

Стойко Наталя Володимирівна

Кафедра електричних станцій та систем

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ  
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЛОКАЛЬНИХ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ**

Дисертація на здобуття ступеня магістра

Науковий керівник

**Бурикін Олександр Борисович**

кандидат технічних наук, доцент

# Автоматизація оптимального керування відновлюваних джерел енергії в локальних електричних системах

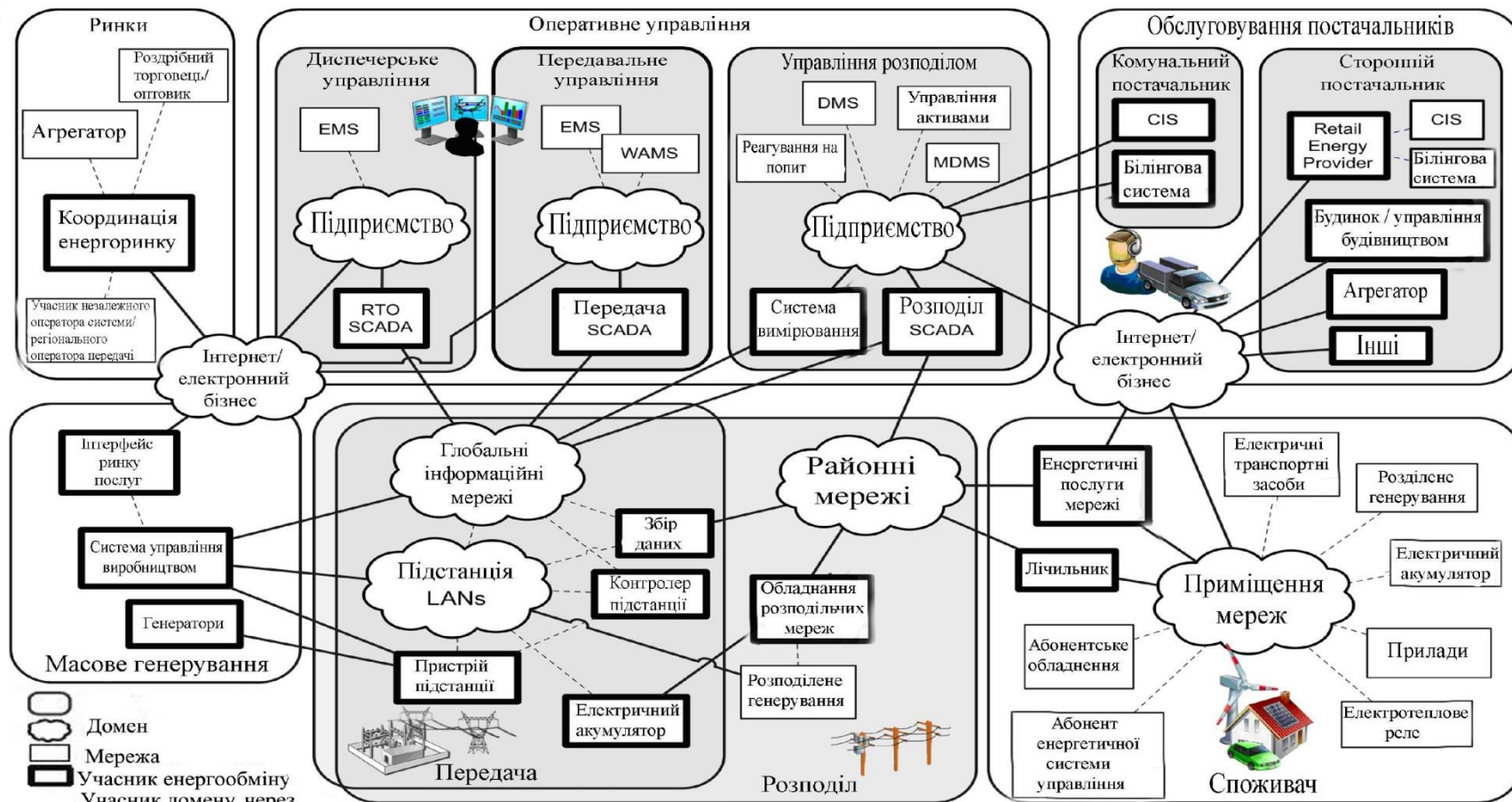
**Метою** є підвищення ефективності функціонування ЛЕС з відновлюваними джерелами енергії шляхом вдосконалення автоматизованих систем керування.

