

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИБІРКОВОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ ФОТОМОДУЛЯ ПРИ НЕПЕРЕДБАЧЕНОМУ ЙОГО ЗАТІНЕННІ ЧИ ПОШКОДЖЕННІ

Бойченко В.В., Кравченко О.Я., студенти

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. На генерацію фотомодулів, поєднаних в один стрінг може впливати багато факторів. Основними з-поміж них є: орієнтація та кут нахилу, температура комірок, затінення фотомодуля (ФМ). Визначальним для цієї статті є фактор затінення. При проектуванні системи генерації електричної енергії за допомогою сонячної електростанції (СЕС), одним з найважливіших моментів є правильне розташування фотомасиву, яке визначатиме найменшу можливість затінення протягом року. Проте, це можливо реалізувати не на всіх об'єктах. Зокрема, існують варіанти, коли частину року фотомасив буде затінятися певним об'єктом, ліквідація якого є неможливою, а інше розташування поля ФМ не буде доцільним [1].

Метою роботи є розробка пристрою для вибіркового відключення ФМ у складі стрінга СЕС при їхньому затіненні або пошкодженні.

Матеріали і результати досліджень. На сьогоднішньому етапі розвитку фотомодулів існують технології, які дозволяють не відключати повністю весь ФМ при затіненні, як це було раніше, а й дозволяють йому лише частково втрачати потужність. Як приклад, можна навести поширену технологію half-cell. Якщо розглядати 1 фотомодуль, то при використанні half-cell технології отримаємо при затіненні наступні ВАХ характеристики – Рисунки 1-3 [2].

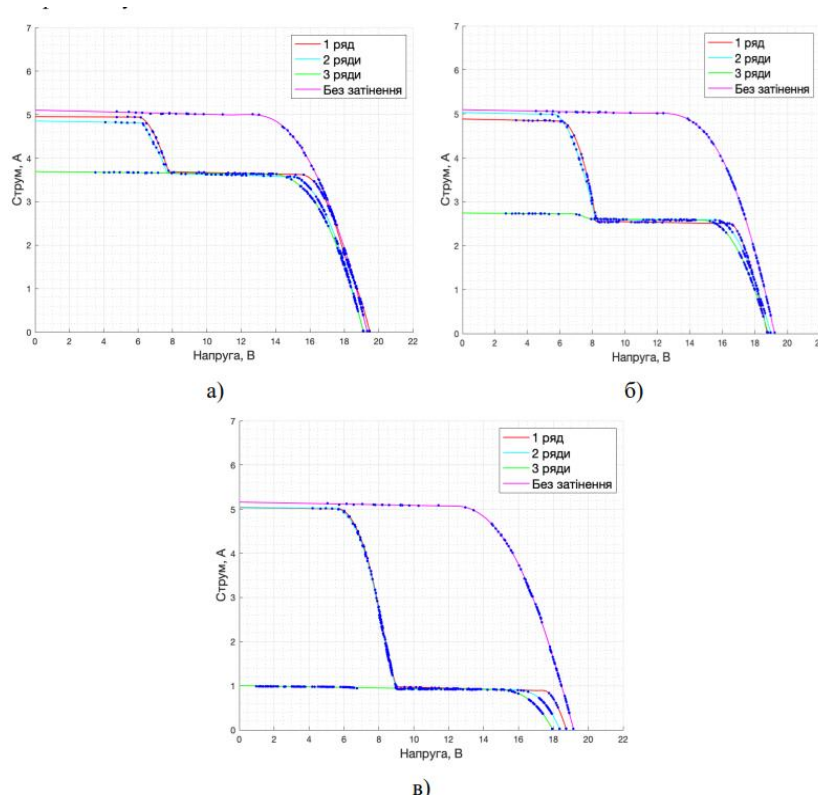


Рисунок 1 – Альбомне затінення, інтенсивність тіні:
а – 24.8% , б – 34.5%, в – 78.8%.

