

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ГІБРИДНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА БАЗІ ЕЛЕМЕНТІВ VICTRON ENERGY

Чорний Ю.А., к.т.н., доц.
Коломієць Д.П., ст. викл.
Дорошенко А.М., здобувач РВО магістр
Юрченко Д.А., здобувач РВО бакалавр
Національний університет харчових технологій,
м. Київ, Україна, dmko2023@i.ua

Анотація: Функціонування усіх елементів СЕС має бути узгодженим між собою не тільки в межах станцій, а й передбачати інтеграцію останніх в об'єднану систему електропостачання України. Така інтеграція, а також об'єднання енергетичних ринків ЕС та України з обміном даними у реальному часі є справжнім викликом для стабільної роботи енергосистеми і вимагає застосування інноваційних ІТ-технологій, зокрема таких, які досягли рівня «зрілості» й активно використовуються енергетичними компаніями. Наприклад: Machine Learning (машинне навчання), Digital Twins (цифрові близнюки), Reinforcement Learning (навчання з підкріпленням), Blockchain (блокчейн), Internet of Things (Інтернет речей) та Platform business (платформи обміну даними). Все ж врахувати в ІТ-технологіях абсолютно все неможливо і тому розширення функціоналу сучасної СЕС любого типу є актуальним. Незважаючи на те, що системи торгівлі електроенергією «на завтра» (day-ahead trading) в Україні ще не впроваджено, вже визнається необхідність адаптації до подібних систем у майбутньому. Це означає, що в разі запровадження української моделі, яка може відрізнитися від європейської, потрібно буде розробити власні системи управління або адаптувати існуючі алгоритми. Така потреба підкреслює важливість гнучкості в управлінні енергетичним обладнанням, зокрема можливість користувачів втручатися в внутрішні алгоритми роботи цього обладнання.

Ключові слова: СЕС, налаштування, інновації, алгоритм, функціонал Node-Red

Досліджували можливість розширення функціоналу гібридної сонячної електростанції (гСЕС) та її адаптації при експлуатації в умовах передмістя Києва. Обґрунтування нашого вибору полягало в оцінці характеристик та аналізі функціоналу кожного елемента СЕС при об'єднанні їх у станцію.

Основа станції – обладнання компанії Victron Energy (Нідерланди): один гібридний інвертор марки Multi RS Solar 48/6000/100-450/80 1 tracker; один сонячний зарядний пристрій типу Victron Smartsolar MPPT RS 450/100-Tr; одна панель керування Victron Energy Cerbo GX (основний промисловий комп'ютер, що здійснює керування всією лінійкою продуктів компанії); 36 штук сонячних модулів китайського виробника Ja Solar JAM72S30-545/MR.

Multi RS Solar 48/6000 – нова розробка, був презентований в 2022 році, це єдиний та перший високочастотний інвертор (про що вказує RS у назві) в продуктивній лінійці компанії. До теперішнього часу компанія налагодила виробництво та впровадження потужних та багатофункціональних низькочастотних інверторів серій Multiplus та Quattro.

Перспективність цього інвертору: доступна вартість, через застосування високочастотної технології, низьке власне електроспоживання, високий ККД, має інтегрований потужний сонячний зарядний пристрій. Але при цьому, його

функціональність мінімальна. Це єдиний інвертор компанії, який вийшов на ринок передчасно та «сирим». Кожен місяць почали виходити нові зміни в прошивці. У користувачів виникали проблеми з підключенням неякісних генераторів. Інвертор не міг працювати в трифазному та паралельному режимах, хоча в форумах компанія заявляла, що працює над цим всім і скоро функціонал буде таким, як в всіх інших моделях. Для цього був розроблений власний комунікаційний протокол VE.Bus для синхронізації інверторів в режимах паралельної та трьохфазної роботи, який дозволяє створювати комплексні енергетичні системи, включаючи резервне живлення та автоматичне перемикання між джерелами, та використовується в таких інверторах, як Multi Plus та Quattro. Для інших компонентів, таких як зарядні пристрої та шунти, використовуються альтернативні протоколи VE.Direct або VE.Can. VE.Direct є простішим і використовується для менших пристроїв, включаючи дрібні інвертори, контролери заряду та монітори батарей. VE.Can забезпечує високу надійність передачі даних та ефективність у великих та розподілених системах. Проте VE.Bus був спеціально розроблений для синхронізації тільки однотипних інверторів, забезпечуючи точну координацію у складних енергетичних системах, але не призначений для дальніх відстаней та швидкої передачі даних.

