

Альтернативна енергетика

Тема 2 Сонячна енергетика

Сонячні електростанції
(лекція)

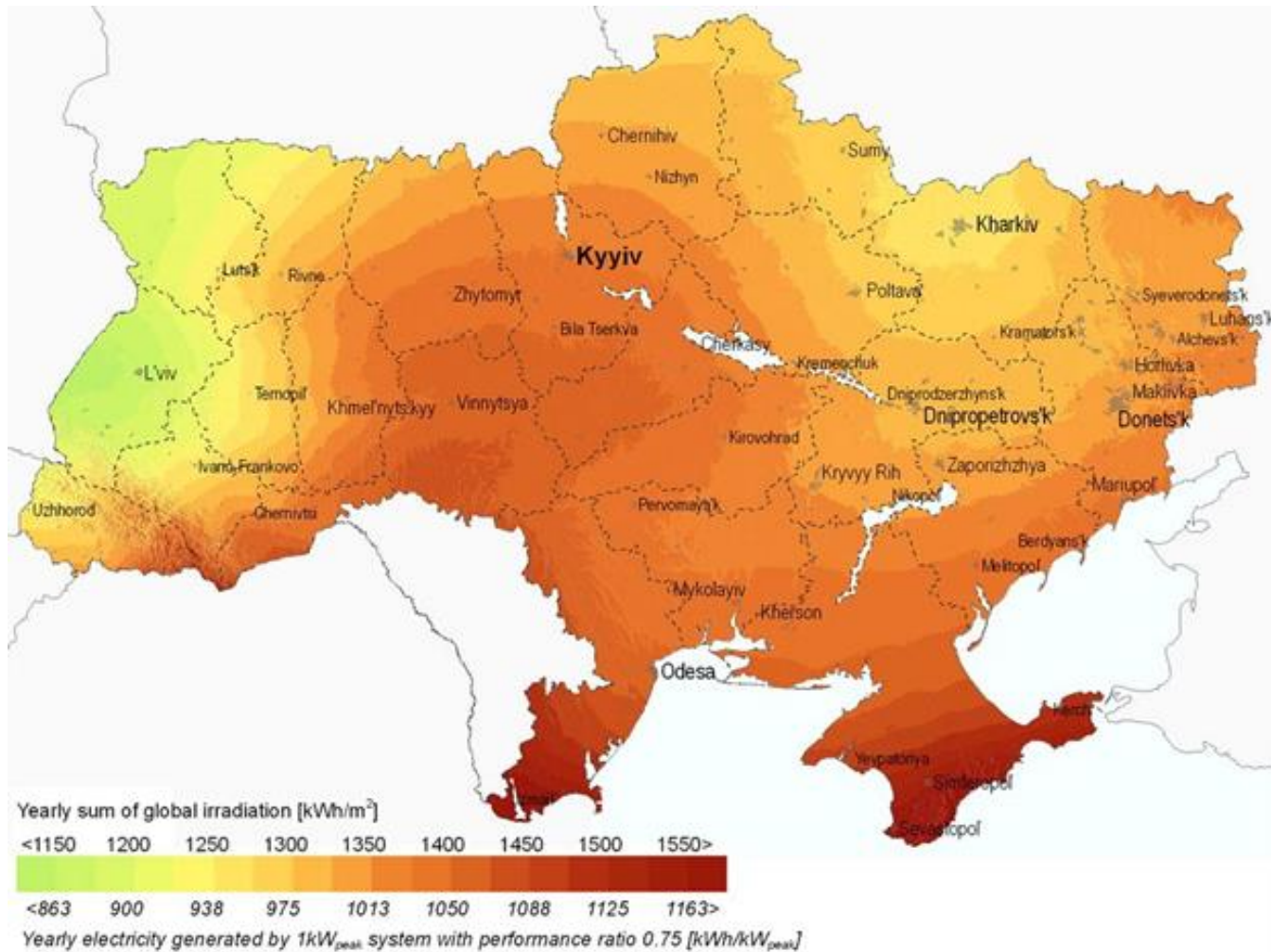
Сонце



- Головне джерело енергії на Землі
- Середня потужність опромінення на рівні поверхні Землі – 1 кВт/м^2
- Річна кількість енергії, що отримує Земля від Сонця – $81\,000 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{год}$ ($54\,000 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{год}$ – океан $27\,000 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{год}$ – континенти)
- Річна кількість енергії, що споживає людство – $10 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{год}$
- Технічно досяжний потенціал освоєння сонячної енергетики – $12 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{год}$

Геліоенергетика потенційно спроможна повністю забезпечити людство енергією та відмовитися від викопних видів палива

Карта сонячної інсоляції України



Середній рівень сонячної радіації кВт·год/(м²·день)

Регіон	Місяць												Сер.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,30	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,90	3,11
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Кропивницький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94

Світовий приріст нових потужностей генерування електричної енергії у 2017 році



Source: UN Environment, Bloomberg New Energy Finance

Вартість електроенергії із поновлювальних джерел (USD/МВт·год)