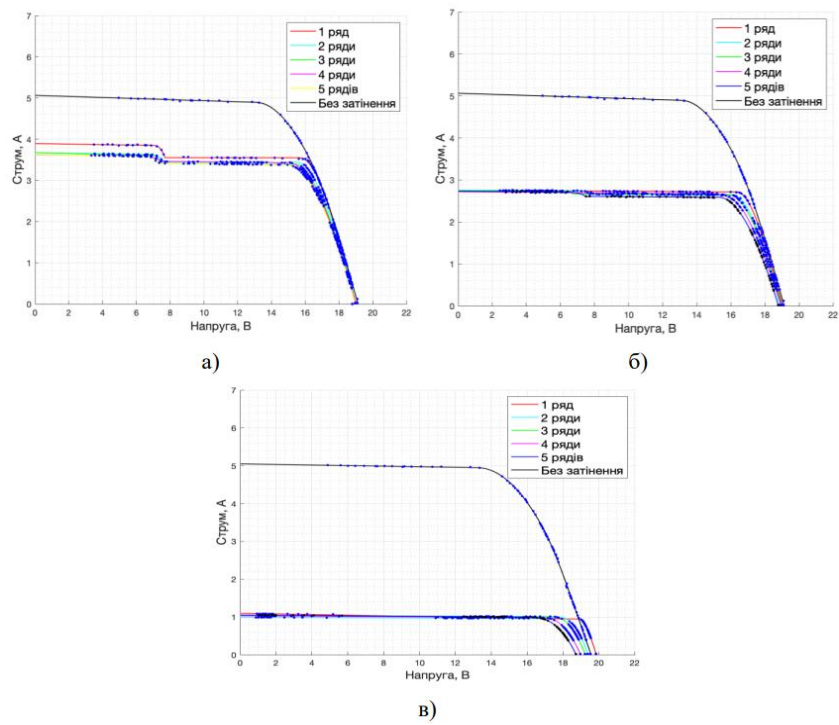


Рисунок 2 – Портретне затінення, інтенсивність тіні:
а – 24.8% , б – 34.5%, в – 78.8%.

