22 - 16. При моделюванні застосовувався перетворювач із прямокутної форми з регулюванням вихідної напруги 50 Гц за принципом широтно-імпульсного регулювання. Синусоїдальна форма напруги на навантаженні забезпечується паралельним резонансним LC контуром, підключеним до перетворювача через трансформатор TV. Індуктивність LP згладжує споживаний струм інвертора, індуктивність LN активно – індуктивного навантаження з кутом 0,8 та паралельно включений трансформатор з конденсатором C2 утворює паралельний резонансний контур. Навантаження підключено до конденсатора C2 і має синусоїдальну форму напруги $K\Gamma \leq 10\%$, при виборі напруги акумуляторної батареї 220 В підвищує трансформатор TV відключений, програмний код приведений в додаток.

При моделюванні використовувався класичний алгоритм регулювання вихідної напруги, показаний рисунку 2.7

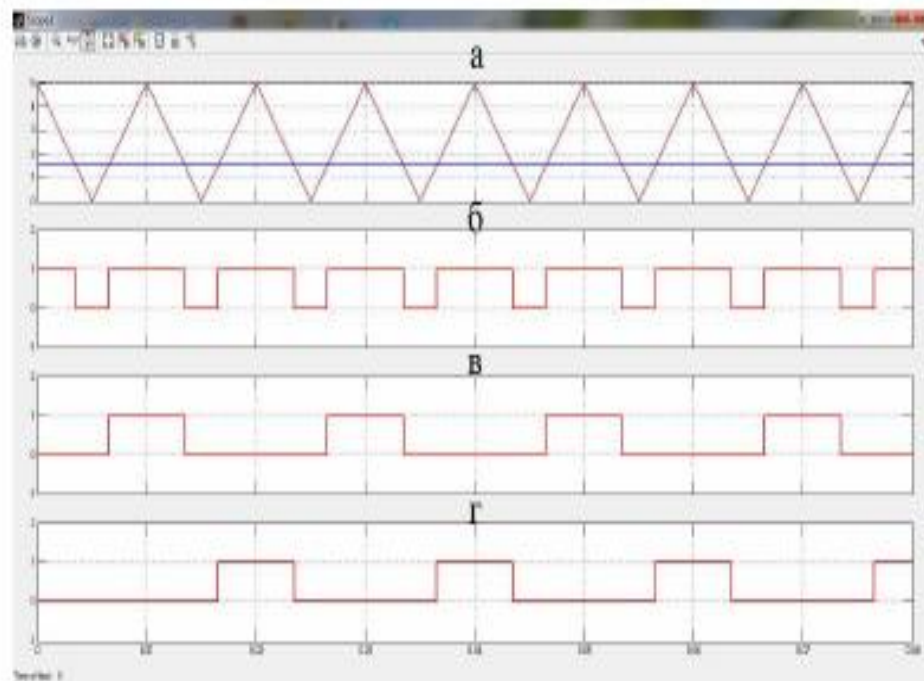


Рисунок 2.7 – Алгоритм керування для ключів, що регулюють напругу навантаження: а) порівняння опорної напруги з трикутною формою; б) сигнали після порівняння з трикутною формою та опорною напругою; в) сигнали, що надходять на транзистор 1, 4; г) сигнали, що надходять на транзистор 2, 3.

Амплітуда розгортаючої напруги симетричної трикутної форми $U_p=2$ В з опорною напругою $U_{op}=3,5$ В.

На наступному рисунку 2.8 показано залежність U_H від U_{AB} у режимі регулювання та без регулювання.

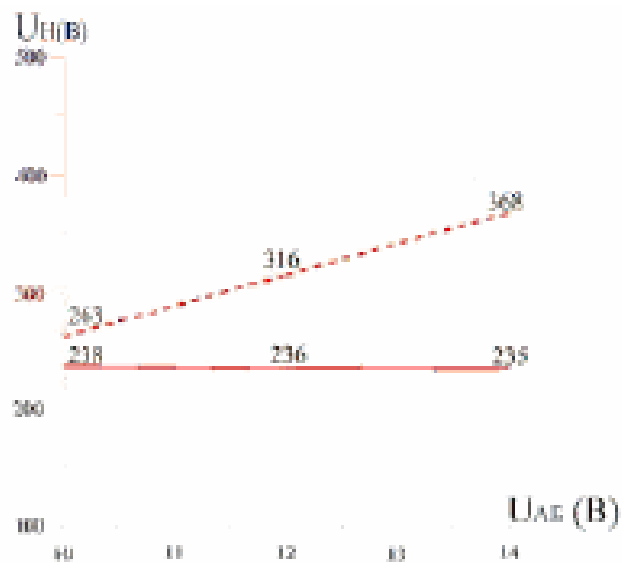


Рисунок 2.8 - Залежність U_H від U_{AB} у режимі регулювання та без регулювання

Результати моделювання управління сонячної панелі з використанням класичного амплітудного регулювання вихідної напруги при вхідній напрузі акумуляторної батареї 14 В наведено на рисунку 2.9.

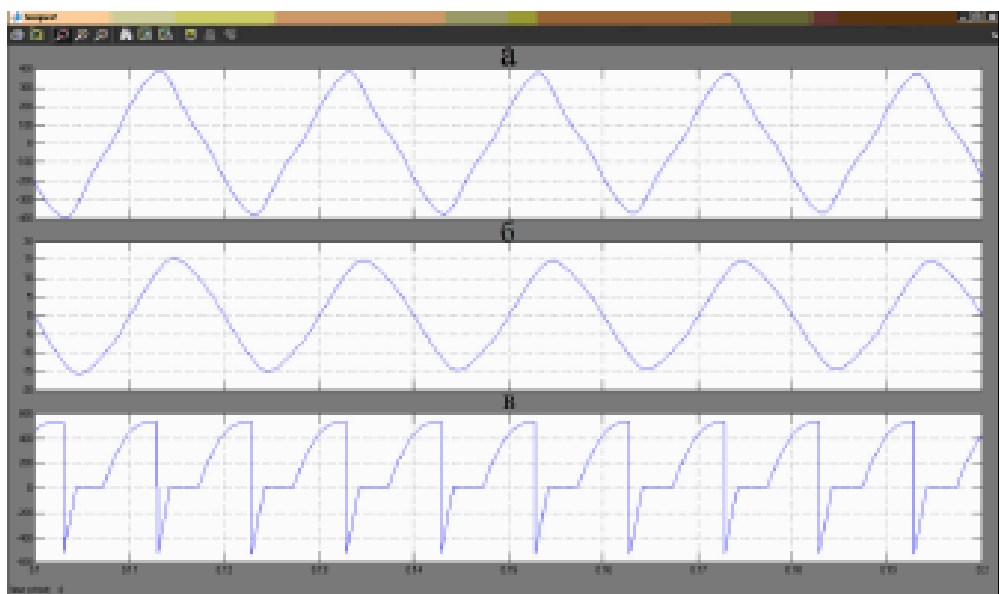


Рисунок 2.9 – Результати моделювання сонячної панелі: а) вихідна напруга перетворювача; б) струм, що протікає через навантаження; в) струм джерела живлення

Дослідження показало, що моделювання керування системи індикації стану шин заземлення сонячної панелі з використанням класичного амплітудного регулювання вихідної напруги забезпечує необхідну точність рівня напруги навантаження 220 В з коефіцієнтом гармоніки $KГ \leq 10\%$.

Даний спосіб регулювання застосовується для світлодіодного низьковольтного освітлення з напругою 24 В.

2.3 Електрична схема блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі

По результатами моделювання, представленими у попередньому розділі була складена електрична схема блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі.

Блок сигналізації включає наступні основні вузли:

- 1) дільники напруги з комутатором;
- 2) мікропроцесор із вбудованим АЦП;
- 3) стабілізатори напруги;
- 4) виконавче реле.

Дільники напруги з комутатором призначені для формування напруги, пропорційних опорі ізоляції контрольованої мережі. Мікропроцесор управляє роботою комутатора та вбудованого АЦП. АЦП вимірює напругу на виході дільника та напругу контрольованого джерела постійного струму. За заданою програмою мікропроцесор обробляє результати вимірювань та обчислює опір ізоляції контрольованої мережі.

Схема представлена на рисунку 2.10.

Дільники напруги R1, R2, R3, R4 і R8, R9 дозволяють узгодити діапазон допустимих вхідних напруг АЦП з напругою контрольованого джерела.

Цикл роботи сигналізатора складається з кількох тактів. У першому такті, після підключення сигналізатора до контрольованого джерела, АЦП вимірює напругу контрольованого джерела U_0 на виході дільника R_8 , R_9 стан ключів K_1 і K_2 при цьому значення не має. Після закінчення першого такту значення напруги U_0 записується у внутрішній регістр пам'яті.

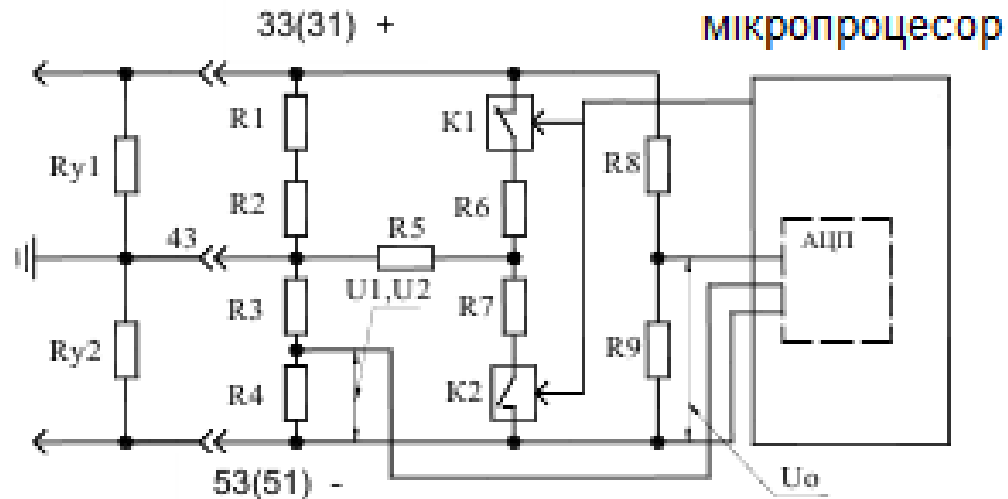


Рисунок 2.10 – Схема контролю опору ізоляції джерела постійного струму

У другому такті, за командою мікропроцесора, замикається ключ K_1 і ключ K_2 . АЦП вимірює напругу U_1 на виході дільника R_1 , R_2 , R_3 , R_4 . Виміряна напруга U_1 записується у внутрішній регістр пам'яті.