Відповідно до вказаної в роботі мети вирішуються такі основні **задачі**:

- дослідження та аналіз функціонування відновлюваних джерел енергії у локальних електричних системах на основі концепції *Smart Grid*;
- аналіз відомих методів оптимального керування режимами роботи локальних електричних систем з відновлюваними джерелами енергії;
- вдосконалення способу оптимального керування схемами видачі потужності відновлюваних джерел енергії;
- розроблення алгоритму оптимального керування засобами зміни конфігурації схем видачі електроенергії ВДЕ за критерієм мінімуму втрат електроенергії.

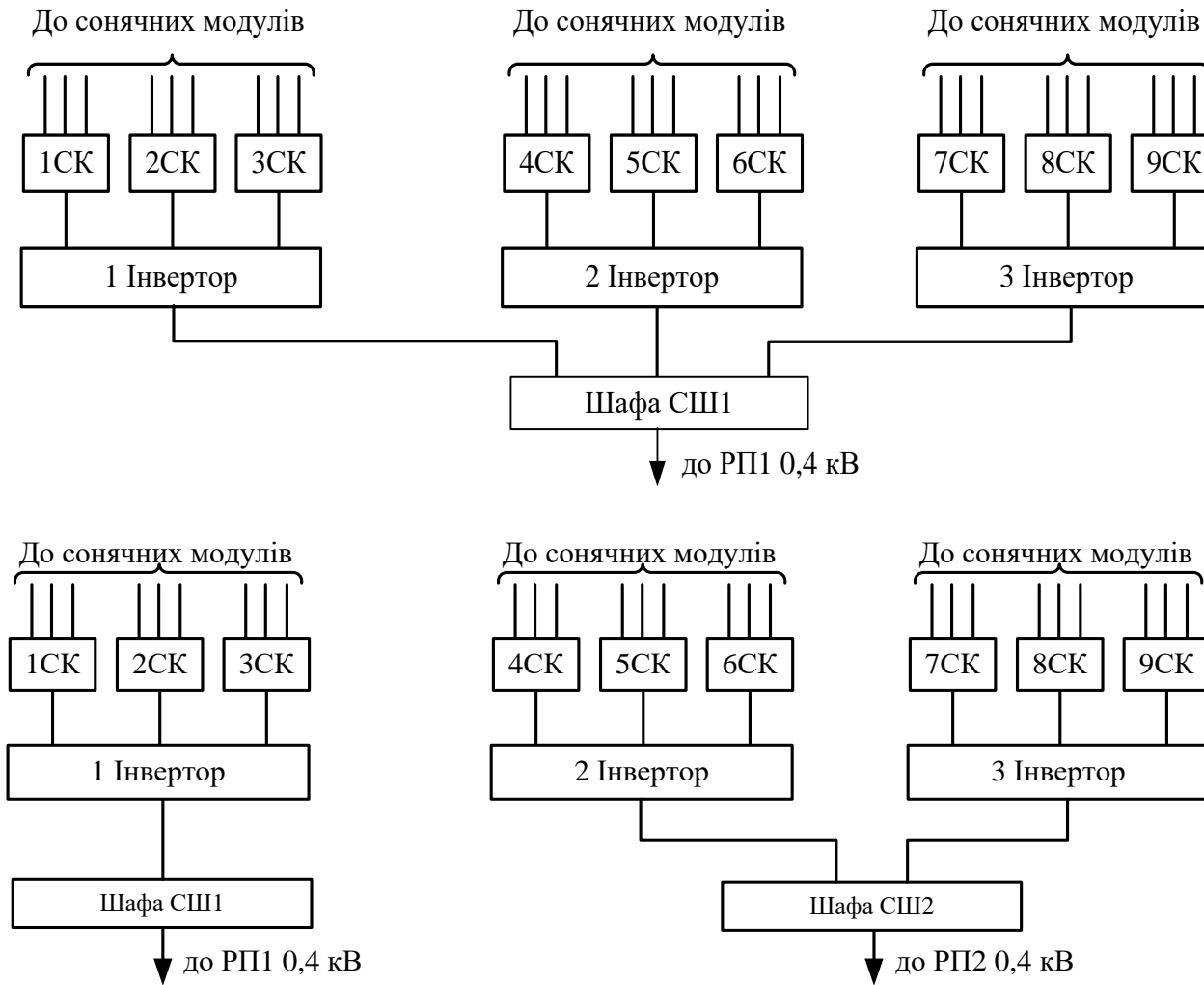
**Об'єктом** дослідження дисертаційної роботи є нормальні режими розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії, а **предметом** дослідження – методи і засоби автоматизації транспортування електроенергії у розподільних електричних мережах шляхом зміни схем приєднання відновлюваних джерел та оперативного керування режимами їх роботи.