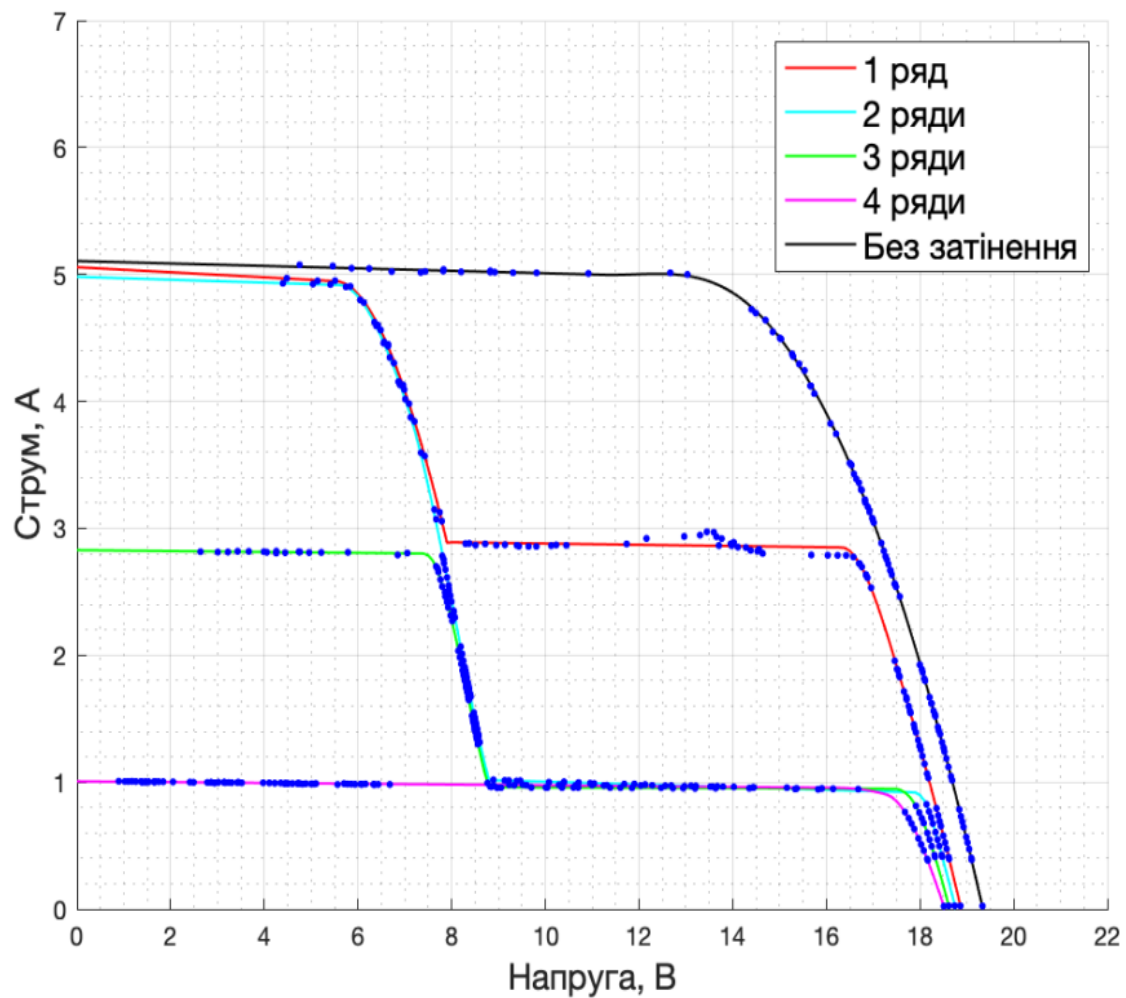


Рисунок 3 – Діагональне затінення, інтенсивність тіні 78.8%

З графіків видно, що напруга холостого ходу (ХХ) зменшується незначним чином, а от струм короткого замикання (КЗ) зменшується суттєво. Також бачимо зміни форми ВАХ в залежності від відсотка затіненої площі. Відповідно, фотомодуль при цьому працюватиме у певній робочій точці характеристики, яка підключена до МРРТ-трекера, при якій добуток її координат, а саме напруги та струму, визначатиме найбільше значення потужності.

Згідно з цим, при підключенні послідовного стрінга ФМ до МРРТ трекера логіка роботи стрінга наступна: Струм стрінга є значенням, яке протікає через всі ФЕМ і є однаковим для кожного з них. Напруга стрінга є сумарним значенням напруг кожного ФМ у стрінгу. Для прикладу розглянемо теоретичну роботу певного стрінга при параметрах STC. Припустимо, ми маємо стрінг з 6 ФМ, кожна з яких має наступні параметри по STC:

$$P_{max} = 435 \text{ W}$$

$$V_{oc} = 39.33 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 14.22 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 33.04 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 13.17 \text{ A}$$

Виходячи з цього, при ідеалізованих умовах інсоляції, температури та при відсутності затінення, параметри робочої точки стрінгу будуть наступними:

$$V_{ст} = V_{mp} \times 6 = 33.04 \times 6 = 198.24 \text{ V}$$

$$I_{ст} = I_{mp} = 13.17 \text{ A}$$

$$P_{ст} = V_{ст} \times I_{ст} = 198.24 \times 13.17 = 2610.80 \text{ W}$$

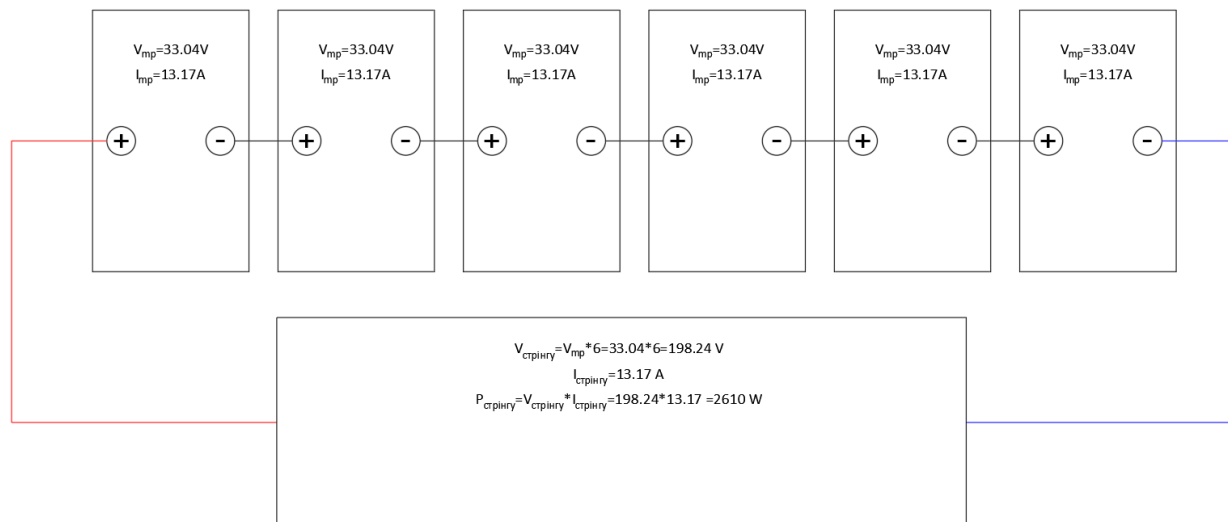


Рисунок 4 – Функціональна схема пристрою

Далі для подальшої наглядності розглянемо варіант незатіненого стрінга з 5 ФМ:

$$V_{ст} = V_{mp} \times 5 = 33.04 \times 5 = 165.2 \text{ V}$$

$$I_{ст} = I_{mp} = 13.17 \text{ A}$$

$$P_{ст} = V_{ст} \times I_{ст} = 165.2 \times 13.17 = 2175.684 \text{ W}$$

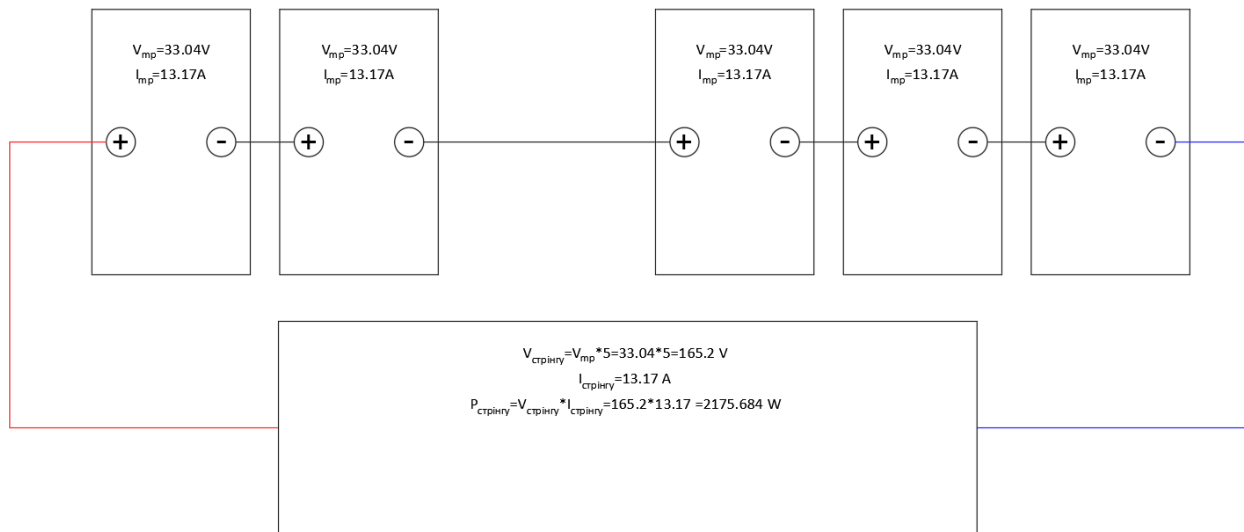


Рисунок 5 – Випадок, коли 1 ФМ вимкнена

Проаналізуємо теоретичний випадок затінення одного з 6 ФМ. Спостерігатиметься невелике падіння напруги ХХ, а також падіння струму КЗ. Як наслідок, робоча точка цього фотомодуля зміститься, тобто струм робочої точки буде меншим, ніж без затінення, аналогічно, і напруга матиме певне зміщення.