У третьому такті, за командою мікропроцесора, замикається ключ K_2 і ключ K_1 . АЦП вимірює напругу U_2 на виході дільника R_1 , R_2 , R_3 , R_4 . Виміряна напруга U_2 записується у внутрішній регістр пам'яті.

Використовуючи значення напруги U_1 і U_2 (пропорційні опору ізоляції контрольованої мережі) і напруга U_0 (пропорційна напруги контрольованого джерела постійного струму), мікропроцесор обчислює опір ізоляції.

Робота сигналізатора в режимі контролю опору ізоляції джерела живлення змінного струму наведена на рисунку 2.11 і відрізняється від роботи з джерелом постійного струму, що контролюється, тільки побудовою

схеми вхідних ланцюгів сигналізатора. У діагональ моста, утвореного опорами R_{y1} , R_{y2} і резистивним дільником $R1$, $R2$, $R3$, $R4$ включений вимірювальний резистор $R5$ і джерело напруги постійного струму з напругою $(54,5+2)$ для контрольованої мережі 220 В і $(9+0.5)$ В для контрольованої мережі 24 В. Конденсатор призначений для зменшення рівня змінної складової на вході АЦП. Процес обчислення та індикації опору ізоляції відбувається без визначення плеча.

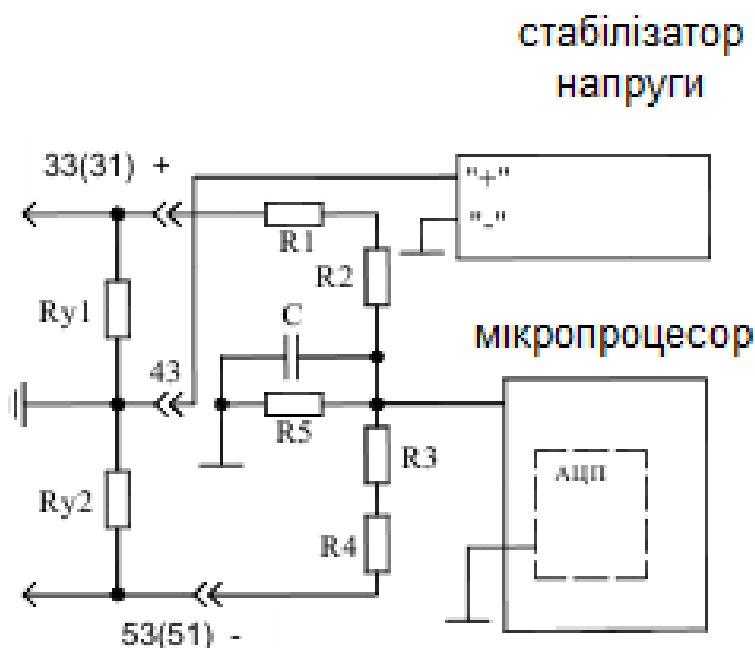


Рисунок 2.11 – Схема контролю опору ізоляції джерела змінного струму

Повна електрична схема блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі представлена на рисунку 2.12.

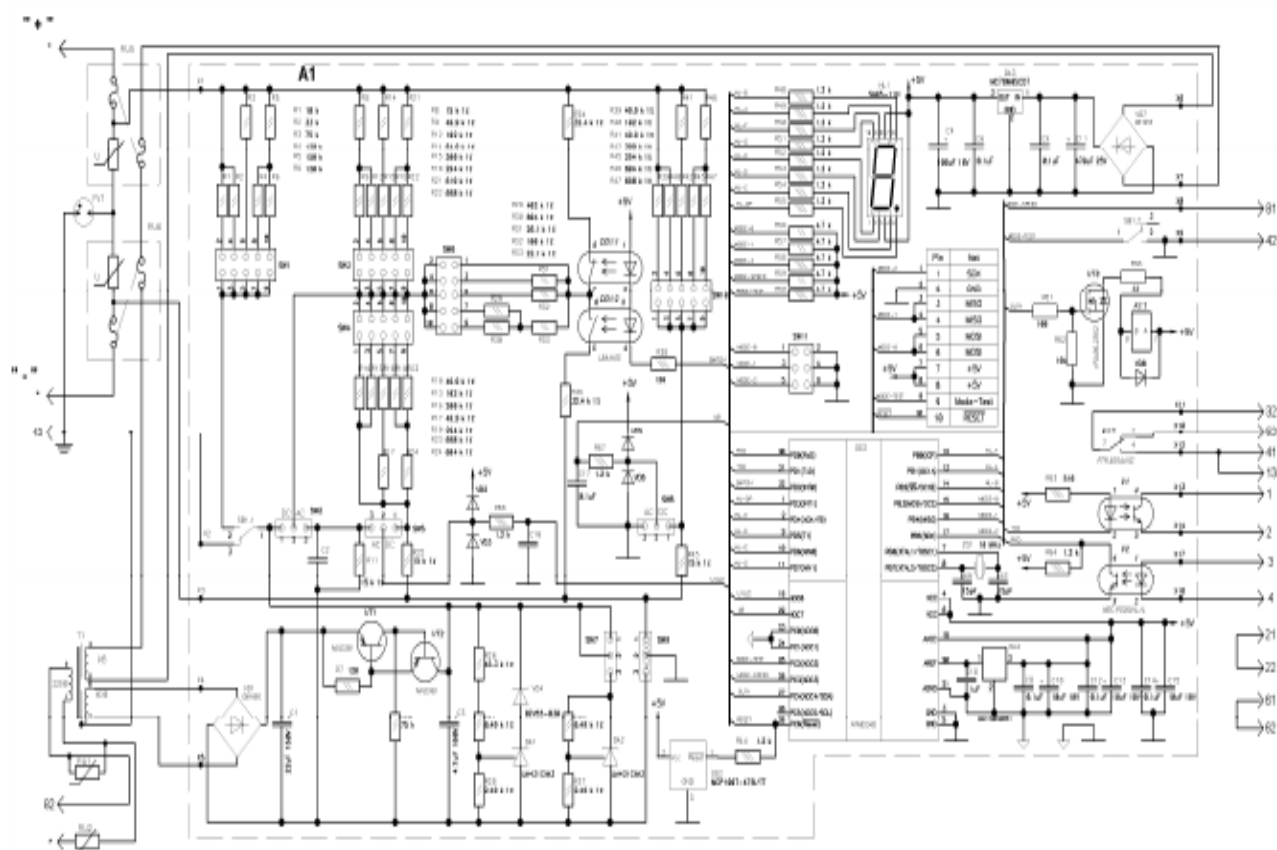


Рисунок 2.12 - Схема блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі

У роботі було проведено моделювання розташування елементів блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі. Моделювання проводилось за допомогою редактора проектування електричних плат PCAD. Розташування елементів блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі представлено на рисунку 2.13.

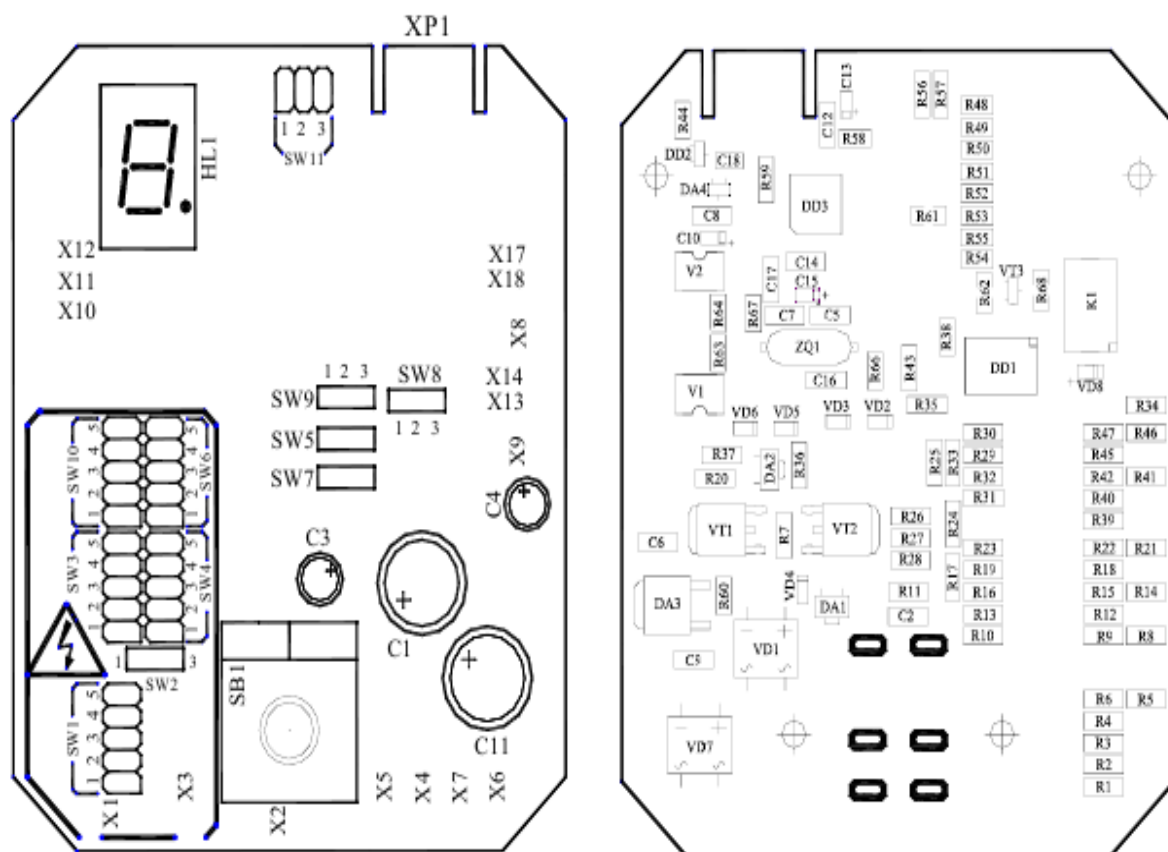


Рисунок 2.13 - Розташування елементів блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі

Розраховане мікропроцесором значення опору ізоляції порівнюється із заданими значеннями меж діапазонів. При цьому цифровий індикатор HL1 виводиться номер діапазону, якому відповідає розраховане значення опору ізоляції. Якщо опір ізоляції нижче порога спрацьовування, цифровий індикатор починає блимати, що свідчить про спрацьовання сигналізатора. Одночасно з блиманням цифрового індикатора включається виконавче реле, яке своїми контактами замикає між собою клеми 52 та 32 та розмикає клеми 32 та 41 сигналізатора. У стані, що спрацював, сигналізатор буде знаходитися доти, поки не буде натиснута кнопка скидання SB1 на передній панелі приладу, на час не менше 4 секунд до появи на індикаторі літери «Н».

Кнопка SB1 також використовується для перевірки працездатності сигналізатора на місці встановлення. При натисканні кнопки SB1 до

контрольованого джерела підключається внутрішній опір на 20% перевищує номінальне значення, що відповідає порогу спрацьовування і відключається клемма сигналізатора 43 від зовнішніх ланцюгів. Якщо сигналізатор перебуває у працездатному стані, то на індикаторі спалахує буква «Н». При відпуску кнопки SB1 відбувається скидання інформації про спрацьовування, підключається клемма 43 до внутрішніх ланцюгів і сигналізатор продовжує контролювати опір ізоляції. При натисканні кнопки SB1 більше 20 секунд до появи на індикаторі літери «С» сигналізатор переходить у режим тестування індикатора.

2.4 Моделювання опору шин заземлення

Для більш ефективного використання розробки системи сигналізації було проведено моделювання опору шин заземлення для подальшої перспективи використання у промислових об'єктах. Для цього було використано модель трифазної електричної мережі із ізольованою нейтраллю.

Наведена модель складається з трифазного джерела синусоїдальної напруги, приймача, що представляє індуктивне навантаження та паразитних ємностей кабелю (рисунок 2.14).

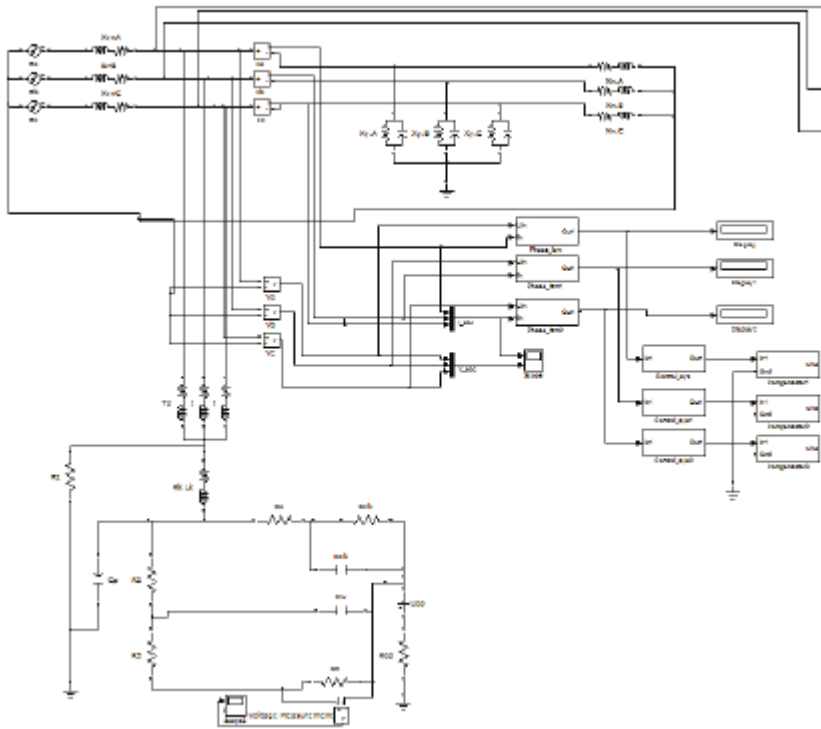


Рисунок 2.14 - модель трифазної електричної мережі із ізолюваною нейтраллю для розрахунку опору заземлення блоку сигналізації сонячного модуля.

У систему крім погонних паразитних ємностей ЛЕП введено провідність витоків, які моделюють неідеальність ізоляції в мережах. Докладніше структура даної моделі розглянута нижче.

Провідність витoku кабельної ізоляції і паразитна ємність провідників ЛЕП можуть бути промодельовані шляхом включення в ланцюг кожної фази активно-реактивного опору XU_n , де n - назва фази в яку включено опір. Паразитні параметри включені між фазою та землею.

Блок, що моделює опори витoku представлено на рисунку 2.15.

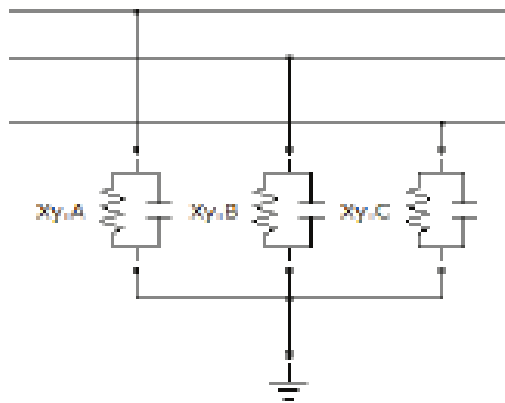


Рисунок 2.15 - Блок моделювання паразитних параметрів трифазної мережі

Окремо було проведено моделювання ланцюга оперативного струму (рисунок 2.16).

Модель складається з трифазного фільтра приєднання T_r , який приєднується до фаз, і дроселя, що компенсує, який має індуктивність L_k , і опір обмотки R_k . Також у схемі є джерело постійної оперативної напруги U_{op} , яка подається на фази мережі, це необхідно для визначення пробією ізоляції та замикання на землю фази.

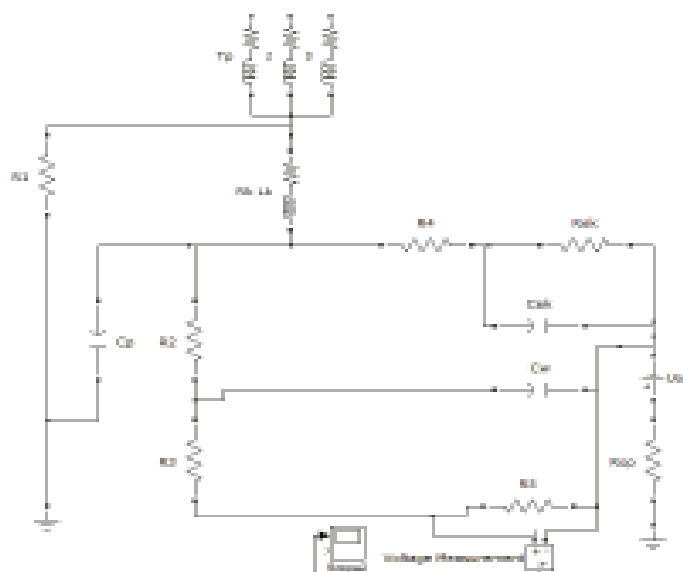


Рисунок 2.16 Модель ланцюга оперативного струму захисту

Блок вимірювання різниці фаз (рисунок 2.17) складається з двох цифрових фільтрів, Digital filter та Digital filter1, на які подаються значення напруги та струму відповідно. Цифрові фільтри потрібні для того, щоб зменшити вплив перешкод різного характеру, які можуть заважати вимірюванню фази сигналу. Аналогові фільтри не дозволяють отримати необхідну крутість АЧХ, тому використовуються цифрові фільтри.

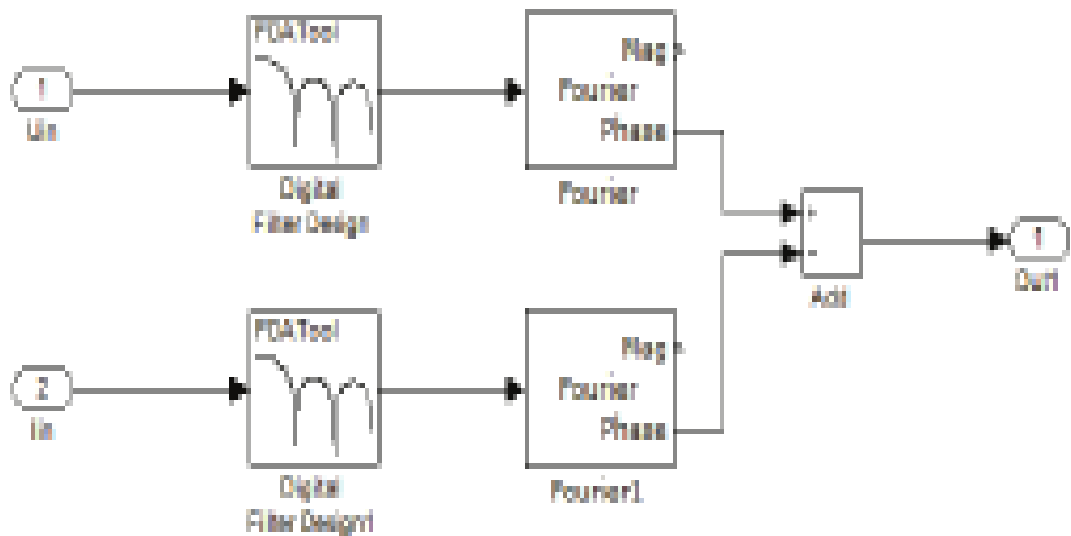


Рисунок 2.17 - Блок вимірювання різниці фаз

Як цифрові фільтри використовуються КІХ фільтри, так як вони мають лінійну характеристику зсуву фази, що дуже важливо, адже саме цей параметр і вимірюється. Далі сигнали з фільтрів подаються на блоки Fourier і Fourier1, які і вимірюють фазу сигналу, це стандартні блоки програмного середовища Simulink/matlab. Ці блоки дозволяють вимірювати фазу сигналу, а також вибрати, яка гармонік сигналу буде вимірюватися. В даному випадку блоки налаштовані на першу гармоніку, решта гармоніки попередньо фільтруються. Далі розраховується різниця між фазою напруги та струму за допомогою блоку Add.