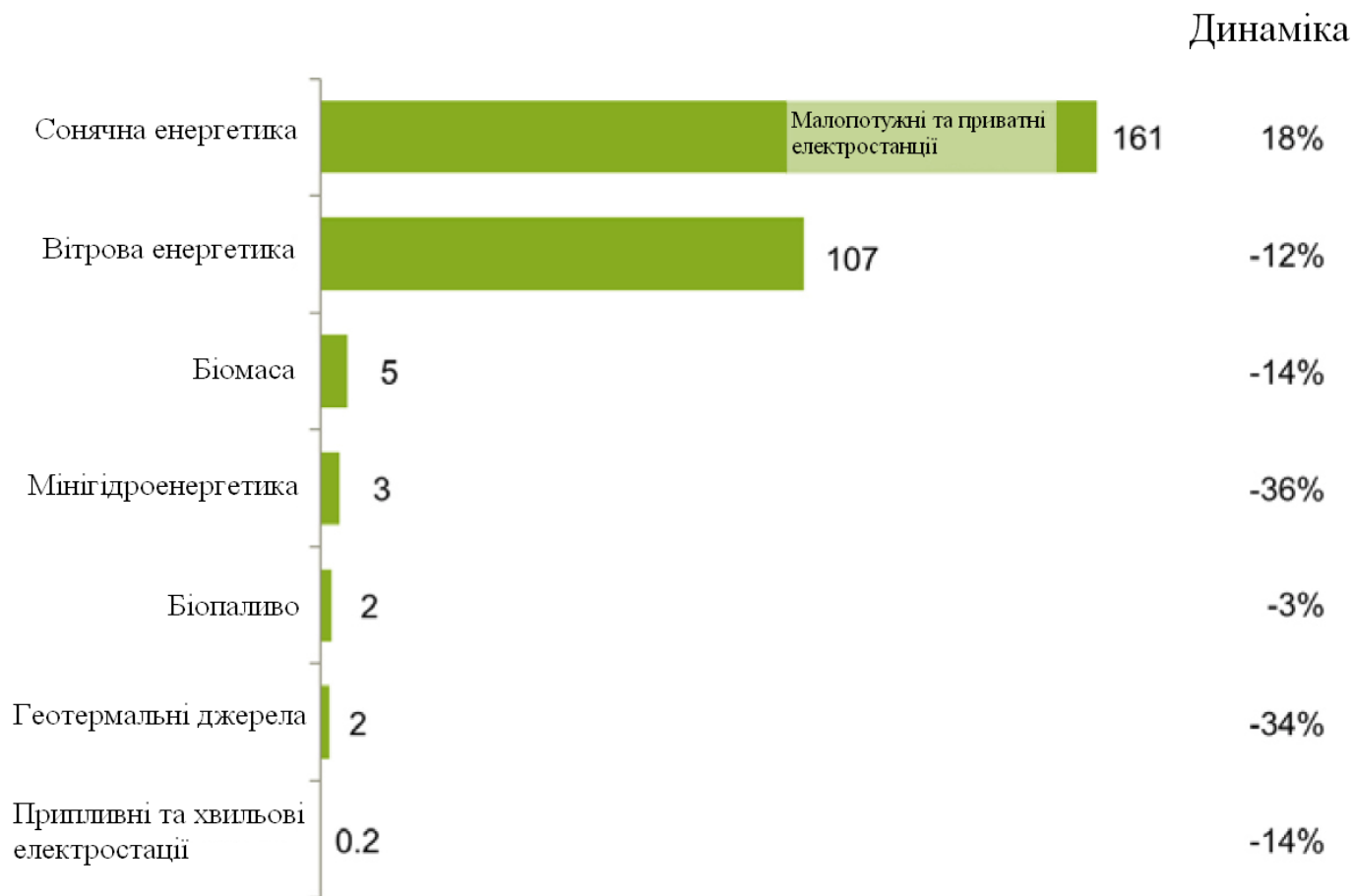


Source: UN Environment, Bloomberg New Energy Finance

Менше ніж за 10 років вартість електроенергії, виробленої за допомогою фотоелементів зменшилась у чотири рази!

За цей же період вартість електроенергії, виробленої із інших поновлювальних джерел практично не змінилася

Обсяг інвестиції у поновлювальну енергетику у 2017 році (млрд. USD)



Source: UN Environment, Bloomberg New Energy Finance

Найближчі перспективи

У 2019 році концентрація CO₂ у атмосфері досягла 415 ppm (мільйонних часток)

Тільки прискорений розвиток поновлювальних джерел енергії, **особливо інвестування у приватну сонячну енергетику**, дозволить до середини сторіччя повністю відмовитися від енергоресурсів органічного походження

Довідка: критична концентрація CO₂ в атмосфері Землі – 400 ppm

Типи сонячних електростанцій



- Автономні
- Мережеві
- Гібридні

Одним із ключових напрямків розвитку сонячної енергетики є розподілена генерація, коли електрична енергія генерується великою кількістю малопотужних електростанцій



В Україні максимальна потужність приватної сонячної електростанції, що може продавати електричну енергію за зеленим тарифом не повинна перевищувати 30 кВт

Зелений тариф

ЗЕЛЕНІ ТАРИФИ В УКРАЇНІ

Вартість за 1 кВт-год, ЄВРО без ПДВ*

Вид джерела	2015 р.	2016 р.	2017-2019	2020-2024	2025-2029
Промислова СЕС (наземна)	0,17	0,16	0,15	0,135	0,12
Промислова СЕС (дахова)	0,18	0,172	0,164	0,15	0,13
Приватна сонячна електростанція	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15
Приватна вітрова електростанція	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09
Вітрова електростанція (>2МВт)	0,1	0,1	0,1	0,09	0,08

* — дані надані з округленням

Зелений тариф (в англійській мові зазвичай використовується термін Feed-in tariff) — економічний механізм, спрямований на заохочення генерації електроенергії відновлюваною енергетикою. Застосування зеленого тарифу зазвичай включає використання наступних інструментів:

- Гарантований доступ до енергомережі
- Довгострокові контракти на придбання електроенергії
- Встановлення відносно високих закупівельних цін, які враховують вартість відновлюваних джерел енергії

Зелений тариф



Термін РРА
20 років



Обов'язкова участь в аукціоні:
з 2020 року:

CEC \geq 1 МВт ВЕС \geq 5 МВт

Інші ключові положення:

Учасність в аукціонах зможуть брати **всі види генерації** з ВДЕ

Електронна торгова система
PROZORRO

Фінансова гарантія **15 000 €** за 1 МВт
Земля та діючі ТУ

Надбавка за українське обладнання **5% - 10%** (діюча норма Закону)

ТУ діють:
СЕС – до 2 років;
ВЕС, БіоТЕЦ, мГЕС – до 3 років

Зелений тариф



ДЕРЖЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ



Порядок отримання «зеленого» тарифу

Монтаж
сонячної системи



Заява
на підключення



Узгодження
схеми підключення



Сплата за
облаштування
вузла обліку



«Зелений»
тариф:

18,09

€ст/кВт*год

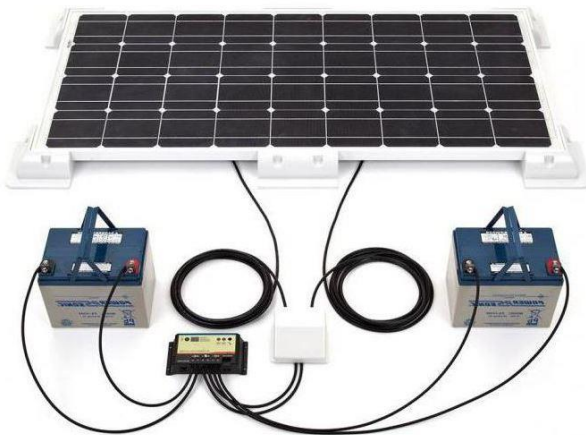


Підписання
угоди



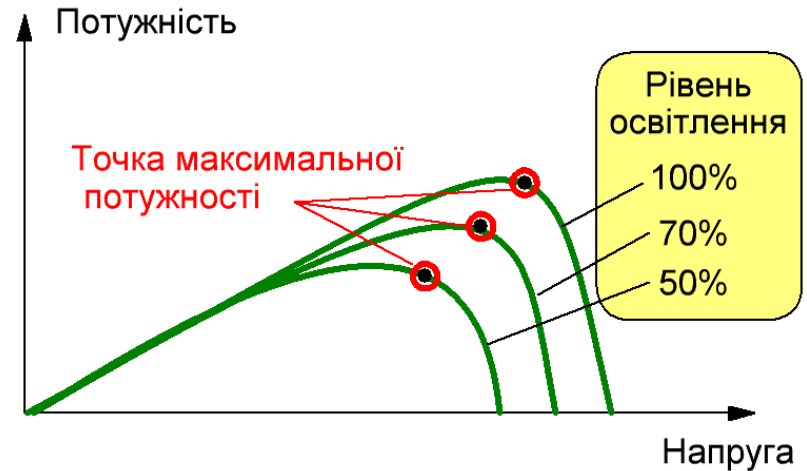
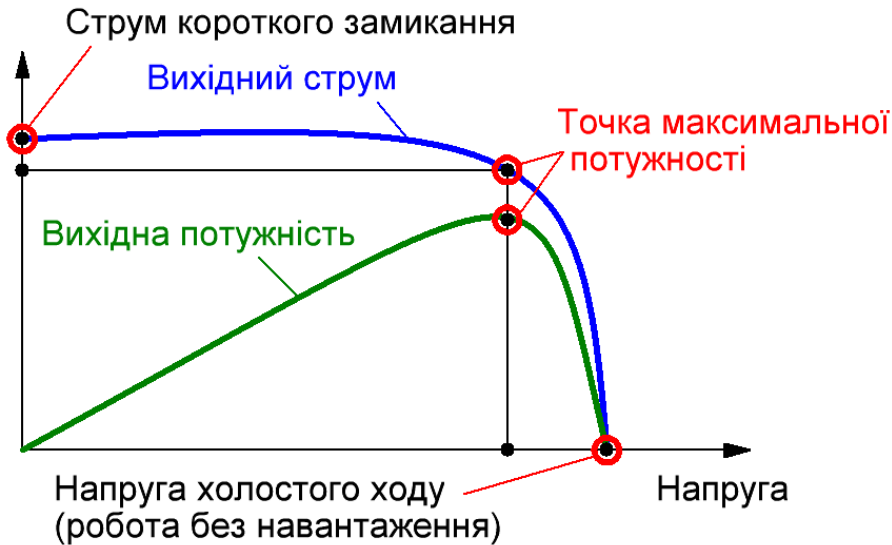
Встановлення
вузла обліку

Основні проблеми сонячних електростанцій



- Контроль точки максимальної потужності
- Перетворення параметрів електричної енергії
- Зберігання енергії
- Інтеграція із промисловою мережею змінного струму

Точка максимальної потужності



Вихідна потужність сонячної панелі залежить від рівня освітлення та температури, які постійно змінюються. **Для отримання максимальної ефективності необхідно постійно слідкувати за рівнем максимальної потужності (Maximum Power Point) шляхом зміни струму, споживаного від панелі.**

Сонячна електростанція постійного струму

Сонячна батарея



Контролер заряду



Акумуляторна батарея

Споживачі постійного струму



Основні компоненти



Сонячна батарея

- генерація сонячної енергії

Контролер заряду

- пошук точки максимальної потужності сонячної батареї (MPPT)
- контроль заряду акумулятора
- захист акумулятора від перезаряду та глибокого розряду (відключення споживачів)