# Концептуальна модель енергосистеми

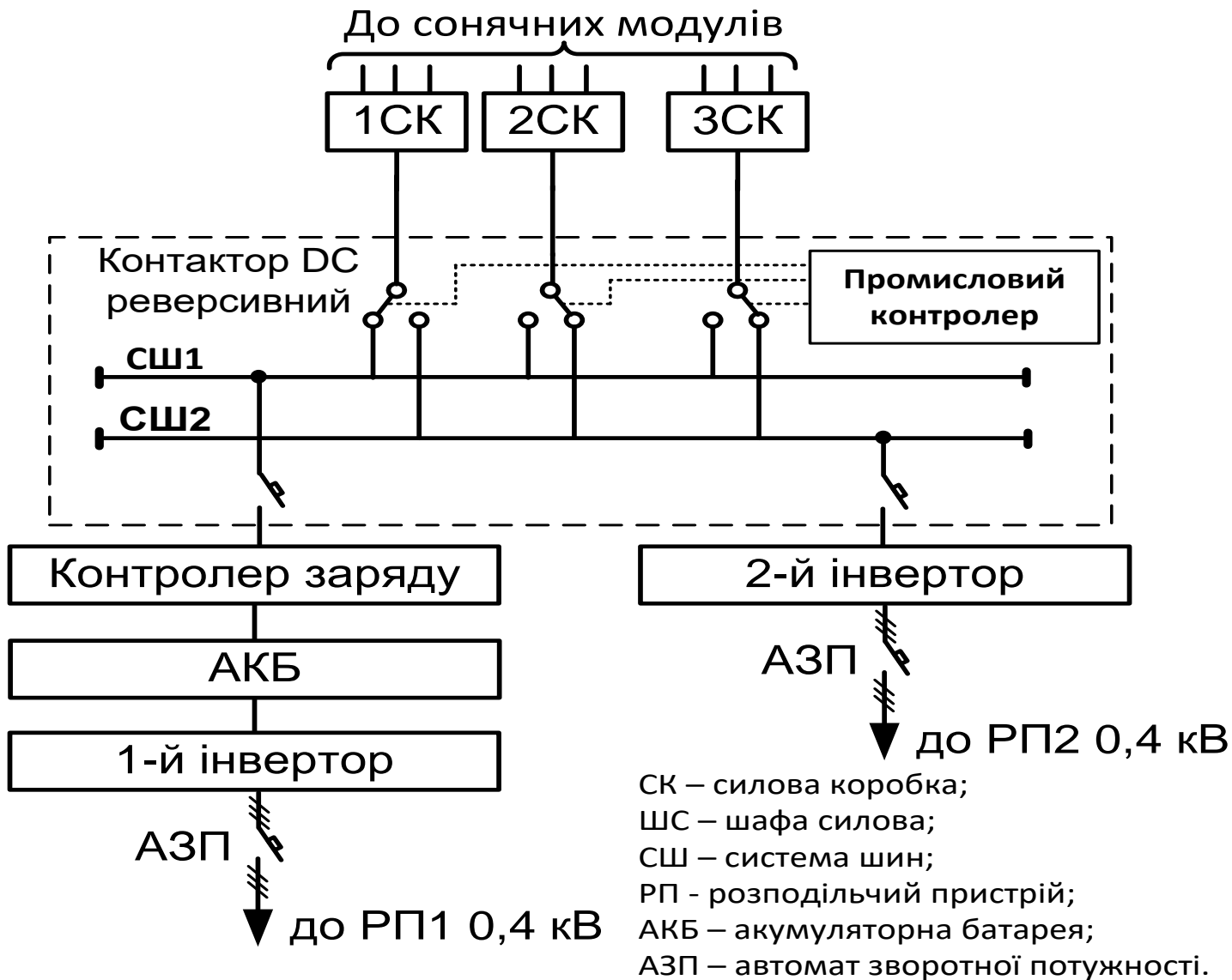


- 1) WAMS- глобальна вимірювальна система.
- 2) DMS- розподільна система управління.
- 3) MDMS- лічильник системи управління базами даних.
- 4) CIS- система інформації про клієнтів.
- 5) EMS- енергетична система управління.
- 6) RTO- регіональний оператор передачі.
- 7) ISO- незалежний оператор системи.

# Структурна схема електричних з'єднань сонячної електростанції



# Структурна схема з'єднань сонячної електростанції з резервованою та керованою видачею потужності



# Закон оптимального керування засобами реконфігурації схеми в б идачі потужності ВДЕ у локальних електричних системах

$$\Delta i(t) = K_1 [(I(t) - I_{уст}) - K_2 (U(t) - U_{уст})];$$

$$N_B = \begin{cases} n(t) + 1, & \text{якщо} \\ n(t), & \text{при} \\ n(t) - 1, & \text{якщо} \end{cases} \begin{cases} \Delta i(t) \leq i_{H.3}; \\ \Delta i(t - \tau_3) \leq i_{H.3}; \\ U(t) \leq U_{max}; \\ \frac{dI_{ог}}{dt} \leq 0; \\ n(t) + 1 \leq n_{max}; \\ i_{H.3} < \Delta i(t) < i_{B.3}; \\ \Delta i(t) \geq i_{B.3}; \\ \Delta i(t - \tau_3) \geq i_{B.3}; \\ U(t) \geq U_{min}; \\ \frac{dI_{ог}}{dt} \geq 0; \\ n(t) - 1 \geq 0; \end{cases} \quad (1)$$

де  $N_B$  – кількість інверторів, підключених на регульовану систему шин;

$\Delta i(t)$  – відхилення струму від оптимального з урахуванням зміни напруги на шинах ВДЕ;

$i_{H.3}, i_{B.3}$  – межі зони нечутливості, відповідно нижня та верхня межа зони;

$I_{уст}$  – уставка по струму, що відповідає оптимальній потужності ВДЕ та коригується в залежності від параметрів режиму ЛЕС, відпускнуї ціни тощо;

$U_{уст}$  – уставка по напрузі на шинах ВДЕ, дорівнює номінальній напрузі, або іншому значенню, якщо ВДЕ приймає участь у регулюванні напруги в ЛЕС;

$I(t), U(t), n(t)$  – виміри струму та напруги, а також кількість увімкнених інверторів у момент часу  $t$ ;

$K_1$  – коефіцієнт підсилення, що визначає чутливість регулятора до відхилення струму;

$K_2$  – еквівалентна провідність для перерахунку відхилення напруги від уставки в еквівалентне відхилення струму від оптимального, що забезпечує реакцію системи на перевищення напруги у випадку, коли струм відповідає області оптимальності;

$I_{ог}$  – огиначаюча сумарного струму інверторів  $I(t)$ ;

