

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Доповідач: ст. гр. ЕТЗ-19м

Гаркавенко П.К.

Керівник: к.т.н. доц. Жуков О.А.

Мета, задачі та об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження магістерської кваліфікаційної роботи є процеси перетворення енергії в системі електропостачання з відновлювальними джерелами енергії.

Предметом є математичні моделі та структури, які дозволяють підвищити ефективність та оптимізувати процеси в системі електропостачання з відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ).

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає в оптимізації системи електропостачання на базі електроустановок з відновлюваними джерелами енергії шляхом розробки алгоритму та пристрою автоматичної комутації джерел відновлюваної енергії при їх спільній роботі із загальною мережею.

До **задач** магістерської кваліфікаційної роботи можна віднести:

- аналіз характеристик існуючих комбінованих систем автономного електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії;
- техніко-економічний розрахунок впровадження комбінованої системи автономного електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії;
- розрахунок та вибір складових системи автономного електропостачання на основі ВДЕ;
- розробка структурної блок-схеми електротехнічного комплексу системи електропостачання з ВДЕ;
- розробка алгоритму та пристрою автоматичної комутації джерел відновлюваної енергії при їх спільній роботі із загальною мережею;
- розробка функціональної схеми комутуючого пристрою управління генеруючими станціями ВЕС, СЕС, ТЕС, а також принципової електричної схеми управління комутацією генеруючих станцій.

Загальна характеристика систем ЕП на основі ВДЕ



Рисунок 1 – Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ)