Акумуляторна батарея

- зберігання електричної енергії

Сонячна електростанція постійного струму



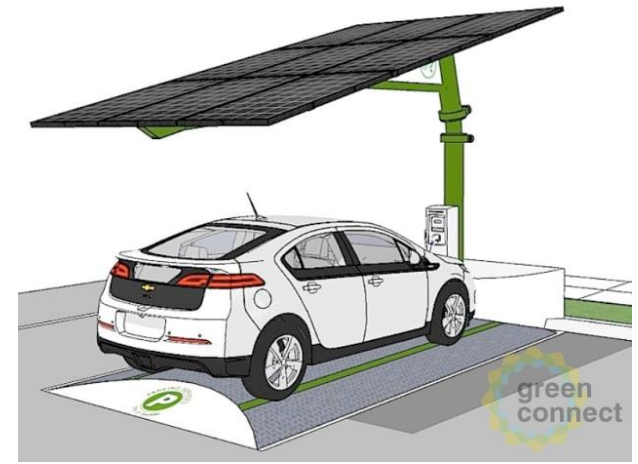
Переваги:

- Простота
- Низька вартість

Недоліки:

- Немає можливості використовувати обладнання, розраховане на живлення від промислової мережі
- Немає можливості продавати електричну енергію

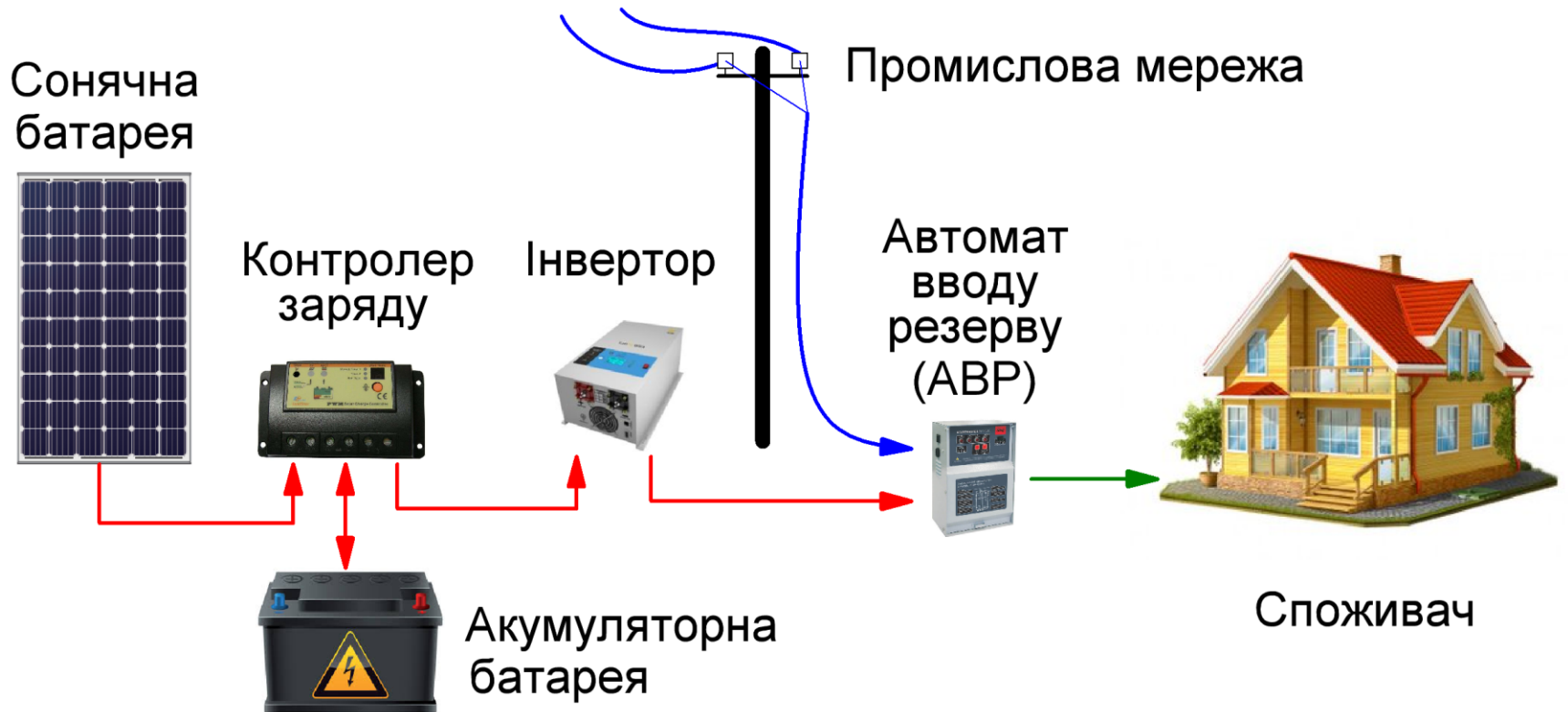
Сонячна електростанція постійного струму



Застосування

- Електроживлення об'єктів, які складно підключити до промислової мережі
- Електроживлення малопотужного обладнання (часто постійного струму): ліхтарики, рекламні щити, зарядні станції для смартфонів, електротранспорту, тощо

Автономна сонячна електростанція



Інвертор для сонячних електростанцій

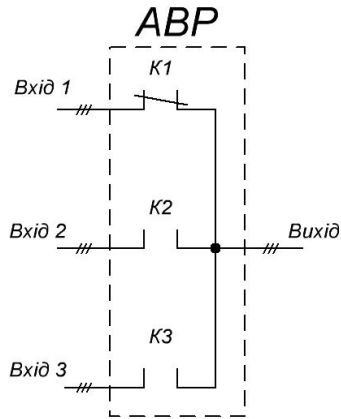


Сонячні батареї генерують електричну енергію **постійного** струму у той час як більшість споживачів електричної енергії потребують електричної енергії **змінного** струму.