Допустімо, що параметри робочої точки цього ФМ будуть наступними:

$$V_{ст} = 30 V$$

$$I_{mp} = 12 A$$

Затінення одного ФМ впливає на показники всього стрінгу. Відповідно, через всі ФМ, що знаходяться у стрінгу, буде протікати найменший струм з можливо генерованих, який буде визначатися по затіненому фотомодулю. Це значення буде рівне 12 А. Напруга робочої точки цих стрінгів зросте згідно їх ВАХ і відповідатиме робочій точці при струмі в 12 А. Нехай, вона становитиме 33.5 V.

Враховуючи це, параметри стрінгу будуть наступними – Рисунок 6.

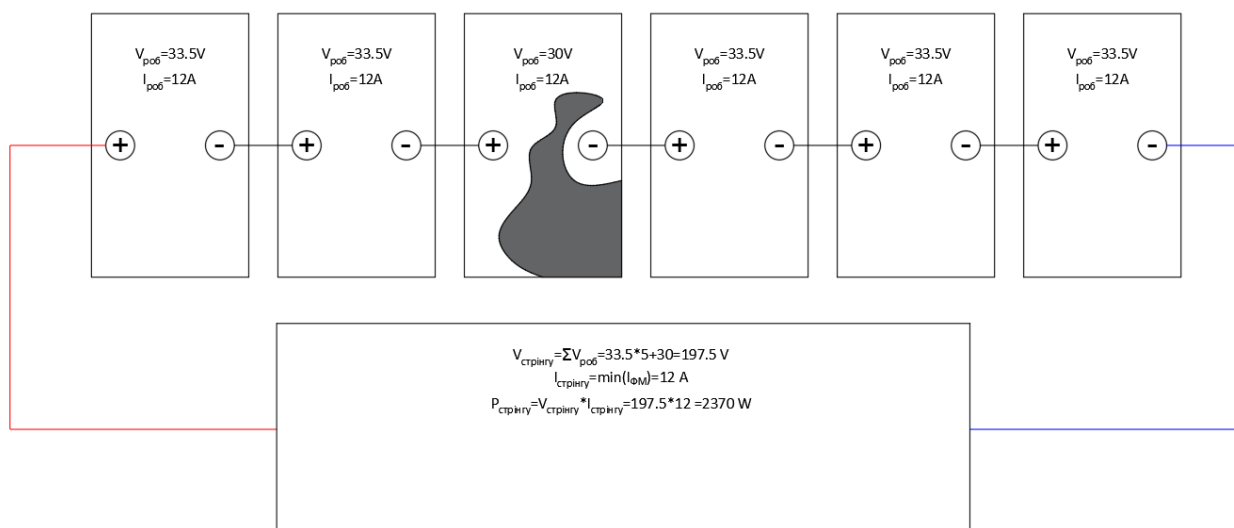


Рисунок 6 – Випадок, коли 1 ФМ частково затінена

З Рис. 6 бачимо, що при таких значеннях, стрінг доцільно використовувати з 6 фотомодулями.

У випадку збільшення фактору затінення можливо розглянути наступний варіант. Припустимо, що параметри робочої точки затіненого ФМ будуть такими:

$$V_{mp} = 28 \text{ V}$$

$$I_{mp} = 10 \text{ A}$$

Інші ФМ так само не затінені. Як вже зазначалося раніше, затінення одного ФМ впливає на показники всього стрінгу. Відповідно, у всьому стрінгу буде протікати найменший струм ФМ (10 А). Напруга робочої точки цих ФМ зросте згідно їх ВАХ і відповідатиме ВАХ для точки в 10 А. Нехай, вона становитиме 34 V. Тоді, параметри стрінгу будуть наступними – Рисунок 7.