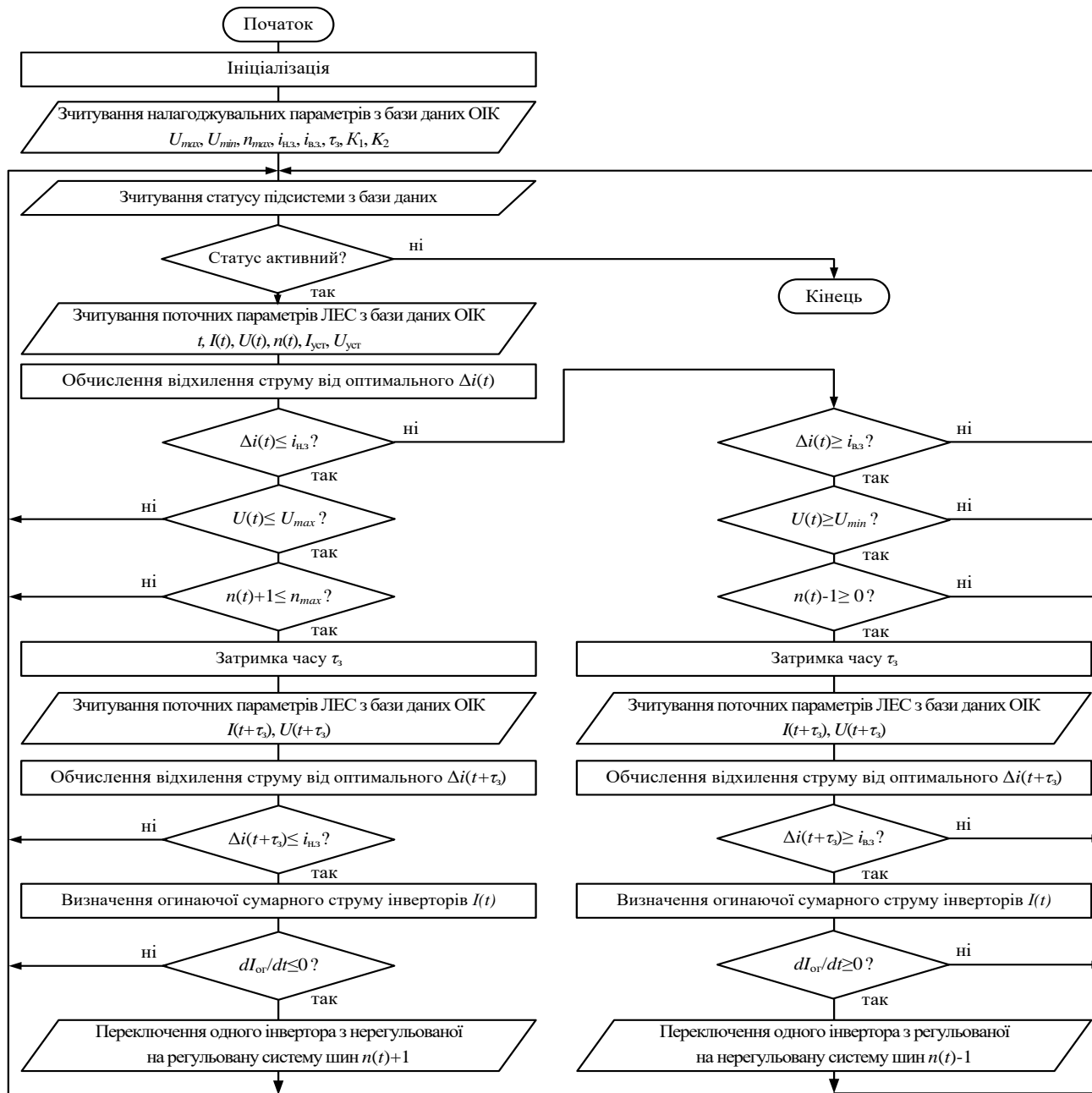
$\tau_3$  – час затримки сигналу;