Для перетворення роду струму (із постійного на змінний) використовуються спеціалізовані **інвертори**, адаптовані для роботи із сонячними панелями

Деякі види інверторів можуть працювати як в системах сонячної, так і вітряної енергетики

Автомат вводу резерву



Автомат введення резерву (ABP) – електричний комутаційний пристрій, призначений для відновлення електропостачання обладнання за рахунок підключення резервних джерел

При необхідності АВР може подати команду на запуск дизель-генераторної установки

При відновленні основного джерела відновлюється, АВР автоматично підключає обладнання до основної мережі

В автономній сонячній електростанції АВР дозволяє жити власних споживачів від промислової мережі, коли акумуляторна батарея буде повністю розряджена

Автономна сонячна електростанція

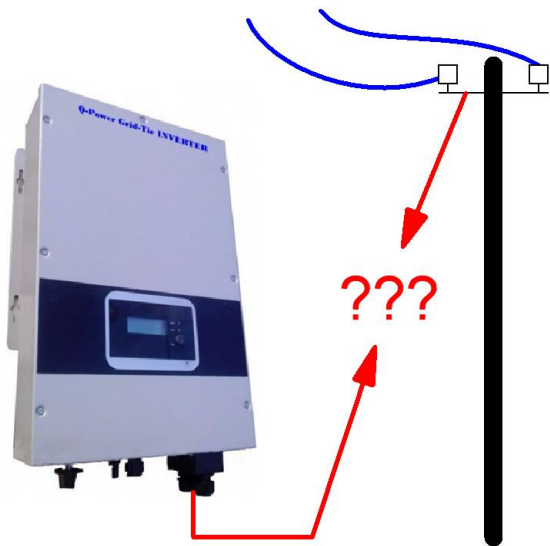
Переваги

- Виробництво власної електричної енергії
- Автономність (можна становити навіть у місці де немає промислової мережі)

Недоліки

- Висока ємність акумуляторної батареї, бо Сонце світить не лише вдень, а електрична енергія споживається і вночі, і за поганої погоди
- Висока вартість (у першу чергу акумуляторної батареї)
- Малий термін служби (акумуляторна батарея через 5...10 років потребує заміни)
- Велика площа сонячної батареї, бо за короткий термін необхідно згенерувати добову кількість електрики
- Неможливість інтеграції із промисловою мережею (у випадку коли електрична енергія не споживається а акумуляторна батарея повністю заряджена, енергія, вироблена сонячною батареєю пропаде)
- Неможливість продавати надлишок енергії

Інтеграція із промисловою мережею

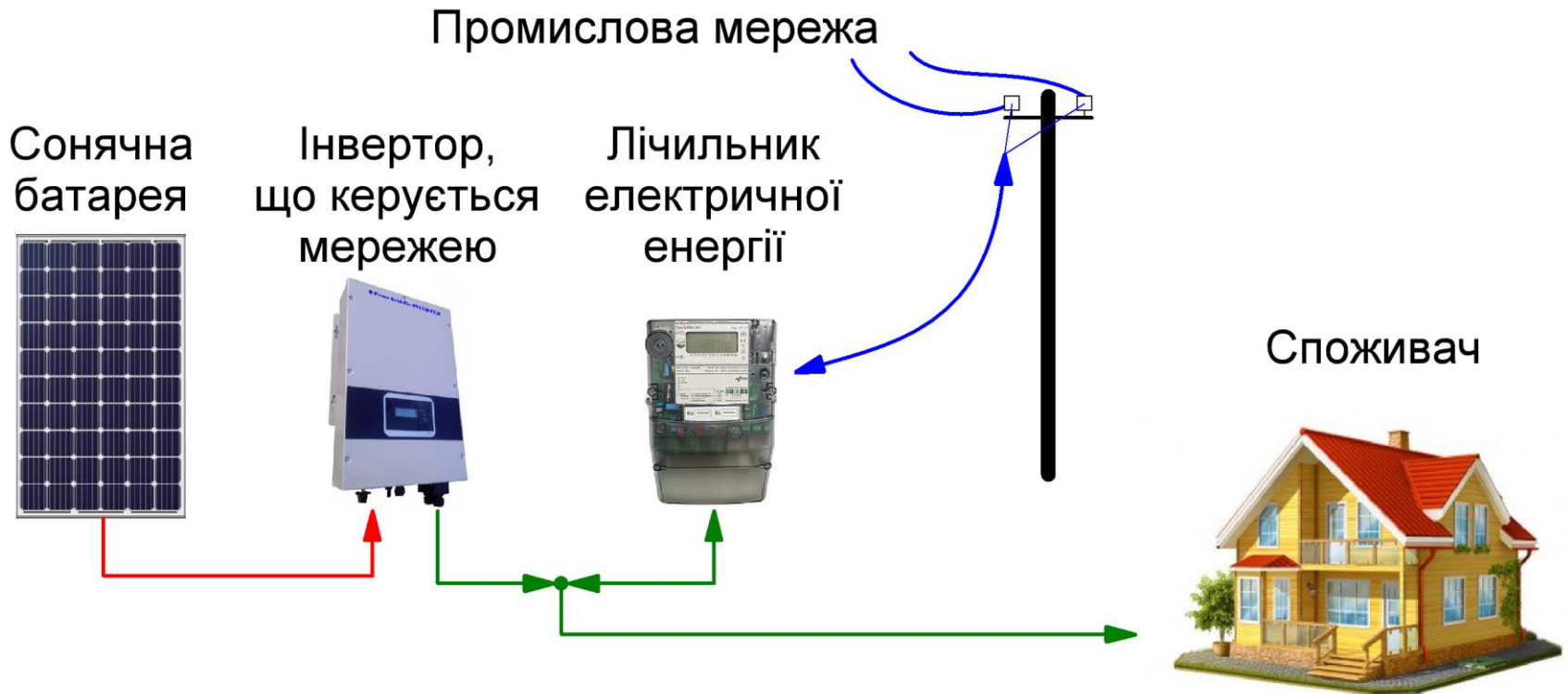


У загальному випадку інвертор генерує синусоїдальну напругу, що може відрізнятись від напруги промислової мережі за величинами напруги, частоти та фази. Для того щоб сонячну електростанцію можна було підключити до загальної мережі ці параметри необхідно узгодити.