Рисунок 3 – Фотоелектрична станція



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд різних видів ВЕУ

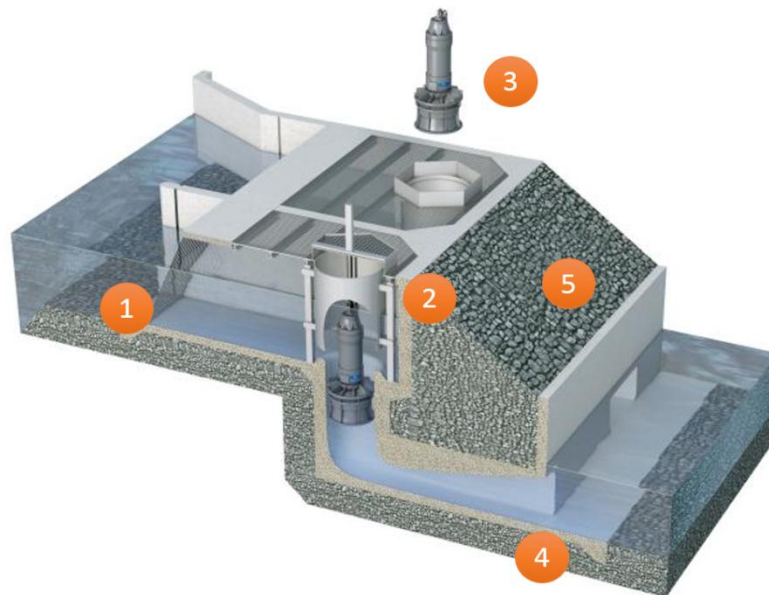


Рисунок 4 – Схема влаштування міні-ГЕС

Компоненти та рішення систем ЕП на основі ВДЕ