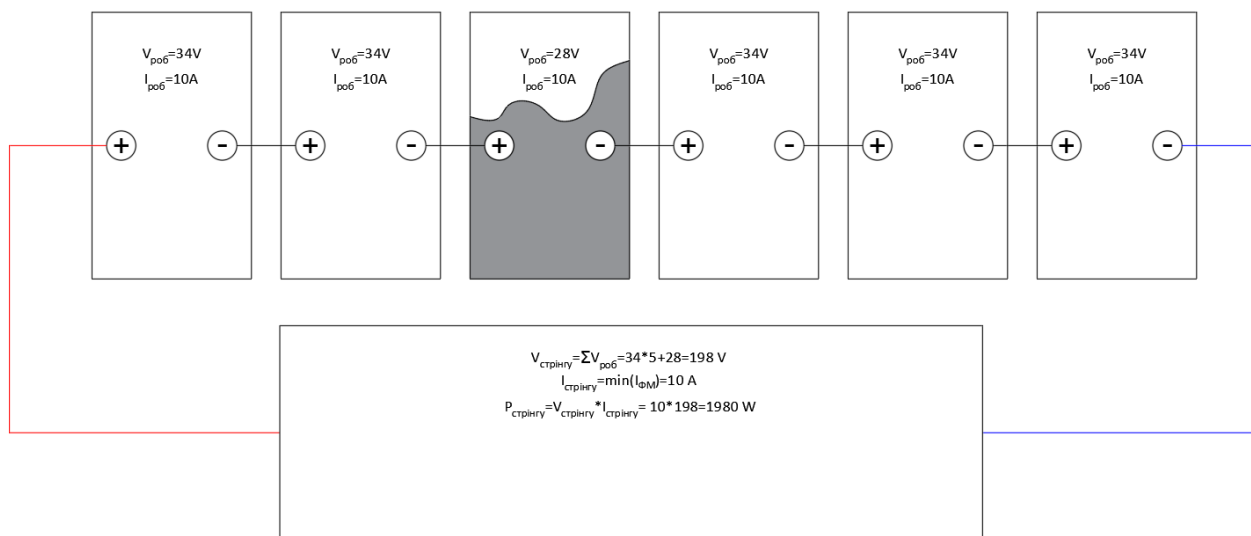


Рисунок 7 – Випадок, коли 1 ФМ майже повністю затінена

Порівнюючи зі стрінгом, в якому відсутній 1 ФМ, бачимо, що стрінг з відсутнім ФМ має більшу потужність, тож, відповідно, доцільніше виключити затінений ФМ зі стрінга.

Для реалізації такої можливості при певних тимчасових умовах необхідно створити автоматизовану систему, що враховуватиме освітленість та параметри напруги окремих ФМ.

Порівнюючи значення освітленості окремих ФМ, система має знаходити різке відхилення одного з них і цим сигналізувати, що освітленість одного з них впала, порівняно з іншими, а отже він чимось затінений. Якщо ж падає освітленість всіх ФМ, це сигналізує про хмарність, або про настання сутінок.

Порівняння напруги також є важливим, адже не завжди можна при зовнішньому огляді явно виявити ФМ, який працює некоректно (особливо при великому фотомасиві). Також фотомодуль може бути пошкодженим і видавати параметри, які значно знизять генерацію всього стрінга. Таким чином, вимірвальні датчики освітленості та напруги мають сигналізувати на плату

управління, що певний фотомодуль негативно впливає на стрінг, і плата має подати сигнал на його відключення і встановлення замість нього кабель-траси.

Це можливо реалізувати за допомогою трипозиційних перемикачів «1-0-2», програмованої плати (для прикладу Arduino, Raspberry Pi, GreenPAK, або будь-якої іншої, що підходить під описані задачі), датчиків освітленості, програмних вольтметрів.

Попередня схема дії для одного фотомодуля в стрінгу матиме наступний вигляд – Рисунок 8.