$t$  – момент часу, для якого здійснюється регулювання

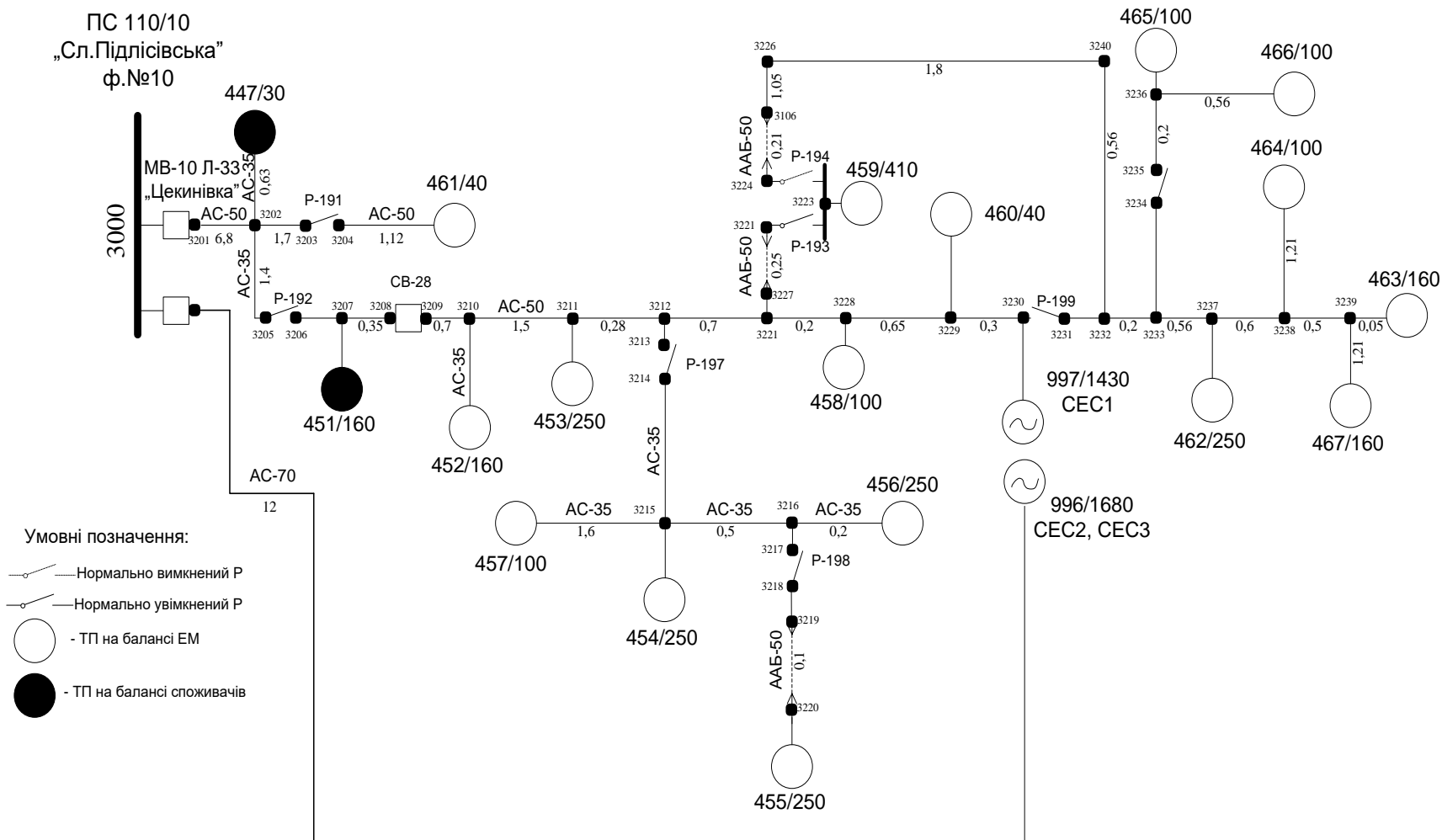
;

$n_{max}$  – максимальна кількість інверторів, що можуть бути увімкнені на регульовану систему шин.