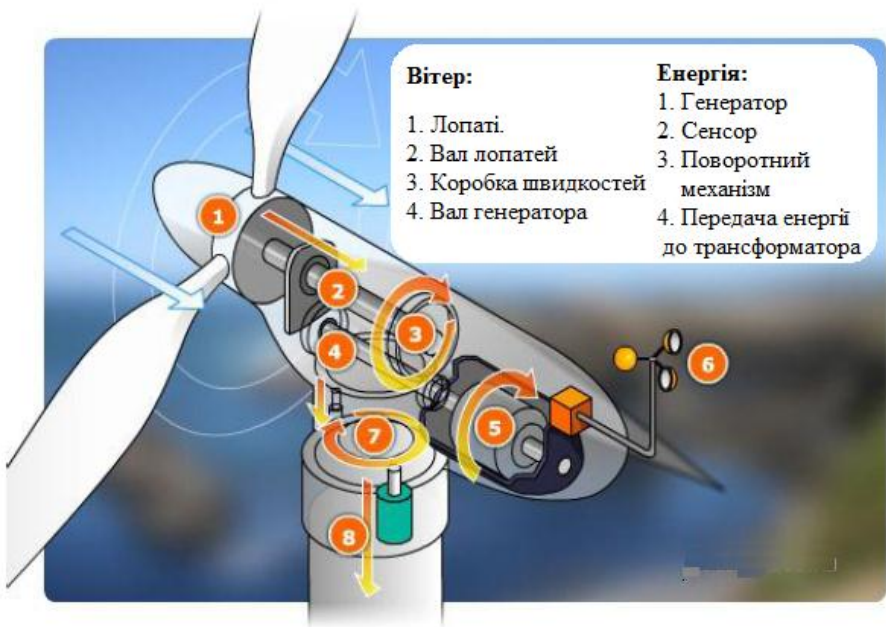


Рисунок 5 – Будова та влаштування вузлів ВЕУ

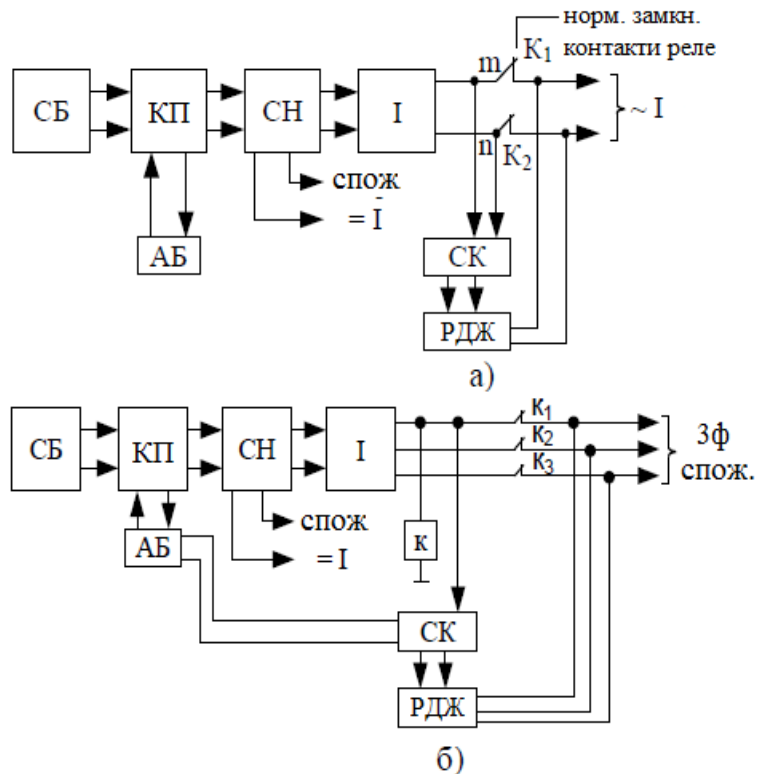


Рисунок 6 – Фотоелектричні системи

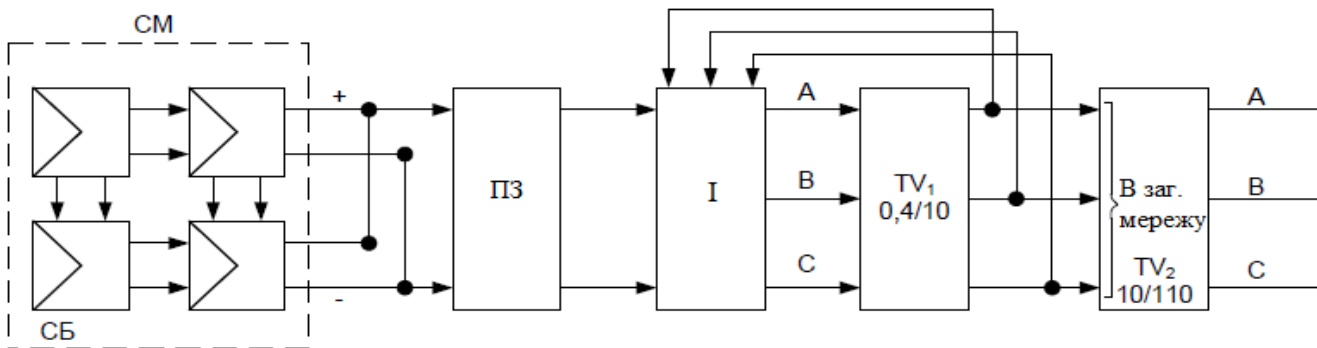