Для підключенні сонячної електростанції до промислової мережі використовують спеціальні **інвертори, що керуються мережею** (Grid-tie Inverter)

Ще одна проблема інтеграції сонячної енергетики – збільшення рівня змінної складової у навантаженні мережі, що потребує швидкого регулювання генерованої потужності на традиційних теплових електростанціях

Мережна сонячна електростанція



Мережна сонячна електростанція



Сонячна панель генерує електричну енергію



Інвертор, що керується мережею стежить за точкою максимальної потужності сонячної панелі та параметрами промислової мережі (синхронізуються з нею), перетворює рід струму електричної енергії з постійного на змінний



Лічильник електричної енергії повинен підтримувати функцію «зелений тариф» (або аналогічну). Обчислює кількість спожитої (із мережі) та генерованої (переданої в мережу) електричної енергії

Мережна сонячна електростанція

Переваги

- Не потребує акумуляторної батареї (фактично у якості акумуляторів використовується промислова мережа)
- Не критична до площі сонячної батареї (ви можете генерувати таку потужність яку дозволяють вам умови)
- Є можливість продавати надлишок електричної енергії

Недоліки

- Інвертори, що керуються мережею, мають високу вартість
- Необхідно оформити необхідний пакет документів для отримання «зеленого» тарифу

Застосування

- Приватні та комунальні електростанції (розподілені системи генерування електричної енергії)
- Сонячні електростанції великої потужності