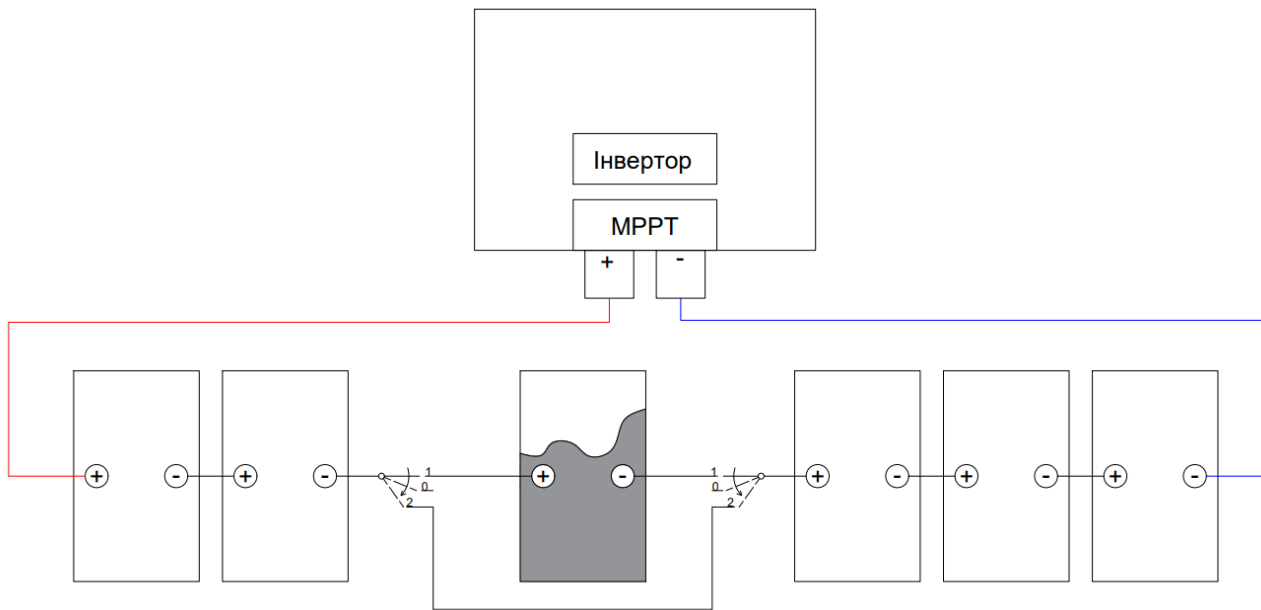


Рисунок 8 – Схема для підвищення вихідної потужності стрінга

ФМ бажано розривати в двох точках та передбачати позицію «0», яка повинна повністю розривати коло перед заміною ФМ на провідну ділянку. Крім того, варто робити перемикання одночасним. В такому разі, наша схема набуває наступного вигляду (включно з позначеннями контролерних елементів) – Рисунок 9 [3].

Висновки. Поширивши таку систему не для одного ФМ, а для кожного із стрінгу, можливо реалізувати вибірковість включення стрінгу при затіненні. Крім того, технологічний процес дозволяє реалізувати розподільчу коробку, яка буде розташовуватися безпосередньо біля стрінга і керувати процесом. Вона не займатиме багато місця і, в залежності від величини фотомасиву, матиме розмір, співставний з розміром щита звичайної захисної автоматики. Також варто передбачити можливість примусового відключення одного ФМ для його обслуговування. Дана схема дозволяє: збільшити генерацію стрінга при затіненні одного чи декількох модулів, забезпечити безпечну заміну пошкоджених ФЕМ не перериваючи при цьому генерацію від інших ФМ цього масиву, сигналізувати про пошкодження та некоректну роботу окремих ФМ (наприклад на територіях, що знаходяться в близькості від лінії бойового зіткнення можливе пошкодження ФМ внаслідок осколкових пошкоджень).