# Алгоритм функціонування мікропроцесорного пристрою керування схемою видачі потужності ВДЕ у локальних електричних системах 7

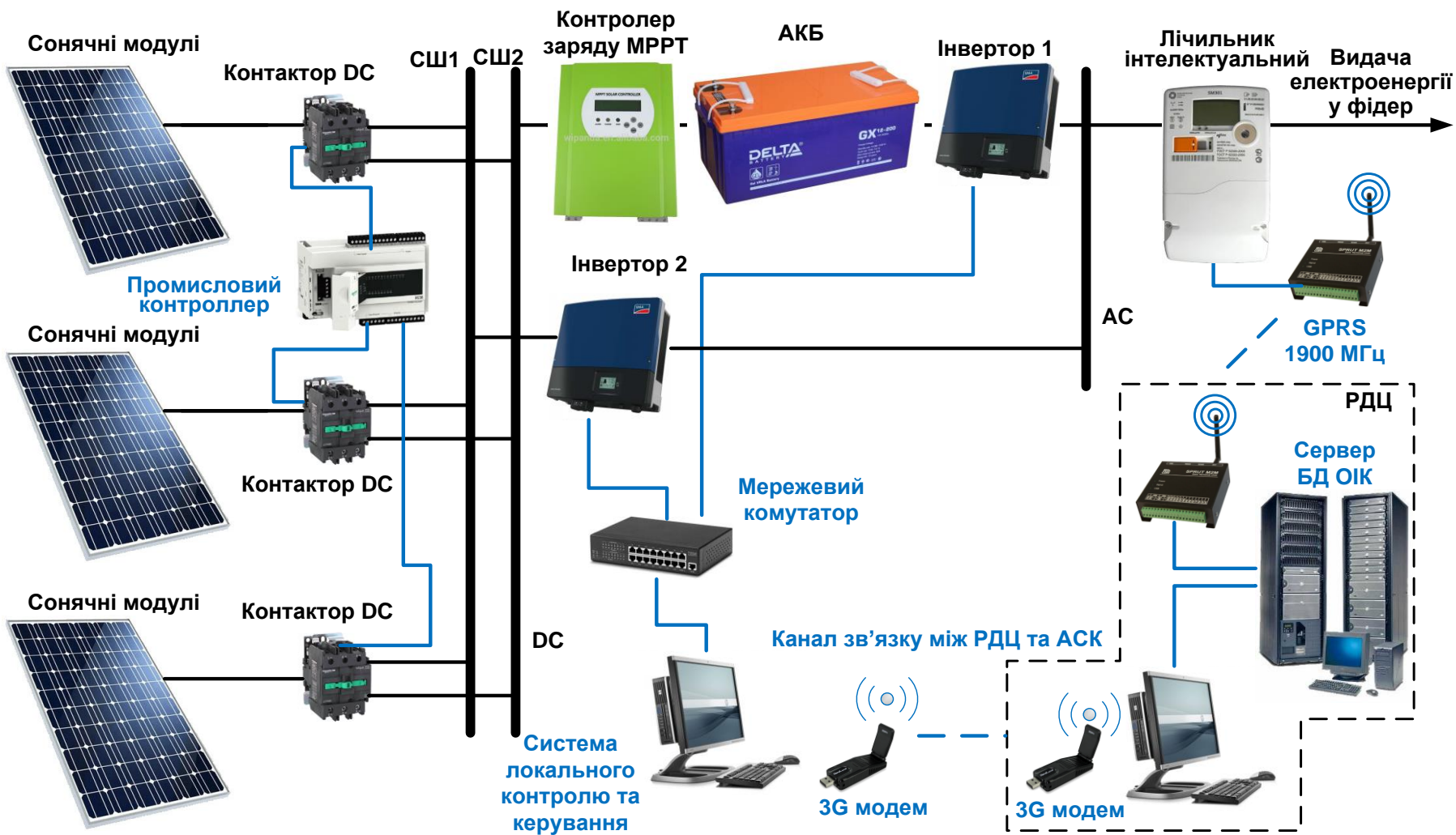


# ПС 35/10 «Слобода-Підлісівська» та електрична схема фідерів №31 та №35





# Особливості апаратної реалізації АСК схемою видачі потужності ВДЕ



## Перелік та вартість основного обладнання для АСК та результати економічних показників для заданої ЕМ 10 кВ

№ п/п	Найменування матеріалів	Ціна за одиницю, тис. грн.	Норма витрат на одиницю виміру	Загальна вартість, тис. грн.
1	Аналізатор якості електроенергії SATE C PM175	75	1	75
3	Мережева сонячна електростанція 1 кВт Solarled SES	31	1	31
4	Мережевий інвертор ON-Grid AGI-1000 W	5,79	1	5,79
5	Гелева акумуляторна батарея Toyota NPG200-12	9,835	1	9,835
6	Контролер заряду PM-SCC-30AB	4,016	1	4,016
7	Програмований логічний контролер MIK-52	8,521	2	17,042
8	Контактор - силове реле Hager ESC227	0,368	5	1,84
9	Контактор - силовое реле Hager ESC465	1,005	5	5,025
<b>Загальна вартість: 149,548 тис. грн.</b>				

$\Delta W, \text{кВт} \cdot \text{год}$	$K, \text{тис. грн.}$	$B_{\text{АСК}}, \text{тис. грн.}$	$E_a, \text{рік}^{-1}$	$T_{\text{ок}}, \text{років}$
113150	149,954	3,2	0,8	1,25

## Наукова новизна та висновки

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає у тому, що отримав подальший розвиток спосіб оперативного коригування схем видачі потужності відновлюваних джерел енергії засобами реконфігурації схем приєднання на базі концепції *Smart Grid*, що дозволяє узгоджувати використання керованих та умовно-керованих джерел.

### Висновки

В роботі отримано нове вирішення актуальної науково-прикладної задачі оптимізації функціонування відновлюваних джерел енергії у локальних електричних системах, що полягає у виборі оптимальних схем їх приєднання, а також в автоматизації оптимального керування їх роботою в складі електричної системи та дозволяє дотримуватись заявленого графіка генерування ВДЕ.