Блок динамічної компенсації ємності (рисунок 2.18) складається з блоку Conversion, цей блок конвертує десяткове значення сигналу, що управляє, в двійкову форму і встановлює свої виходи у відповідні стани.

Висновки блоку Conversion підключення до ключів Breaker - Breaker7, що дозволяє комутувати ключі залежно від сигналу, що управляє.

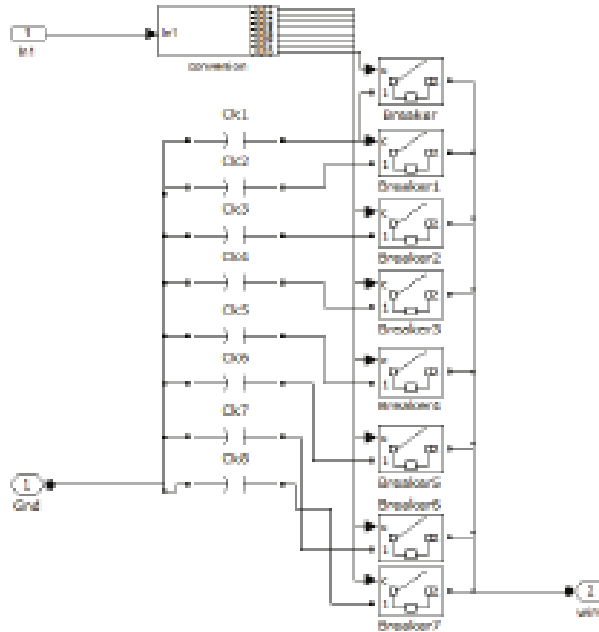


Рисунок 2.18 – Блок динамічної компенсації ємності

До виводів ключів підключені конденсатори Ск1-Ск8, які з'єднано паралельно. Конденсатори встановлюються різної ємності залежно від ваги розряду. Це дозволяє змінювати загальну ємність батареї конденсаторів від часток мікрофараду до одного мікрофараду з малим кроком.

У роботі розглянуто кілька алгоритмів роботи системи динамічної компенсації ємності. Опис роботи алгоритмів представлено описі відповідних блоків моделі.

Блок Control_sys (рисунок 2.19) обчислює керуючий сигнал з урахуванням вхідних даних. Цей блок реалізує алгоритм диференціального обчислення сигналу, що управляє. Він складається з двох умовних операторів Compare to constant і Compare to constant1, що порівнюють вхідні дані з константою, і якщо вхідна величина більша за константу блоку Compare to constant, то він генерує сигнал логічної 1, якщо ж вхідна величина менша за

константу блоку Compare to constant1, то він генерує логічну 1. Дані з блоків Compare to constant і Compare to constant1 подаються відповідно на входи блоку Subsystem.

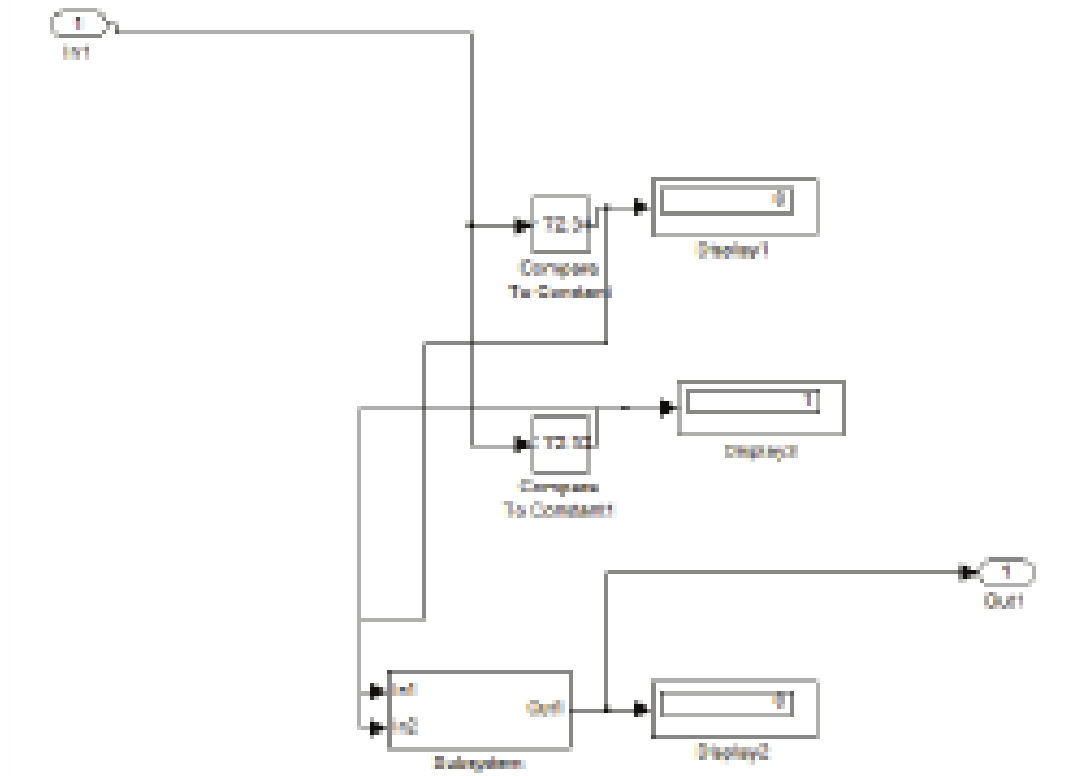


Рисунок 2.19 - Блок Control_sys

Цей алгоритм роботи реалізує безпосереднє обчислення величини ємності для компенсації системи.

Від виміряного значення різниці фаз між струмом і напругою віднімається контрольне значення різниці фаз, тим самим забирається вплив індуктивного навантаження. Далі, згідно з (2.1) та (2.2) обчислюється значення ємності, яке ділиться на вагу двійкового розряду, в результаті чого на виході блоку утворюється значення в діапазоні від 0 до 255, яке подається на блок компенсації ємності.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_c}{R} \quad (2.1)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (2.2)$$

У результаті моделювання отримано такі дані.

При параметрах навантаження $L = 0.03$ Гн та $R = 1$ Ом перехідний процес має вигляд (рисунок 2.20).

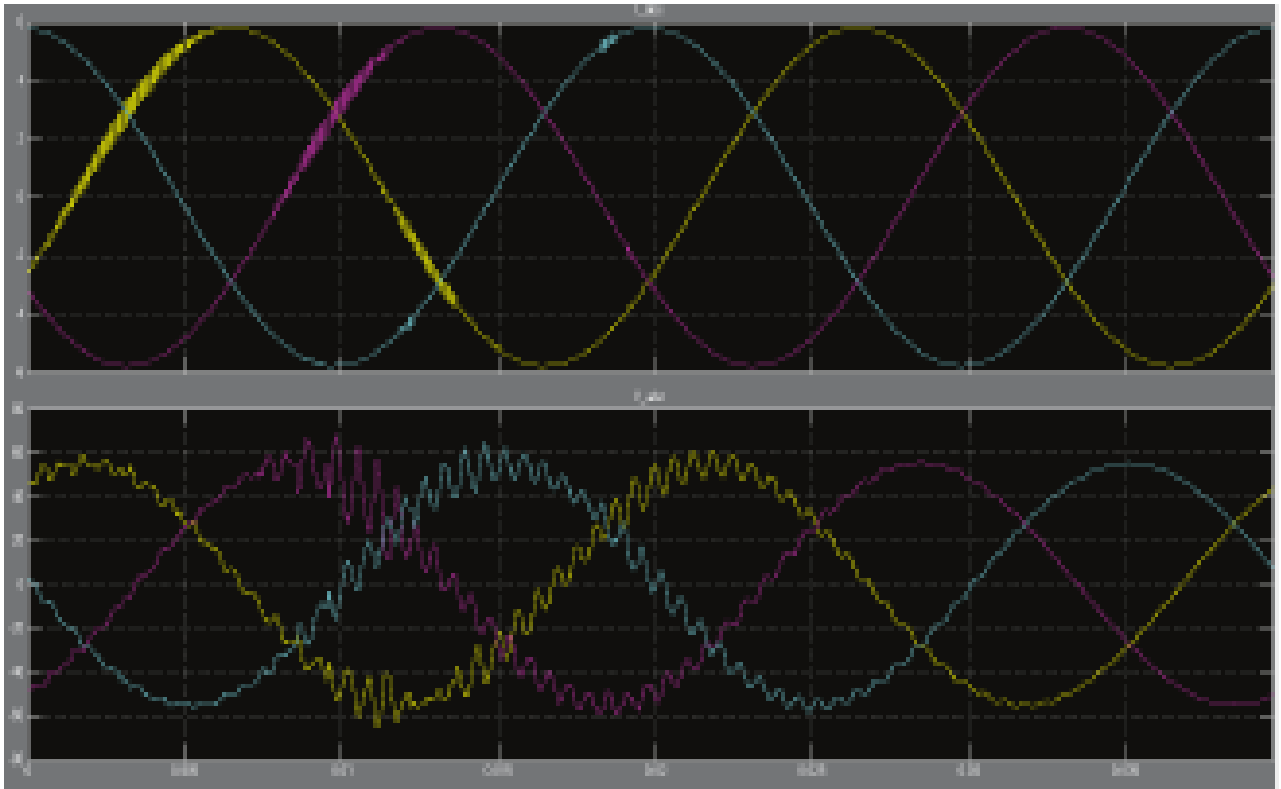


Рисунок 2.20 - Вид перехідного процесу в трифазному ланцюзі з ізолюваною нейтраллю під час роботи системи динамічної компенсації ємності.