Інвертор Multi RS від Victron Energy, оснащений інтегрованим зарядним пристроєм, який не підтримує підключення через протокол VE.Bus, але сумісний з VE.Can. Це створює унікальну ситуацію, де для повної інтеграції інвертора в екосистему Victron потрібно б використовувати обидва протоколи одночасно, що є непрактичним. Внутрішні компоненти інвертора не можуть обмінюватися даними безпосередньо, а лише через зовнішній контролер Cerbo GX, що не є оптимальним рішенням для інтеграції внутрішніх блоків. Крім того, високочастотний інвертор Multi RS здатен швидко реагувати на зміну навантаження, а застарілий протокол VE.Bus не спроможний на цей виклик.

Це випадок, коли нові технології випереджають існуючі рішення комунікацій, створюючи затримку в синхронізації через обмеження існуючих протоколів. Відсутність жодних коментарів від Victron Energy щодо цієї проблеми лише підсилює враження від цього випадку, який відображає наше власне розуміння ситуації, з якою зіткнулася компанія. З випуском нової прошивки у 2023 році стало зрозуміло, що схемотехніка, використана в моделі 2022 року, не підтримує паралельну роботу, а лише трифазний режим. Це виявилось несподіванкою для розробників, які сподівалися на покращення функціональності продукту шляхом оновлення програмного забезпечення (ПЗ). Однак, після розробки цього ПЗ стало зрозуміло, що існують схемотехнічні обмеження. Одночасно з оновленням прошивки, Victron Energy оголосила про випуск оновленої моделі, яка тепер підтримує навіть два сонячні стрінги, тим самим ще більше покращуючи функціональність. Модель 2022 року була виведена з виробництва, при цьому назва продукту залишилася незмінною, змінилися лише схемотехнічні позначення на корпусі пристрою. Цей крок компанії, можливо, мав на меті замаскувати недоліки попередньої моделі, але це лише додало плутанини серед споживачів. На січень 2024 році, цей

«перспективний» інвертор підтримує тільки базову ESS, але не підтримує Dynamic ESS – нову розробку компанії, що була представлена на вебінарі 26 вересня 2023 року. Dynamic ESS автоматично оптимізує план продажу та покупки енергії від мережі, враховуючи денні ціни, прогноз сонячної енергії та очікуване споживання. Торгівля електроенергією «на завтра» (day-ahead) – це процес, коли електроенергія купується та продається за один день до фактичного виробництва та постачання. Цей вид торгівлі може відбуватися на спот-ринку біржі електроенергії (часто згадується як денний ринок або денний аукціон) або через двосторонні контракти між двома сторонами, як правило, компаніями, що займаються торгівлею енергією, за межами біржі на позабіржовому ринку (OTC).

Наразі спостерігається тенденція поступової інтеграції систем програмування в більшість обладнання. Це дає можливість зміни функціоналу не тільки виробником, а і замовником. При цьому даний «функціональний блок» з базовим функціоналом перетворюється в зовсім інший, тобто «новий функціональний блок», в якому від старого блоку залишається тільки інтерфейс взаємодії (стандартні протоколи, інтерфейси), внутрішні виконуючі механізми (інвертор, вбудований контактор) та вимірювальні інтегровані компоненти (датчик температури, струму, напруги). Можуть бути добавлені й інші зовнішні виконуючі механізми (віддалені реле з мережевим портом або Wi-Fi) та відповідні датчики, які будуть обмінюватися повідомленнями через ту ж комп'ютерну мережу і використовуючи стандартні мережеві протоколи для обміну, а не «жорсткі» власні протоколи відповідного виробника. Ми спостерігаємо, що стандартна комп'ютерна мережа, поступово витісняє всі інші мережі обміну інформацією. Створюється така мережа IoT пристрів, в яких логіку взаємодії між собою повністю встановлює користувач, а не пропонує виробник. І саме останнє найголовніше, що не треба вибирати з доступного функціоналу – можна створити бажане самому і поєднати будь-що.