Рисунок 7 – Блок-схема сонячний електростанції

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СЕП НА БАЗІ ВДЕ

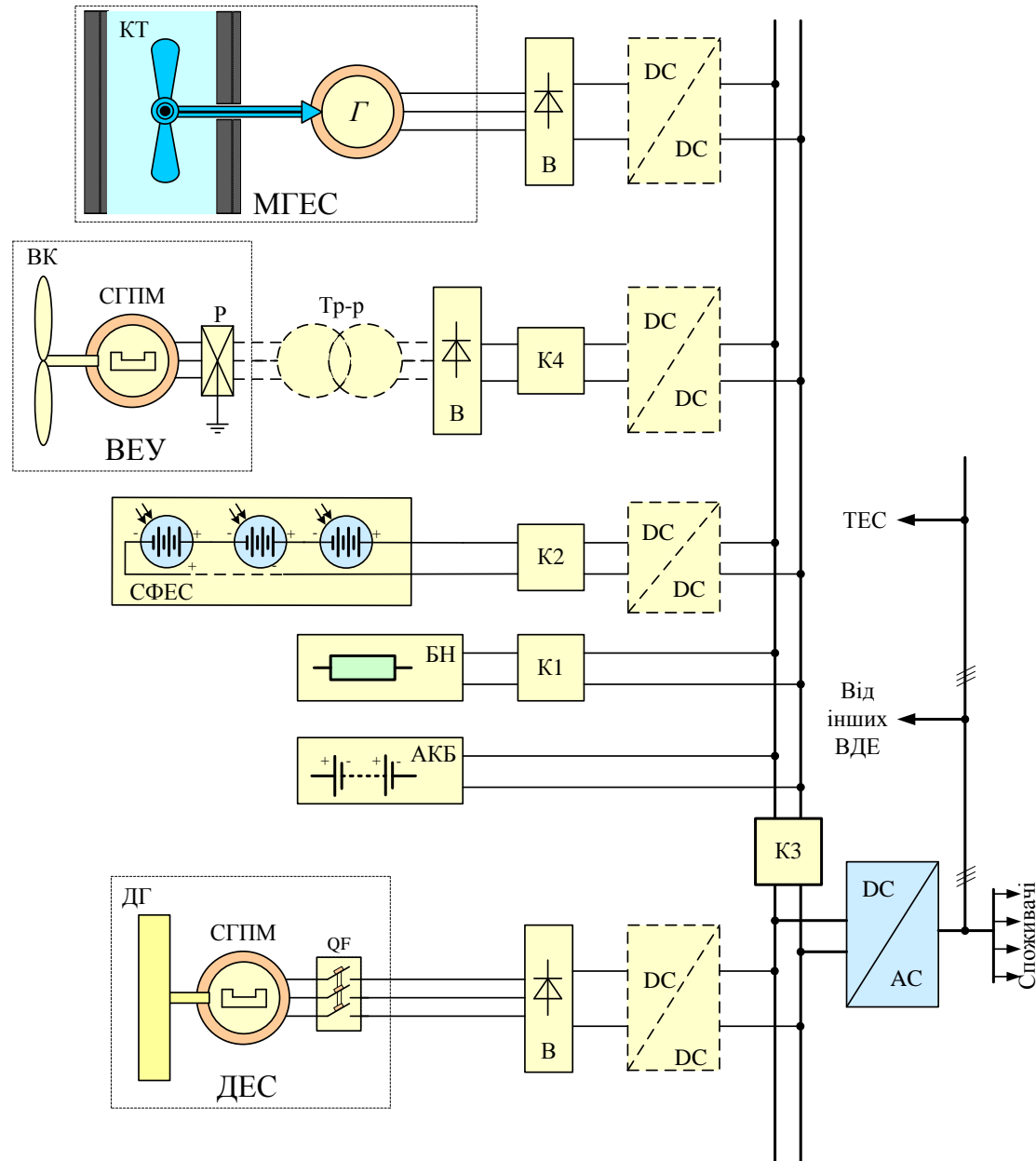
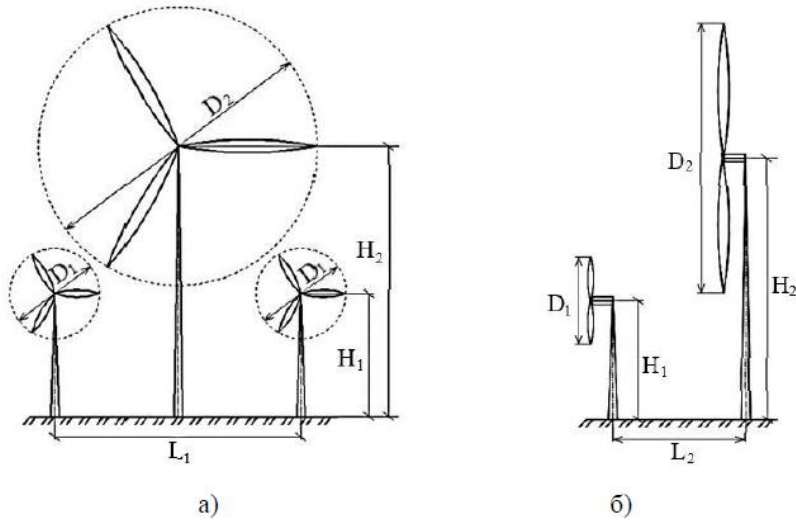