Пропонований спосіб оперативного коригування схем видачі потужності відновлюваних джерел енергії засобами реконфігурації схем приєднання на базі концепції *Smart Grid* дозволяє узгоджувати використання керованих та умовно-керованих джерел.

Результати розрахунків з оптимізації добових режимів генерування відновлюваних джерел енергії та споживачів енергії в локальних електричних системах на прикладі Цекині вської сонячної електричної станції підтвердили працездатність і достовірність розробленого алгоритму. Результати розрахунків з імітації впровадження визначених керувальних впливів підтвердили достатню ефективність оптимізаційних заходів.

Вказані алгоритми можуть бути ефективно використані для зниження втрат електроенергії в розподільних мережах, а у поєднанні з локальним регулятором забезпечують можливість автоматизації даного процесу.

# Список опублікованих праць за темою дисертації та апробація результатів

## Публікації, що належать до переліку ДАК:

1. Бурикін О.Б. Оптимальне керування відновлюваними джерелами електроенергії у локальних електричних системах [Текст] / О.Б. Бурикін, Ю.В. Томашевський, Ю.В. Малогулко, Н.В. Радзієвська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – №4. – С. 69-74. — ISSN 1997-9266.

## Інші публікації:

1. Бурикін О.Б. Дослідження функціональної стійкості підсистеми обміну інформацією локальної електричної системи / О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко, Н.В. Радзієвська // XIII Міжнародна конференція КОНТРОЛЬ І УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ.: матеріали конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2016. — С. 1-4.

2. Радзієвська Н.В. Автоматизація оптимального керування відновлюваних джерел в локальних електричних системах / Ю.В. Малогулко, Н.В. Радзієвська // «XLV Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки». матеріали конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2016.

**Доповідь завершено, дякую за увагу!**