Це тенденція інтеграції можливості програмування, очевидно, перемаже в майбутньому. Інтеграція програмування безпосередньо в пристрій може навіть виключити з цієї множини центральну систему керування. Така собі децентралізація в IoT відбувається.

Метою торгівлі «на завтра» є дозволити трейдерам електроенергії, комунальним підприємствам, а іноді й великим промисловим або комерційним споживачам електроенергії збалансувати їхнє виробництво та/або споживання електроенергії або їхніх клієнтів на денній основі. Це балансування є критично важливим для вирівнювання та забезпечення довгострокового балансування та мінімізації ризиків їхнього портфеля. Зазвичай для цього використовують майбутні ринки відповідної енергетичної біржі, купуючи або продаючи електроенергію на наступні місяці або навіть роки, щоб збалансувати свою групу завчасно до моменту поставки. З наближенням дня фактичної поставки електроенергії потрібне більш точне налаштування групи збалансування.

Будь-який профіцит (надлишок) або дефіцит електроенергії в групі збалансування потрібно вирішувати, для чого відповідальна за балансування сторона використовує торги або контракти на ринку «на завтра». Після закриття

аукціонів на денних ринках існуючі дефіцит або профіцит все ще можна вирівнювати через внутрішньодобову торгівлю. Першим виробником, хто зробив таку інтеграцію програмування, була компанія Victron Energy (Нідерланди). Вона є одним з небагатьох виробників інверторів, які активно інтегрують Node-RED у свої системи. Ці інвертори надають гнучкі можливості для користувачів в можливості програмування та налаштування через Node-RED, особливо в лінійці продуктів, які працюють на Venus OS (CerboGX).

Очевидна вигода – немає потреби робити окрему систему керування (СК) для поєднання та інтеграції різних пристроїв інших виробників. Достатньо зробити тільки зміни за допомогою Node-RED в існуючу СК і цим значно розширити функціонал обладнання – вирішити довільні логічні та функціональні проблеми взаємодії не змінюючи прошивку пристрою, а також не замовляти та вималювати в форумах технічної підтримки додатковий функціонал у виробника. Node-RED є ідеальним для швидкого прототипування та розробки комплексних IoT-систем, оскільки він зменшує складність програмування та сприяє інтеграції різних компонентів системи. Крім того, Node-RED вважають потужним інструментом для візуального програмування, розробленим для з'єднання апаратного забезпечення, API та онлайн-сервісів у рамках Інтернету речей (IoT). Це відкрите програмне забезпечення, створене компанією IBM, і воно особливо популярне серед розробників та інженерів для створення IoT-рішень.

Ми проаналізували продукцію інших відомих виробників аналогічного обладнання для SEC:SMA Solar Technology (Німеччина), Schneider Electric (багатонаціональна корпорація з головним офісом у Франції), Fronius (Австрія), ABB (тепер частина FIMER). ABB – швейцарська багатонаціональна корпорація, відома у сфері електротехніки та автоматизації, мала свою діяльність у галузі сонячних інверторів. У 2020 році бізнес сонячних інверторів ABB був придбаний італійською компанією FIMER. Таким чином, хоча головний офіс ABB розташований у Цюриху (Швейцарія) їхня сонячна інверторна лінійка тепер є частиною FIMER (Італія).

Тобто, в них немає такого функціоналу, щоб віддалено підключитися напряму до обладнання, та через WEB-інтерфейс завантажити Node-RED, щоб була можливість зробити прямі зміни функціоналу обладнання, тобто саме таким чином зробити налаштування функціоналу. Все, що вони можуть, – це взаємодіяти з системою керування на базі Node-RED, що може бути встановлена в іншому пристрої, наприклад, у промисловому комп'ютері Raspberry Pi. До речі, деякі DIY-ентузіасти (DoItYourself, що у перекладі означає «Зроби це сам») так і роблять – замінюють CerboGX (передовий пристрій управління та моніторингу від VictronEnergy) саме на недорогий промисловий комп'ютер Raspberry Pi.

Було виявлено, що в жодне це обладнання не зроблено повну інтеграцію Node-RED так професійно і глибоко, як це зробив Victron (налаштування через Node-RED). Якщо потрібно зробити щось ексклюзивне, то ми вимушені використовувати власну систему керування, встановлюючи її, наприклад на промисловому комп'ютері Raspberry Pi.