Слід зазначити малу тривалість перехідного процесу, що свідчить про високу швидкодію системи. Тривалість перехідного процесу становить 0,035

с. Також спостерігаються невеликі коливання струму, пов'язані із роботою системи компенсації.

При параметрах навантаження $L = 0.06$ Гн та $R = 1$ Ом перехідний процес має вигляд (рисунок 2.21).

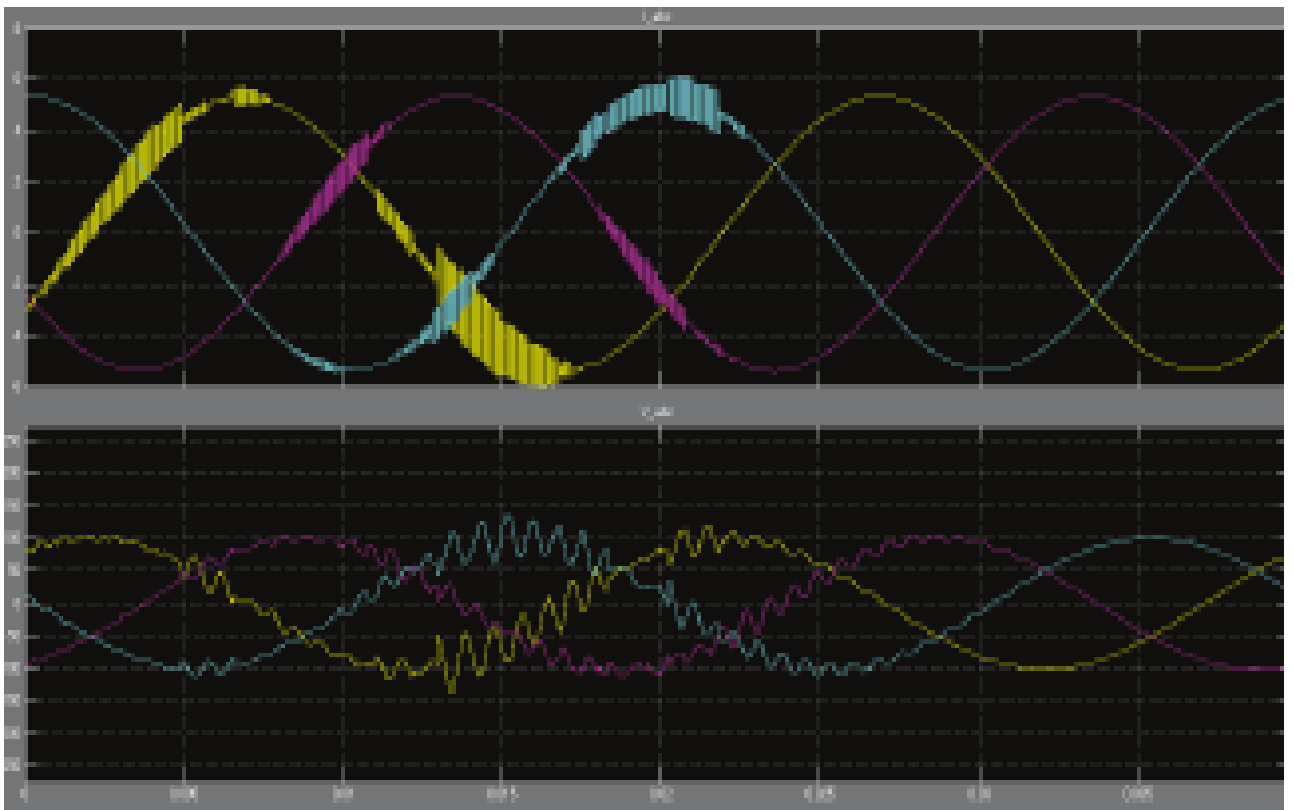


Рисунок 2.21 - Вид перехідного процесу в трифазному ланцюзі з ізольованою нейтраллю під час роботи системи динамічної компенсації ємності

Тривалість перехідного процесу становить 0,032 с. Коливання струму стали більшими, але вони не перевищують загального часу перехідного процесу.

Отже, за результатами розділу можна зробити наступні висновки:

1) обрана структурна схема схема актуальна тим, що перепад напруги енергій, вироблений сонячною панеллю, дозволяє використовувати оптоелектронні компоненти високої потужності без перетворення енергії, що дає можливість контролювати можливі струми витоку, характерні для несправності системи заземлення;

2) для забезпечення взаємопов'язаного керування системою індикації стану заземлення використовувався slave-контролер FX3G-14M, master-контролера FX3U-16M;

3) було зібрано схему заряду акумуляторної батареї від сонячної панелі в програмному забезпеченні Simulink і Simpowersystems візуального моделювання, що входить до пакету MatLab;

4) моделювання показало, що керування системи індикації стану шин заземлення сонячної панелі з використанням класичного амплітудного регулювання вихідної напруги забезпечує необхідну точність рівня напруги навантаження 220 В з коефіцієнтом гармоніки $KГ \leq 10\%$;

5) у роботі було проведено моделювання розташування елементів блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі. Моделювання проводилось за допомогою редактора проектування електричних плат PCAD;

6) для більш ефективного використання розробки системи сигналізації було проведено моделювання опору шин заземлення для подальшої перспективи використання у промислових об'єктах. Для цього було використано модель трифазної електричної мережі із ізольованою нейтраллю. У результаті встановлено, що коливання струму не перевищують загального часу перехідного процесу.

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки електричної схеми блоку контролю заземленням сонячного модуля

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення електричної схеми блоку контролю заземленням сонячного модуля

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонкоплівкових гібридних мікрозборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар [8].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва пристрою

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми блоку контролю заземленням сонячного модуля

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблиці 3.2. Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 3952,00 грн.

Таблиця 3.2 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво блоку контролера заземленням сонячного модуля

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Мікросхема FX3G-14M	шт.	1	1379,40	1379,40
Мікросхема FX3U-16M	шт.	1	1879,70	1879,70
Транзистор 2N2222	шт.	2	24	48,00
Резистор	шт.	54	6	324
Фольгований текстоліт 100×100	шт.	1	80,00	80,00
Травильник	уп.	1	40,90	40,90
Трафарет	шт.	2	60	120,00
Фольгований текстоліт 100 ×100	шт.	1	80,00	80,00
Всього				3952,00

3.3 Розрахунок економічних витрат на організацію виробництва блоку контролю заземленням сонячного модуля

3.3.1 Розрахунок чисельності робітників

Потреба в кадрах планується виходячи з програми випуску на підприємстві. Розрахунки проводяться за категоріями працюючих (робітники, керівники, спеціалісти, службовці), а по кожній з них – за професіями, спеціальностями, розрядами [8].

Чисельність основних робітників $Ч_{ор}$, осіб

$$Ч_{ор} = \frac{T_{заг.оп.}}{\Phi_D \cdot K_{нев}}, \quad (3.1)$$

Дійсний фонд часу роботи одного робітника Φ_D , год.

$$\Phi_D = [(D_k - D_B - D_{св}) \cdot t_{зм} - t_{псв}] \cdot (1 - K_{нев}), \quad (3.2)$$

де $K_{нев}$ – коефіцієнт, який враховує невиходи на роботу з поважних причин, приймається $K_{нев} = 0,12 \div 0,14$

$$\Phi_D = [(365 - 104 - 10) \cdot 8 - 6] \cdot (1 - 0,12) = 1761,76 = 1762$$

$$Ч_{ор} = \frac{1604,8}{1762 \cdot 1,01} = 0,9 \approx 1$$

Аналогічно розраховується чисельність персоналу за іншими операціями.

Чисельність допоміжних робітників приймається у розмірі 20% від чисельності основних робітників $Ч_{др}$, осіб

$$Ч_{др} = 0,2 \cdot Ч_{ор}, \quad (3.3)$$

$$Ч_{др} = 0,2 \cdot 5 = 1$$

Потреба в кадрах планується з програми випуску на даному підприємстві.

Чисельність керівників та спеціалістів приймаємо в розмірі 5 – 10% від загальної кількості основних та допоміжних робітників $Ч_{кер}$, осіб

$$Ч_{кер} = 0,1 \cdot (Ч_{ор} + Ч_{др}), \quad (3.4)$$

$$Ч_{кер} = 0,1 \cdot (5 + 1) = 0,6 \approx 1$$

Приймаємо одного виробничого майстра, який буде довантажений роботою на інших дільницях.

3.3.2 Фонд оплати праці

До складу фонду оплати праці включається основна та додаткова заробітна плата [8].

Основна заробітна плата розраховується за виконаний обсяг робіт або за відпрацьований час на основі діючих норм і розцінок, тарифних ставок і посадових окладів.

Додаткова зарплата включає доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, передбачені діючим законодавством, премії за виконання виробничих завдань і функцій та інші заохочувальні та компенсаційні виплати.

Фонд зарплати визначається по кожній категорії промислово-виробничого персоналу.

Форма оплати праці основних робітників – відрядно-преміальна.

Розцінок на операцію P_i , грн./100шт.

$$P_i = C_{гi} \cdot t_i, \quad (3.5)$$

де $C_{гi}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду, грн.

t_i – трудомісткість операції, грн./100шт.

$$P_i = 14,49 \cdot 0,2 = 2,898$$

Аналогічно виконуються розрахунки для наступних операцій.