Гібридна сонячна електростанція

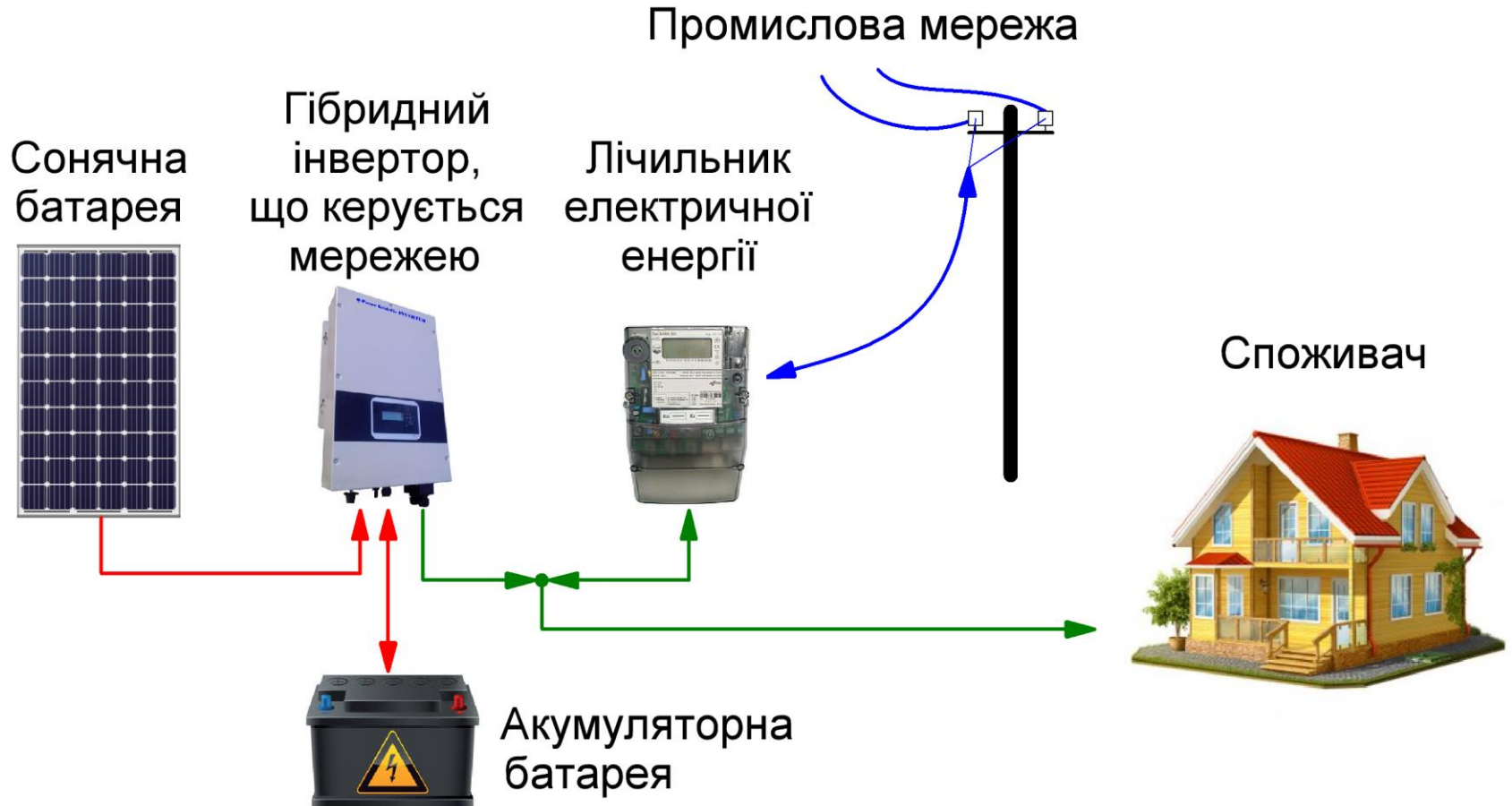
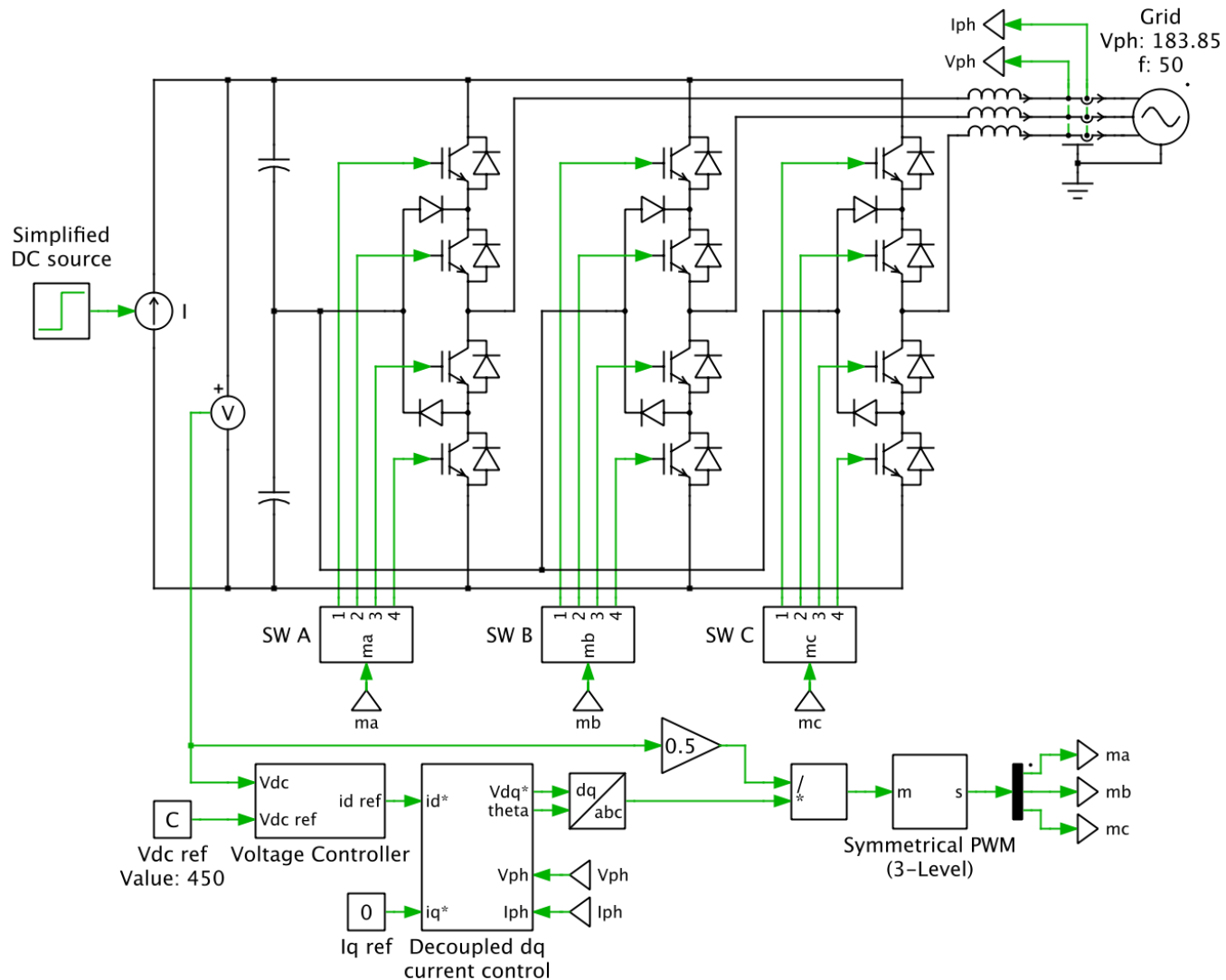
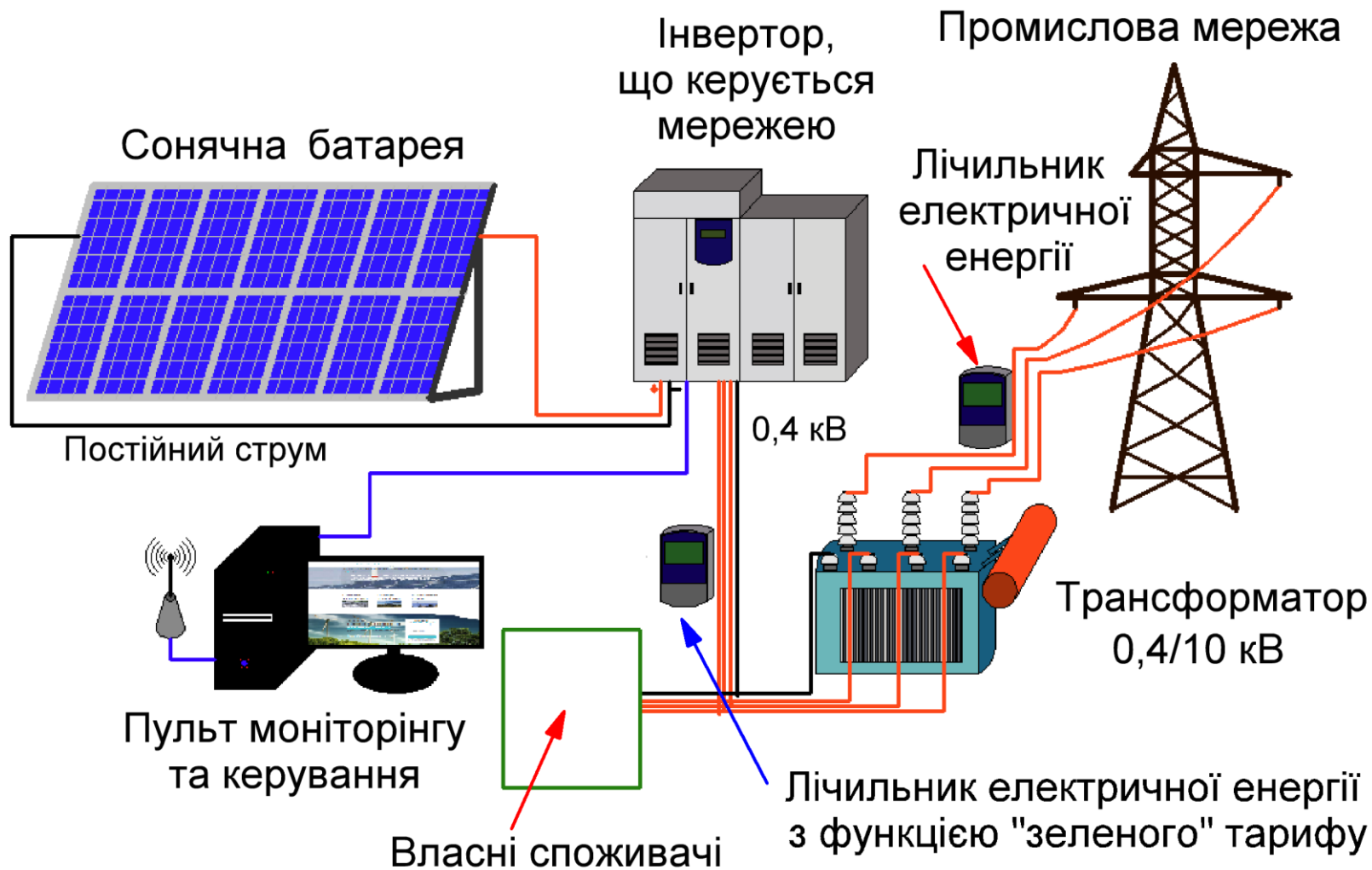