Рисунок 8 – Структурна схема автономного ЕТК на основі ВДЕ

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВДЕ



Загалом, потужність ВЕУ може бути знайдена за формулою:

$$P_{\text{ВЕУ}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_0 \cdot C_p \cdot v_p^3,$$

де $P_{\text{ВЕУ}}$ – потужність ВЕУ, кВт;

ρ – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

A_0 – площа вітроколеса, м^2 ;

v_p – розрахункова швидкість вітру, $\text{м}/\text{с}$;

C_p – коефіцієнт використання енергії вітру.

Коефіцієнт C_p розраховується за наступним співвідношенням:

$$C_p = 4 \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha)^2, \quad (3.4)$$

α – величина, що показує взаємозв'язок між швидкостями вітру до, після та в площині вітроколеса, рівна:

$$\alpha = \frac{\vartheta_0 - \vartheta_1}{\vartheta_0} = \frac{\vartheta_0 - \vartheta_2}{2 \cdot \vartheta_0}. \quad (3.5)$$

Залежність потоків швидкостей потоків вітру в околі вітроколеса ВЕУ показана на малюнку 2.

$$P_{\text{ФЕС}} = P_{\text{ном.ФЕС}} \cdot f_{\text{ФЕС}} \cdot \left(\frac{G_T}{G_{\text{Н.У.}}} \right) \cdot [1 + \alpha_p \cdot (T_C - T_{\text{Н.У.}})],$$

де $P_{\text{ном.ФЕС}}$ – номінальна потужність ФЕС, Вт;

$f_{\text{ФЕС}}$ – коефіцієнт зниження потужності ФЕС, який враховує втрати електроенергії без використання АБ;

G_T – сонячна радіація, яка надходить на фотоелектричні модулі, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$G_{\text{Н.У.}}$ – пікова сонячна радіація, яка надходить на фотоелектричні модулі при нормальних умовах ($1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$);

α_p – температурний коефіцієнт потужності, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

T_C – температура поверхні ФЕС, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{Н.У.}}$ – температура при нормальних умовах (25°C).

Показник сонячної радіації, яка надходить на фотоелектричні модулі, визначається таким чином:

$$(3.3) \quad G_T = (G_b + G_d \cdot A_i) \cdot R_b + G_d \cdot (1 - A_i) \cdot \left[\frac{1 + \cos\beta}{2} \right] \cdot \left[1 + f_0 \cdot \sin^3\left(\frac{\beta}{2}\right) \right] + \bar{G} \cdot \rho \left[\frac{1 + \cos\beta}{2} \right],$$

де G_b – пряма сонячна радіація, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

G_d – дифузна сонячна радіація, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

R_b – відношення косинуса кута падіння променя на похилій поверхні до косинусу кута падіння на горизонтальній поверхні;

A_i – індекс анізотропії ($A_i = G_d / G_0$).

G_0 – середня сонячна радіація поза атмосфери землі, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

β – нахил поверхні;

f_0 – коефіцієнт ($f_0 = \sqrt{G_b / G}$);

G – сумарна сонячна радіація ($G = G_b + G_d$), $\text{Вт}/\text{м}^2$.

ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СЕП (ВЕУ, ФЕС)

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики сонячної батареї SY-300WM

Характеристика СБ	Значення
Потужність, Вт	300
Напруга холостого ходу, В	45,5
Струм короткого замикання, А	8,56
Напруга в точці максим. потужності, В	38
Струм в точці максим. потужності, А	7,89
ККД сонячної батареї, %	15,5
Номинал запобіжників, А	15
Максимальна напруга системи, В	1000
Робоча температура, °С	-40... +85
Займана площа, м ²	1,9

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики ВЕУ 100 кВт

Характеристика ВЕУ	Значення
Номинальна потужність, Вт	100
Напруга на виході, В	380
Початкова швидкість вітру, м/с	2,5
Максимальна робоча швидкість вітру, м/с	25
Номинальна швидкість вітру, м/с	12
Діаметр ротора, м	21
Кількість лопатей, шт.	3
ККД генератора, %	90
Рівень шуму, dB	не більше 70
Діапазон робочих температур, С	-40 ... +40
Проектний срок служби, років	25