Прямий фонд зарплати по операції $\Phi_{пр}$, грн.

$$\Phi_{пр} = P \cdot N_{зап}, \quad (3.6)$$

де P – розцінок на операцію, грн.;

$N_{зап}$ – програма запуску виробів, шт.

$$\Phi_{пр} = \frac{2,898 \cdot 40000}{100} = 1150,92$$

Аналогічно виконуються розрахунки для наступних операцій.

Всього прямий фонд зарплати основних робітників на дільниці, грн.

$$\Phi_{\text{пр.всього}} = \Phi_{\text{пр1}} + \Phi_{\text{пр2}} + \dots + \Phi_{\text{прn}}, \quad (3.7)$$

$$\Phi_{\text{пр.всього}} = 1150,92 + 220,8 + 5790,6 + 6080 + 1150,92 = 14420,24$$

Фонд зарплати по довантаженню розраховується на основі річної трудомісткості довантаження та середньої годинної ставки, грн.

$$\Phi_{\text{дов}} = C_{\text{г.сер.}} \cdot T_{\text{дов}}, \quad (3.8)$$

Середня годинна тарифна ставка, год.

$$C_{\text{г.сер}} = (C_{\text{г.макс}} - C_{\text{г.мін}}) \cdot (P_{\text{сер.}} - P_{\text{мін}}) + C_{\text{г.мін}}, \quad (3.9)$$

де $C_{\text{г.макс}}$ і $C_{\text{г.мін}}$ – годинна тарифна ставка, відповідно максимального і мінімального розряду, грн.;

$P_{\text{сер}}$ і $P_{\text{мін}}$ – відповідно середній і мінімальний розряд основних робітників

$$C_{\text{г.сер}} = 14,49$$

$$\Phi_{\text{дов}} = 14,49 \cdot 79080,3 = 1145860$$

Фонд основної зарплати основних виробничих робітників, грн.

$$\Phi_{\text{осн.}} = \Phi_{\text{пр.}} + \Phi_{\text{дов.}}, \quad (3.10)$$

$$\Phi_{\text{осн.}} = 14420,24 + 1145860 = 1160280,24$$

Додатковий фонд зарплати основних виробничих робітників $\Phi_{\text{дод}}$, грн.

$$\Phi_{\text{дод}} = \Phi_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{дз}}, \quad (3.11)$$

де $K_{\text{дз}}$ – коефіцієнт додаткової зарплати (приймаємо $K_{\text{дз}}=0,2$).

$$\Phi_{\text{дод}} = 1160280,24 \cdot 0,2 = 232050,648$$

Річний фонд заробітної плати основних робітників $\Phi_{\text{ор}}$, грн.

$$\Phi_{\text{ор}} = \Phi_{\text{осн.}} + \Phi_{\text{дод}}, \quad (3.12)$$

$$\Phi_{\text{ор}} = 1160280,24 + 232050,648 = 1392330,888$$

Середньомісячна зарплата визначається, грн.

$$Z_{\text{ср.м}} = \frac{\Phi_{\text{р}}}{\text{Ч}_{\text{осн.}} \cdot 12}, \quad (3.13)$$

$$Z_{\text{ср.м}} = \frac{1392330,88}{(5 \cdot 12)} = 23200,5$$

Розрахунок фонду оплати праці допоміжних робітників.

Форма оплати – почасово-преміальна. Умови праці – нормальні.

Основний фонд складається з тарифного, грн.

$$\Phi_{\text{тар.}} = \text{Ч}_{\text{др.}} \cdot \Phi_{\text{д.}} \cdot \text{С}_{\text{г}}, \quad (3.14)$$

$$\Phi_{\text{тар.}} = 1 \cdot 17620 \cdot 14,49 = 255310$$

Фонд основної зарплати допоміжних робітників $\Phi_{\text{осн.д.р.}}$, грн.

$$\Phi_{\text{осн.д.р.}} = \Phi_{\text{тар.}} = 255310 \quad (3.15)$$

Фонд додаткової зарплати допоміжних робітників $\Phi_{\text{дод.д.р.}}$, грн.

$$\Phi_{\text{дод.д.р.}} = \Phi_{\text{осн.д.р.}} \cdot \text{К}_{\text{дз}}, \quad (3.16)$$

$$\Phi_{\text{дод.д.р.}} = 255310 \cdot 0,2 = 51060,2$$

Річний фонд зарплати допоміжних робітників $\Phi_{\text{д.р.}}$, грн.

$$\Phi_{\text{д.р.}} = \Phi_{\text{осн.д.р.}} + \Phi_{\text{дод.д.р.}}, \quad (3.17)$$

$$\Phi_{\text{д.р.}} = 255310 + 51060,2 = 306370,2$$

Середньомісячна зарплата одного допоміжного робітника $\text{З}_{\text{ср.м д.р.}}$, грн.

$$\text{З}_{\text{ср.м}} = \frac{\Phi_{\text{д.р.}}}{\text{Ч}_{\text{д.р.}} \cdot 12}, \quad (3.18)$$

$$\text{З}_{\text{ср.м}} = \frac{306370,2}{1 \cdot 12} = 25530$$

Розрахунок фонду оплати керівників та фахівців.

Праця оплачується за твердо встановленими посадовими окладами, грн.

$$\Phi_{\text{осн.кер.}} = \text{Ч}_{\text{кер.}} \cdot \text{О} \cdot 11, \quad (3.19)$$

де $\text{Ч}_{\text{кер.}}$ – чисельність керівників, чол.;

О – посадовий оклад керівника, грн.

$$\Phi_{\text{осн.кер.}} = 1 \cdot 28000 \cdot 11 = 308000$$

Фонд додаткової зарплати керівників, грн.

$$\Phi_{\text{дод.кер.}} = \Phi_{\text{осн.кер.}} \cdot \text{К}_{\text{дз}}, \quad (3.20)$$

$$\Phi_{\text{дод.кер.}} = 308000 \cdot 0,2 = 61600$$

Річний фонд зарплати керівників, грн.

$$\Phi_{\text{кер.}} = \Phi_{\text{осн.кер.}} + \Phi_{\text{дод.кер.}}, \quad (3.21)$$

$$\Phi_{\text{кер.}} = 308000 + 61600 = 369600$$

Середньомісячна зарплата одного керівника $Z_{\text{ср.м кр}}$, грн.

$$Z_{\text{ср.м}} = \frac{\Phi_{\text{кер}}}{\tau_{\text{кер}} \cdot 12}, \quad (3.22)$$
$$Z_{\text{ср.м}} = \frac{369600}{1 \cdot 12} = 30800$$

4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці системи контролю заземленням сонячного модуля

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Дослідження та розробку елементів системи контролю заземленням сонячного модуля планується проводити у дослідницьких лабораторних приміщеннях кафедри МЕЕІС. Персоналу, який обслуговує електроустановки, повинна присвоюватися перша кваліфікаційна група, як і прибиральникам приміщень електроустановок, про що робиться запис в спеціальному журналі з підписами перевіряючого та перевіряемого. Для забезпечення безпеки людей повинні заземлюватися металічні частини електроустановок і корпуса електроустаткування, котрі можуть бути під напругою із-за порушення ізоляції. Для захисту людини від ураження електричним струмом існує ціла система різних методів та засобів, які використовуються в залежності від характеру електричних установок і умов їх експлуатації.

Захисними мірами є:

- ізоляція струмоведучих частин,
- забезпечення недоступності струмоведучих частин,
- використання блокувань безпеки,
- вживання відповідного маркування та фарбування,
- попереджувальні надписи та знаки.

Захисні засоби умовно можна поділити на три групи: ізолюючі захисні засоби, які ізолюють людину від струмоведучих або заземлених частин, а також землі. Вони діляться на основні та додаткові.

Основні ізолюючі засоби володіють ізоляцією, яка може довгий час витримувати робочу напругу електроустановки і тому ними дозволено торкатися

струмоведучих частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться: діелектричні печатки, слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками, покажчики напруги [9-11].

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення небезпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирково-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Тривала робота перед екраном монітора наводить до різних функціональних розладів організму, не говорячи вже про неймовірне навантаження на очі. Захворювання, викликані травмою навантажень, що повторюються, не виявляються відразу, це нездужання, що поступово накопичуються. У цьому їх небезпека. В основному страждають кисті, зап'ястя, плечі, шийна область [10].

У виникненні хвороб такого роду найчастіше винні: погана ергономіка робочих місць, дуже високо розташована клавіатура, непідходяще крісло, незнання основних правил роботи за комп'ютером. Правила, що стосуються освітлення в приміщенні і на робочому місці, мікроклімату, розташування клавіатури прості:

- повна тривалість робочого часу, проведеного за екраном монітора із захисним екраном, для дорослого користувача не повинна перевищувати 4 години за 8-годинний робочий день;

- не рекомендується працювати на клавіатурі безперервно більше 30 хвилин, кожен годину необхідно робити п'ятихвилинну перерву, а кожні дві години - 15-хвилинний, причому краще покинути робоче місце, влаштувати розминку для пальців, зробити просту гімнастику для очей;

- для устаткування робочого місця краще використовувати спеціальні столи і стільці, що дають можливість регулювати положення всіх вузлів, - висоти столу, полички для клавіатури, крісла користувача;

- висоту клавіатури слід відрегулювати так, щоб кисть розташовувалася прямо;

- спина має бути пряма, кут між стегнами і хребтом - теж прямий, для чого слід підібрати таке крісло, спинка якого здатна підтримувати спину користувача.

- монітор слід розташувати так, щоб нижній рівень екрану знаходився на 20...25 см нижче за рівень очей, а рівень верхньої кромки розташовувався на висоті лоба, від екрану монітора до очей має бути не менше 75...120 см.

- відстань між столами з комп'ютерами - не менше 1,5 метрів, між моніторами - не менше 2,2 метрів.

- екран комп'ютера краще розташувати під прямим кутом по відношенню до вікон, які необхідно завісити або закрити жалюзі.