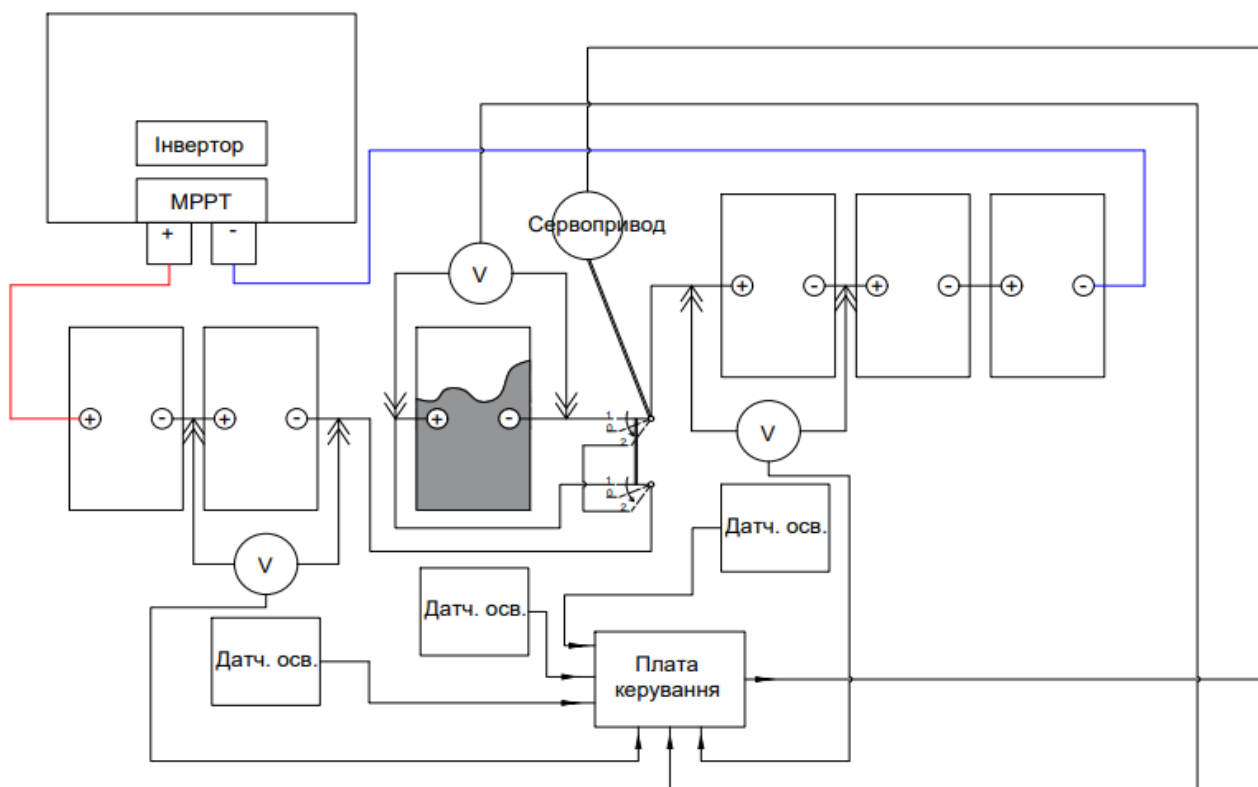


Рисунок 9 – Уточнена схема для підвищення вихідної потужності стрінга

Зокрема, за допомогою такої системи можливо впровадити більш чіткий моніторинг системи СЕС, доступ до якого варто надавати технічному спеціалісту, що буде розумітися на специфіці роботи цієї системи.

Перелік посилань

1. Вплив тіні на роботу сонячних батарей | SolarSoul.net [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://solarsoul.net/uk/vpliv-tini-na-robotu-sonyachnix-batarej>
2. Робота фотоелектричної станції в умовах затінення фотомодулів, Іванчук В.Ю., 2019 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1c169764-175f-416a-a39a-9eb7744da208/content>
3. Курс «Фахівець з обладнання для сонячних електростанцій» від Атмосфера (доступ за передплатою курсу): [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://academy.atmosfera.ua/equipment-selection>