Таблиця 4.3 – Характеристики акумуляторних батарей

Характеристика СБ	Значення
Номинальна ємність, А год	1000
Номинальна напруга, В	25,5
Номинальна потужність, кВт	25,6
Рекомендована напруга заряду, В	28,8
Робоча напруга заряду, В	25,6
Рекомендований заряд/розряд, А	500
Максимальний струм заряду/розряду, А	1000
Кількість для даної СФЕС, шт..	50

Таблиця 4.4 – Номинальні характеристики інвертора

Номинальні хар-ки		Робота без пере-вант.	Робота з невеликим перенавант. (10%)		Робота у важкому режимі (перевант. 50%)		Потужність розсіювання, кВт	Код типу	Типорозмір
$I_{cont,max}$ А	I_{max} А	$P_{cont,max}$ кВт	I_N , А	P_N , А	I_{hd} , А	P_{hd} кВт			
$U_{НОМ} = 400$ В (діапазон 380-415 В)									
741	1014	500	711	500	554	315	8	ACS 800-107-0510-3	R8i

СИНХРОННА РОБОТА ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ВДЕ

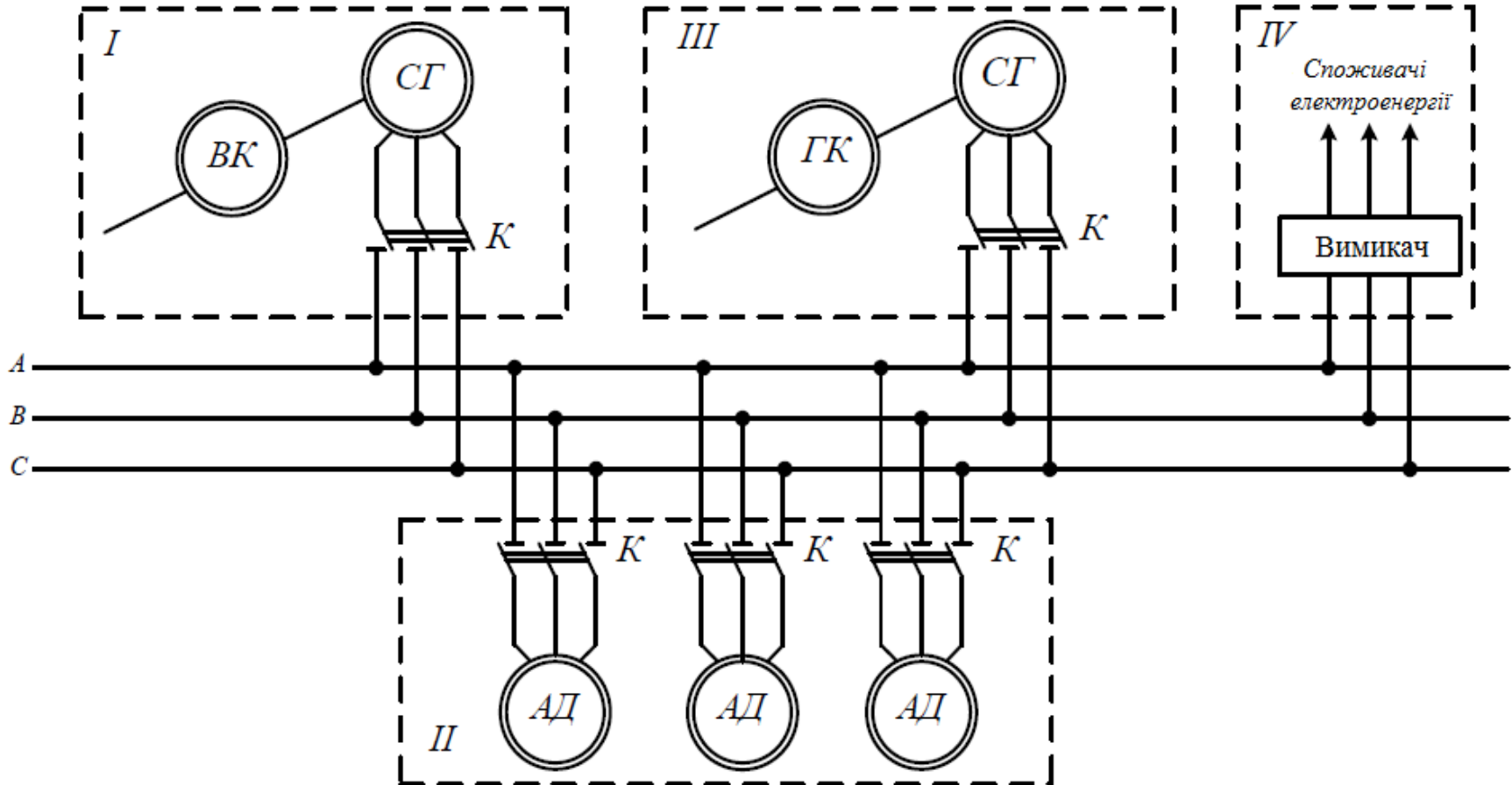


Рисунок 9 – Електрична схема ГАЕС з вітроагрегатом

На рисунку 9 виконані такі позначення: : ВК – вітроколесо; СГ – синхронний генератор; АД – асинхронний двигун; ГК – гідроколесо; М – мотор; К – контактор; I – схема з'єднання вітроагрегата; II – схема з'єднання насосної станції; III – схема мініГЕС; IV – схема з'єднання мікроГЕС.