4.3 Виробнича санітарія

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відеотерміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робітниках повинні відповідати санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень, що діють [10].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відеотерміналах і персональних комп'ютерах є основною (диспетчерські, операторські, розрахункові, кабінети і пости управління, зали обчислювальної техніки і ін.) повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка – 1а	22-24	40-60	0.1
	Легка – 1б	21-23	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1а	23-25	40-60	0.1
	Легка – 1б	22-24	40-60	0.2

До категорії 1а відносяться роботи, вироблювані сидячи і що не вимагають фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал/ч. До категорії 1б відносяться роботи, вироблювані сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводжуються деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/год.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що обертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без відхилень від нормального полягання в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно СН 245-71 встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно

небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

У таблиці 4.2 [11] приведені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, вживаних при монтажі елементів, згідно СН 245-71.

Таблиця 4.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Речовини	ГДК, мг/м ³
Ацетон	30
Каніфоль	150
Олово	90
Спирт	1000

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для проведення експериментальних досліджень, виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 4.1).

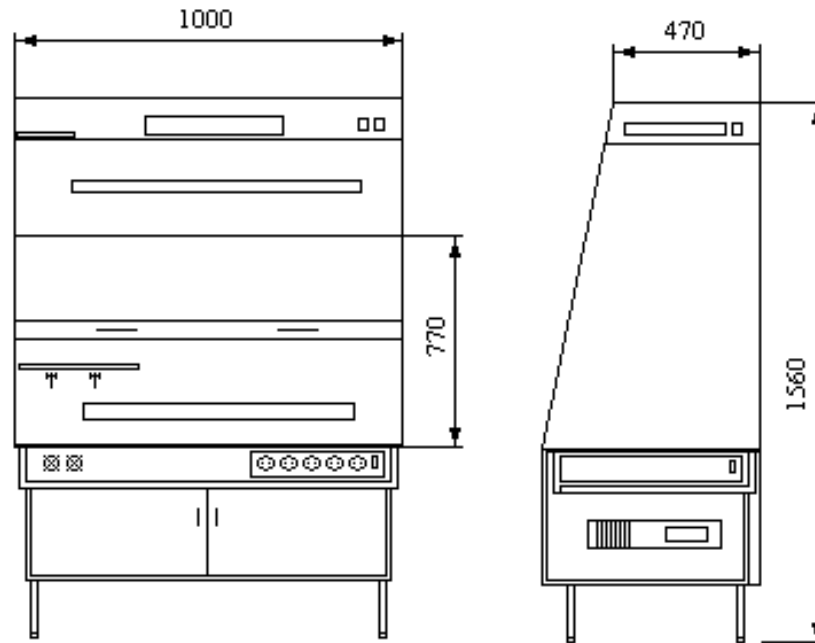


Рисунок 4.1 – Витяжна шафа для проведення експериментальних досліджень, виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням

4.4 Електробезпека

Дія електричного струму на організм людини може бути теплова, хімічна і біологічна. При дії електричного струму на організм людини можуть бути два види поразки: електричні удари і електричні травми. Часто ці види супроводять один одному [11].

Захистом від дотику до струмопровідних частин електроустановок є ізоляція дротів, обгороджування, блокування і захисні засоби. Захистом від напруги, що з'явилася на корпусах електроустановок в результаті порушення ізоляції, є захисне заземлення, занулення і захисне відключення.

Захисне заземлення влаштовується в мережах з ізольованою нейтраллю. Воно є навмисним з'єднанням із землею неструмопровідних металевих частин електроустановок.

Захисне заземлення необхідне для зниження напруги відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою, але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції.

При зниженні напруги на корпусах відносно землі струм, що проходить через людину, що стосується корпусу, знижується до безпечної величини (10 мА).

На ділянці проведення експерименту в лабораторії застосовується електроустаткування до 220 В. Електроживлення здійснюється від розподільних щитів за допомогою комутуючих автоматів, що виробляють захист того або іншого об'єкту.

Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної безпеки.

Відповідно до ПЗП приміщення лабораторії відносять до класу по пожежобезпеці П-11 а. Міра захисту електроустаткування 1 Р44.

Прокладка сполучних дротів здійснюється в трубах, що забезпечує надійний захист від механічних пошкоджень дротів [11].

4.5 Пожежна безпека

Приміщення, де виробляється травлення печатних плат, відноситься до вибухонебезпечного, оскільки водень, що виділяється при травленні, з атмосферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Проте це може статися лише при відключенні вентиляції, тобто при аваріях. Отже, приміщення відноситься до класу В-Іа. По мірі пожежної безпеки дане виробництво згідно СНіП 11-90-81 може бути віднесене до категорії Д, оскільки характеризується наявністю речовин, що лише не згорають, і матеріалів в холодному стані [11].

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні

електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться лабораторія, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно СНіП 11-90-81, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/хв [11].

Згідно ПУЕ, будівля, в якій знаходиться лабораторія по захисту від блискавки, відноситься до категорії С і захищається від прямих ударів блискавок, і від занесення високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації, їх приєднують при введенні в захищаний об'єкт до заземлення електроустаткування. Отже, грозозахист засновано на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж в лабораторії необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж при на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні крани, які розміщені в шафках, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожежі горючих матеріалів, що починається, а також горючих рідин використовується ручний пінний вогнегасник ОХП-10. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, в кількості двох вогнегасників на кожну установку. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожеж-

ної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації.

Визначимо технічні і організаційні заходи в лабораторії того, що труїть печатних плат. До технічних заходів відносяться протипожежні заходи, вживані в лабораторії:

- територію лабораторії необхідно постійно містити в чистоті, горюче сміття повинне систематично віддалятися на спеціально відведені ділянки і у міру накопичення вивозитися;

- всі струмопровідні частини, розподільні пристрої, рубильники і інші пускові апарати вмонтовуються на негорючих підставах (мармур, текстоліт, гетинакс, азбест, і тому подібне);

- вимір опору ізоляції електромережі проводиться не рідше два раз на рік. Несправні ділянки знеструмлюються і замінюються новими;

- вся електрична апаратура, встановлена в лабораторії, виконується вибухозахищеною;

- для усунення можливості проникнення пари і газів з цеху в сусідні приміщення виводи дротів крізь стіни робляться із застосуванням фарфорових трубок, отвори яких закриваються кислотностійкою мастикою;

- куріння в приміщенні строго забороняється;

- на випадок виникнення пожежі необхідно передбачити можливість евакуації людей. Евакуаційні дороги повинні забезпечувати евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщенні лабораторії протягом необхідного часу. Число евакуаційних доріг не менше два. Кількість та розміри евакуаційних виходів з будівель і приміщень, їхні конструктивні й планувальні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх облицювання (оздоблення) повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм.

- евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, нічим не захащуватися і в разі виникнення надзвичайної ситуації забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель

та споруд, двері на дорогах евакуації навішуються так, щоб відкривалися по напрямленню виходу з будівлі;

- мінімальна ширина дверей на дорогах евакуації не менше 0,8 м;
- висота переходу на дорогах евакуації не менше 2 м;
- пристрій гвинтових сходів і змінних рівнів на дорогах евакуації не допускається;
- схема евакуації людей ретельно розробляється і вивіщується на видних місцях;
- весь трудовий колектив проходить навчання заходам пожежної безпеки.
- у разі розміщення технологічного, експозиційного та іншого обладнання в приміщеннях повинні бути забезпечені евакуаційні проходи до сходових кліток та інших шляхів евакуації відповідно до будівельних норм.

Не допускається:

- влаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, розсувні, підйомні двері, такі двері, що обертаються, та інші пристрої, які перешкоджають вільній евакуації людей;
- захащувати шляхи евакуації (коридори, проходи, сходові марші і площадки, вестибюлі, холи, тамбури тощо) меблями, обладнанням, різними матеріалами та готовою продукцією, навіть якщо вони не зменшують нормативну ширину;
- забивати, заварювати, замикати на навісні замки, болтові з'єднання та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері будівель;

Для оптимального здійснення евакуації з будівель та споруд різного призначення створюються відповідні комісії. Вони скеровуються з Міністерства з надзвичайних ситуацій України.

Основними завданнями комісій з евакуації відповідних суб'єктів господарської діяльності є: розроблення планів евакуації, на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру; організація та

проведення у евакуації; установи чи організації щодо забезпечення проведення евакозаходів; визначення основних напрямів роботи щодо проведення евакозаходів; підготовка і перепідготовка особового складу евакокомісії.

Забезпечення техногенної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності суб'єктів господарювання. Забезпечення техногенної безпеки покладається на відповідних посадових осіб, керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідними нормативно-правовими або цивільно-правовими актами. Заходи щодо забезпечення техногенної безпеки враховуються органами архітектури, замовниками, забудовниками, проектними та будівельними організаціями при проектуванні та забудові населених пунктів, будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переоснащенні потенційно небезпечних об'єктів, установ та організацій.

Відповідні заходи, які обумовлюють стан захищеності населення і об'єктів від негативних наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру, повинні виконуватись як окремі розділи або визначатись у розділах інженерно-технічних заходів цивільного захисту та техногенної безпеки до проектів планування та забудови проектів (робочих проектів) ПНО або ОПН, їх будівель та споруд, погоджених зі спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань цивільного захисту і затверджених у порядку, установленому спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань будівництва і архітектури.

4.6 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця при монтажі елементів на плату

Згідно СНіП 23-05-95 для місцевого освітлення (у складі комбінованого освітлення) слід використовувати світильники з непрозорими відбивачами. Світильники місцевого освітлення слід розташовувати так, щоб їх елементи, що світять, не потрапляли прямо у поле зору працівників як даного так і інших робочих місць [10].