Схема сонячного інвертора



Промислова мережна електростанція



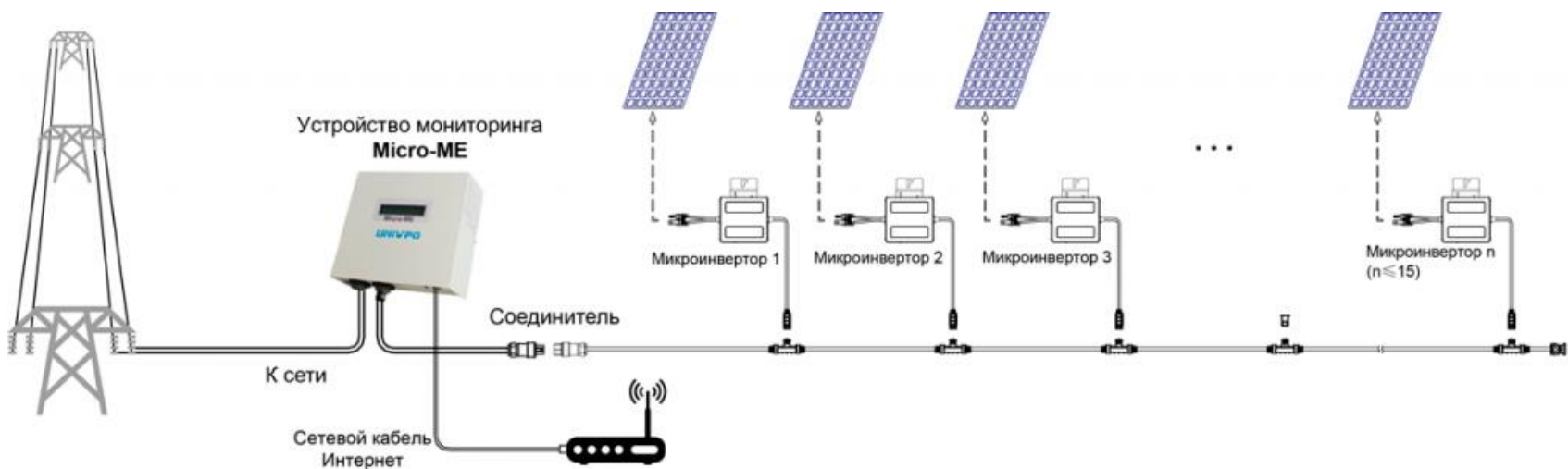
Приватний будинок із сонячною електростанцією



Промислова сонячна електростанція в Одеській області



Сонячні електростанції на мікроінверторах



Сонячні електростанції на мікроінверторах



Переваги

- Не потребують великих початкових капіталовкладень
- Кожна сонячна панель працює у режимі максимальної потужності
- У випадку виходу із ладу однієї секції (панель або інвертор) інша частина станції продовжує працювати
- Можна додатково добавляти чи видаляти сонячні панелі (у тому числі і під час роботи)
- Можливість оперативного моніторингу та керування кожною панеллю

Недоліки

- Більша вартість
- Не досить поширена технологія (поки що)

Висновки

- На сьогоднішній день немає сталої концепції побудови сонячних електростанцій
- Слід звернути особливу увагу на нові технології (мікроінвертори)

Дякую за увагу!

О.П. Русу

2020 р.