СИНХРОННА РОБОТА ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ВДЕ

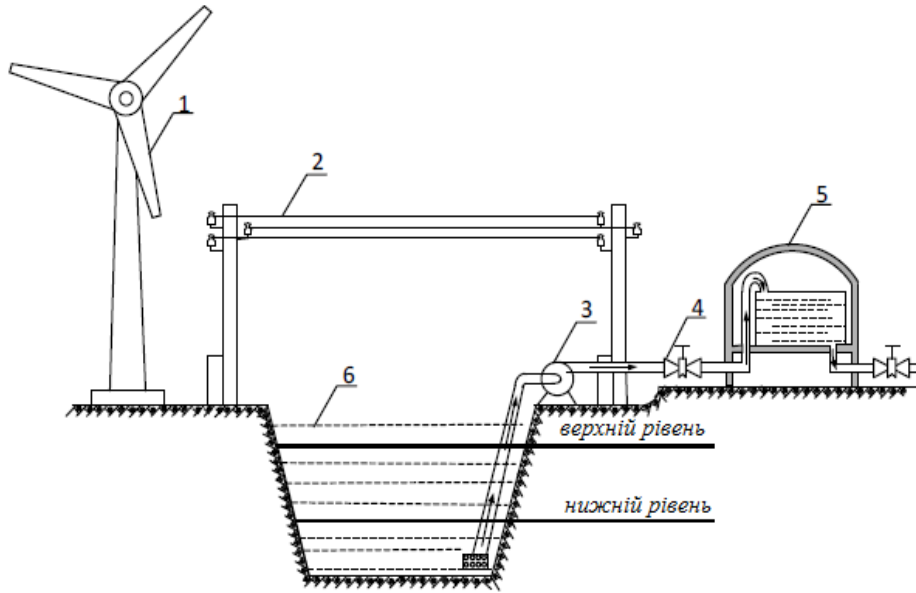


Рисунок 10 – Система насосної установки з ВЕУ

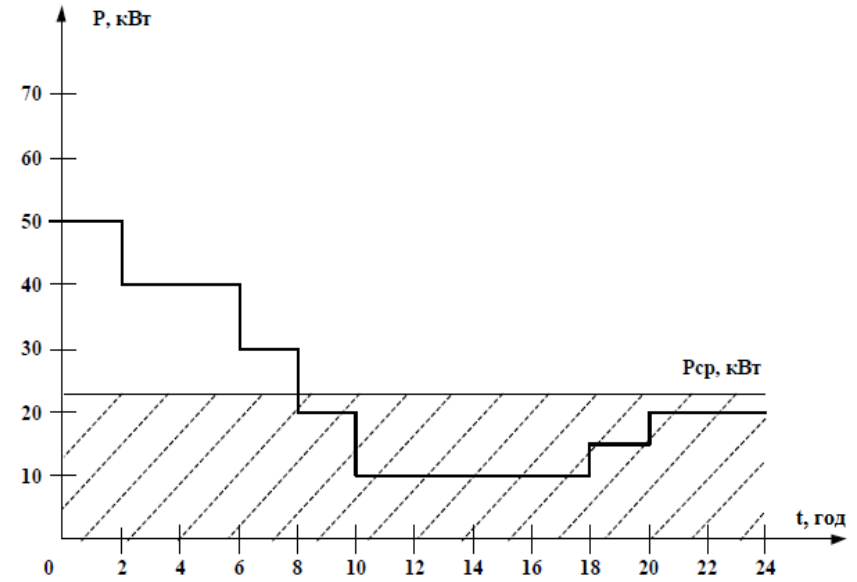


Рисунок 11 – Добовий графік виробітку потужності ВЕУ

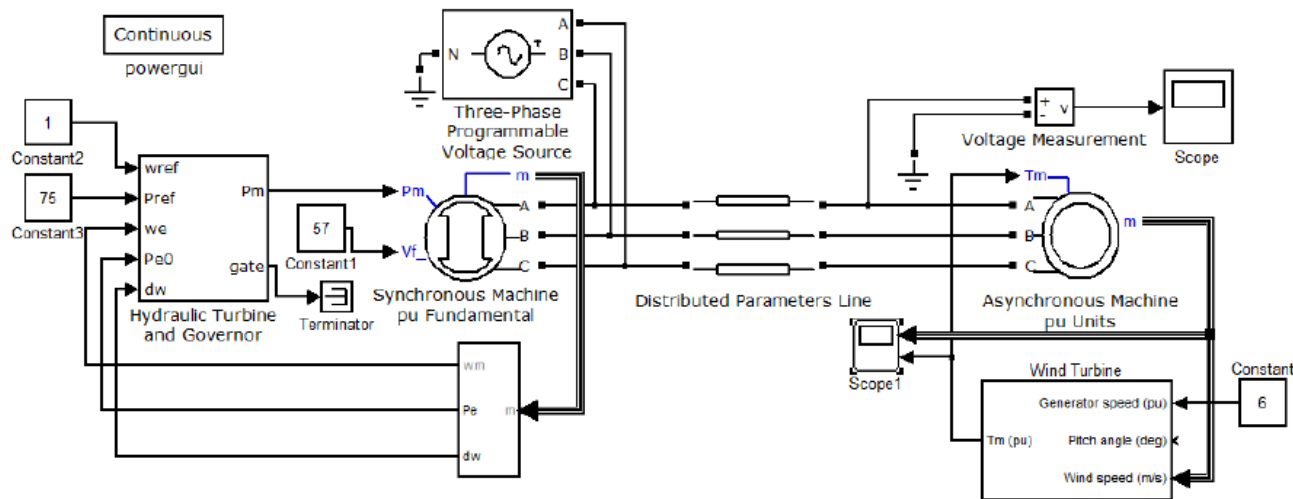