Виразення для освітленості даної точки “а” поверхні спостережуваного об'єкту визначається вираженням:

$$E_a = \frac{J_{ce}}{\lambda_{ca}^2} \cos \gamma_{ca}.$$

Тут J_{ce} – сила світла, що випромінюється світильником, кд/м²; l_{ca} – довжина шляху світлового променя від елемента, що світить, до точки “а” спостережуваного об'єкту, м; γ_{ca} – кут, що утворюється світловим променем в напрямі від елемента, що світить, до точки “а” і нормаллю до спостережуваної поверхні в точці “а”, рад. Розташування світильника на робочому місці показане на рисунку 4.2.

У точці “а” світильник місцевого освітлення повинен створювати освітленість, рівну нормативному значенню для місцевого освітлення (в даному випадку 180 лк), з відхиленням в межах –10% ... +20%.

Визначимо силу світла, потрібну від світильника місцевого освітлення:

$$x_{ce} = 20\text{см}; y_{ce} = 10\text{см}; z_{ce} = 20\text{см}; x_a = 20\text{см}; y_a = 30\text{см}$$

$$l_{ca}^* = \sqrt{(x_{ce} + x_a)^2 + (y_{ce} + y_a)^2} = 56,6\text{см}$$

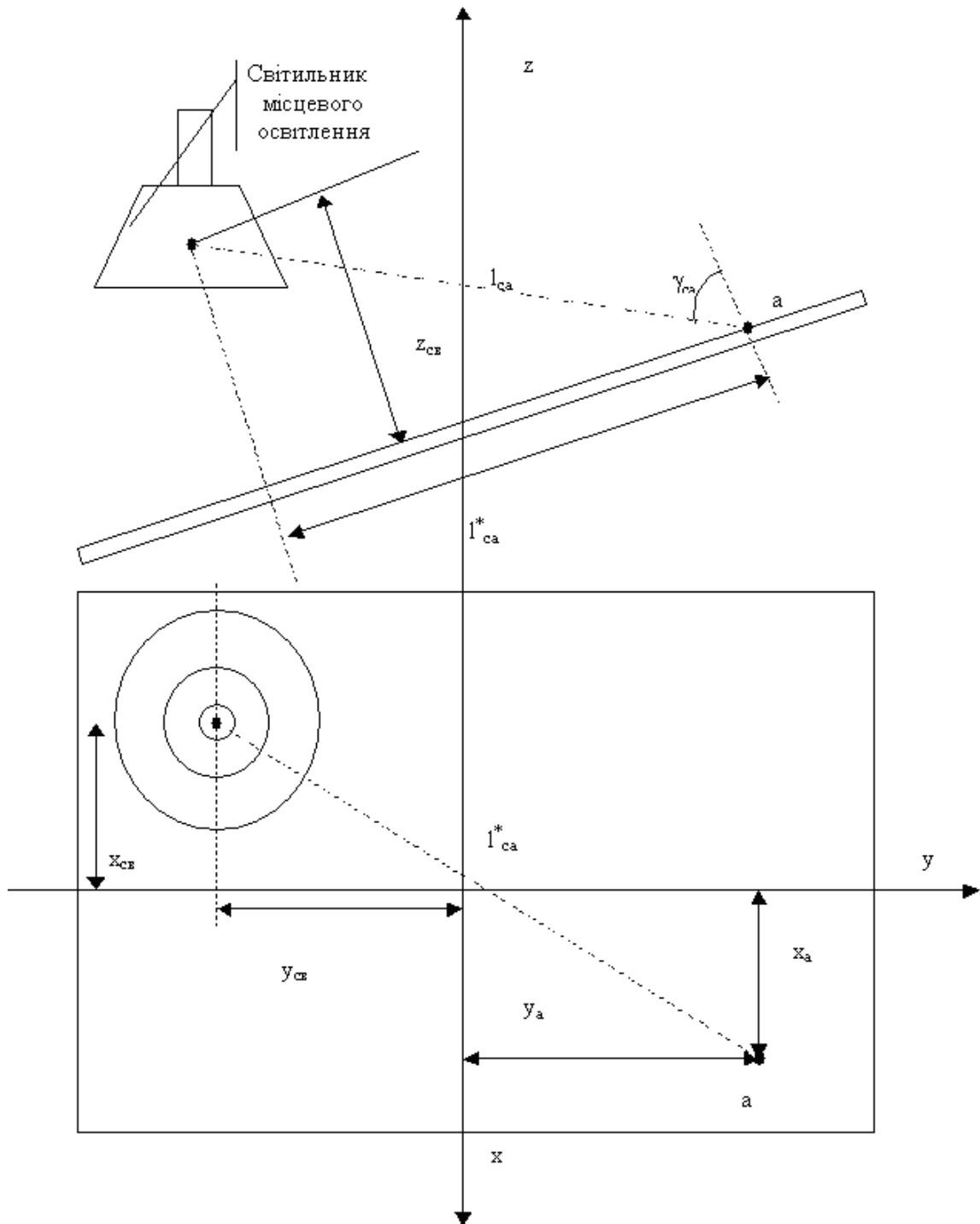


Рисунок 4.2 – Розташування світильника місцевого освітлення

$$l_{ca} = \sqrt{l_{ca}^{*2} + z_{cv}^2} = 60 \text{ см}$$

$$\gamma_{ca} = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{z_{cv}}{l_{ca}}\right) = 1,231 \text{ рад}$$

У світильнику використовується лампа розжарювання, тому для вибору лампи світильника місцевого освітлення по величині створюваного світлового потоку проведемо розрахунок:

$$\Omega_{\tilde{n}\tilde{a}} = 2\pi \left\{ 1 - \cos \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{d_{\tilde{n}\tilde{a}}}{2h_{\tilde{e}}} \right) \right] \right\} = 4,14$$

$$\hat{O}_{\tilde{E}} = E_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{i}} \cdot l_{\tilde{n}\tilde{a}\tilde{a}}^2 \cdot \frac{4\pi}{\cos \gamma_{\tilde{n}\tilde{a}}} \left[1 + \chi_{\tilde{n}\tilde{a}} \rho_{\tilde{n}\tilde{a}} \left(\frac{4\pi}{\Omega_{\tilde{n}\tilde{a}}} - 1 \right) \right]^{-1} = 796 [\tilde{e}\tilde{i}]$$

З таблиці [9,10] вибираємо лампу розжарювання типа БК-215-225-60 потужністю 60 Вт.

Висновки та рекомендації

Отже, за результатами роботи можна зробити наступні висновки:

1) обрана структурна схема актуальна тим, що перепад напруги енергій, вироблений сонячною панеллю, дозволяє використовувати оптоелектронні компоненти високої потужності без перетворення енергії, що дає можливість контролювати можливі струми витоку, характерні для несправності системи заземлення;

2) для забезпечення взаємопов'язаного керування системою індикації стану заземлення використовувався slave-контролер FX3G-14M, master-контролера FX3U-16M;

3) було зібрано схему заряду акумуляторної батареї від сонячної панелі в програмному забезпеченні Simulink і Simpowersystems візуального моделювання, що входить до пакету MatLab;

4) моделювання показало, що керування системою індикації стану шин заземлення сонячної панелі з використанням класичного амплітудного регулювання вихідної напруги забезпечує необхідну точність рівня напруги навантаження 220 В з коефіцієнтом гармоніки $KG \leq 10\%$;

5) у роботі було проведено моделювання розташування елементів блоку сигналізації стану системи заземлення сонячної панелі. Моделювання проводилось за допомогою редактора проектування електричних плат PCAD;

6) для більш ефективного використання розробки системи сигналізації було проведено моделювання опору шин заземлення для подальшої перспективи використання у промислових об'єктах. Для цього було використано модель трифазної електричної мережі із ізольованою нейтраллю. У результаті встановлено, що коливання струму не перевищують загального часу перехідного процесу.

Як рекомендації щодо розроблюваного пристрою можна відмітити наступне:

1) система може бути використана в подальших розробках інформаційних систем геліоенергетики та фотовольтаїки;

2) макетний варіант оптоелектронної системи може бути використаний в лабораторному практикумі та при проведенні практичних занять кафедри мікроелектронних та електронних інформаційних систем.

Перелік посилань

1. Принц М. В., Цимбалістий В. М. Освітлювальне і силове електроустаткування. Монтаж і обслуговування. Львів : Оріяна-Нова 2005. 296с.
2. Методи розрахунку ресурсів поновлюваних джерел енергії», Навчальний посібник / А. А. Бурмістров , В. І. Віссаріонов, Г. В. Дерюгіна, В. А. Кузнєцова, Д. Н. Кунакін, Н. К. Малінін, Р. В. Пугачов / Під ред. В. І. Віссаріонова. – М : Видавничий Дім МЕІ; 2007 р. - 144 с.
3. Розрахунок ресурсів сонячної енергетики / В. І. Віссаріонов, Г. В. Дерюгіна, С. В. Кривенкова, В. А. Кузнєцова, Н. К. Малінін. - М. : Видавництво МЕІ, 1998 - 61 с.
4. Теоретичні основи нетрадиційної та відновлюваної енергетики. Ч. 1. Визначення вітроенергетичних ресурсів регіону : Учб. посібник. Єлістратов В. В, Кузнєцов М. В. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2004. 59с.
5. Принц М. В., Цимбалістий В. М. Електричні мережі. Монтаж, обслуговування та ремонт. Львів : Оріяна-Нова, 2003. 300с.
6. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування : Навчальний посібник. - Суми : ВТД'Університетська книга'', 2006. 153с.
7. Руководство по работе с GX IEC Developer, 2008. – 295 с.
8. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень / Белуха М.Т. Київ : Вища шк., 1997. 271с.
9. Бегун В. В., Науменко І. М. Безпека життєдіяльності : Навч. посібник. Київ : МОНУ, 2004. – 328 с.
10. Охорона праці. Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання контрольних робіт для студентів ЗДІА інженерних спеціальностей / Укл. В. Г. Рижков Запоріжжя, 2005. 43 с.

11. Безпека життєдіяльності. Методичні вказівки до практичних занять та контрольні завдання для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / Укл. В. Г. Рижков. Запоріжжя, 2005. 24 с.