Рисунок 12 – Модель системи насосної установки з ВЕУ в ППП Matlab Simulink

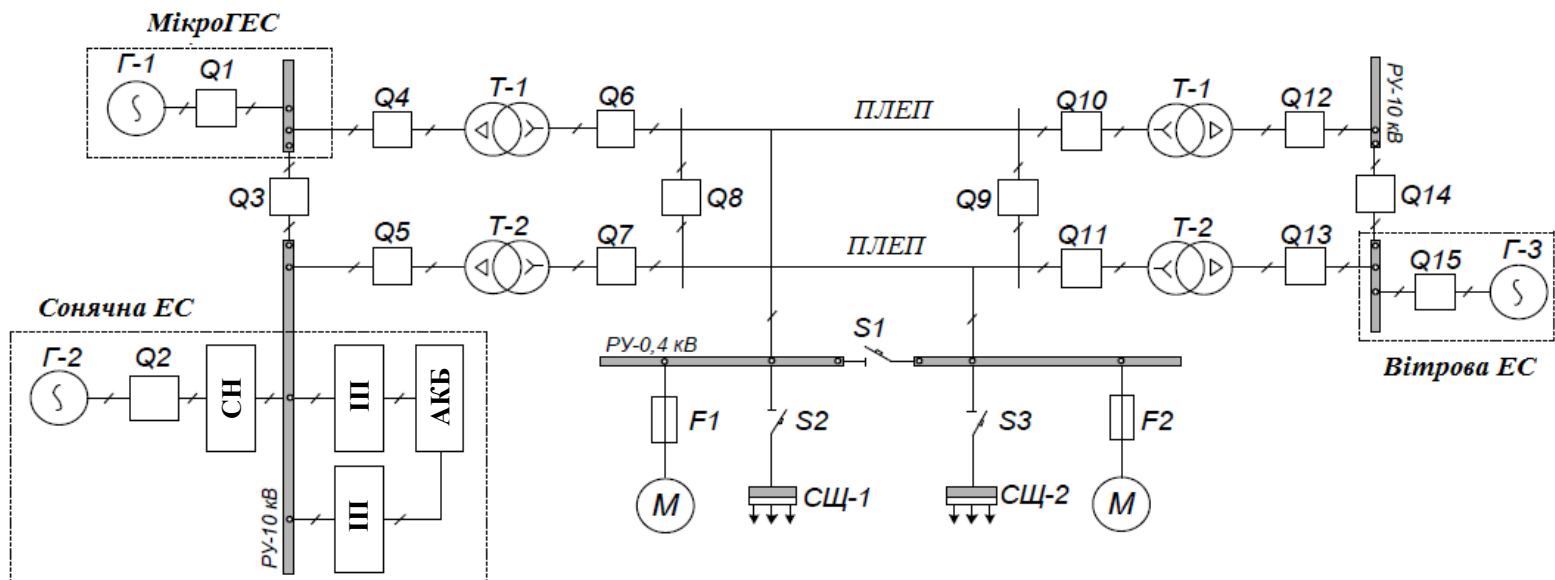


Рисунок 13 – Однолінійна схема синхронної роботи ВЕС, мікроГЕС та СЕС

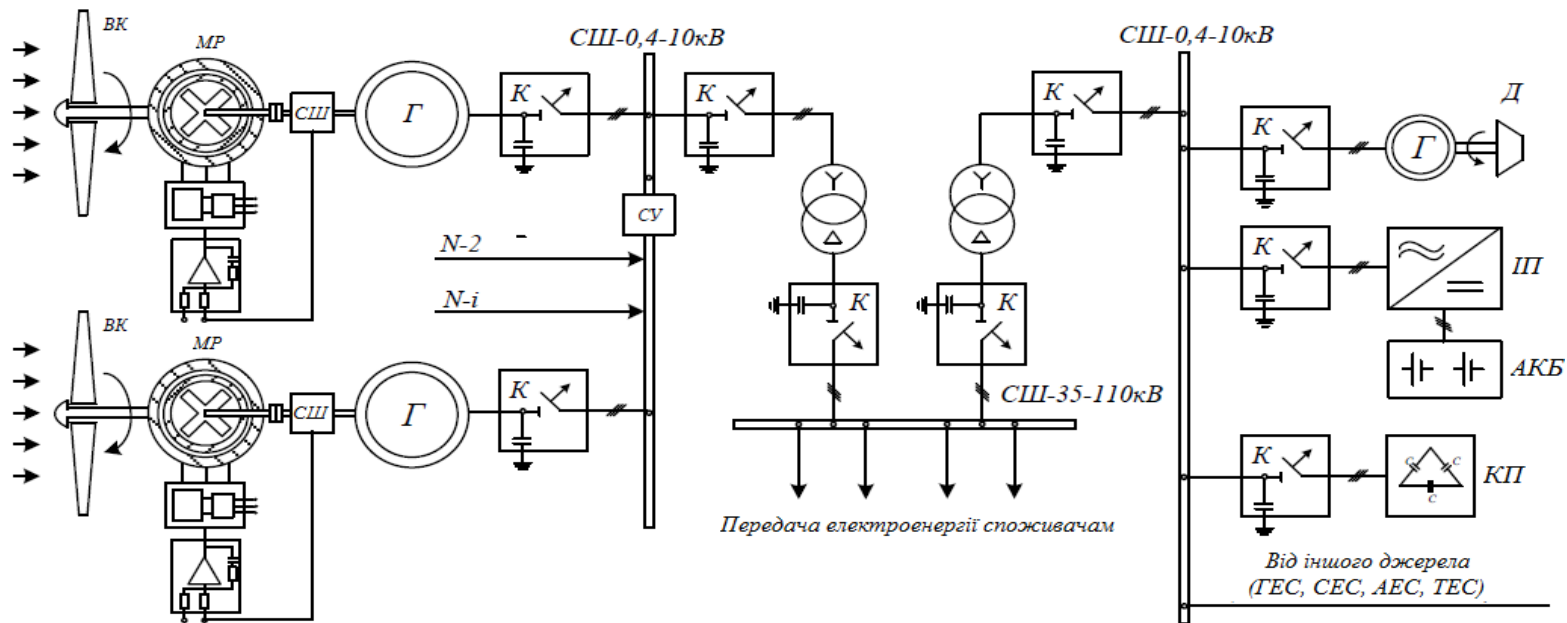


Рисунок 14 – Схема підключення ВЕУ в єдину мережу з магнітним редуктором

МОДЕЛЬ СИНХРОННОЇ РОБОТИ ВЕУ З МР, СЕС ТА ГЕС

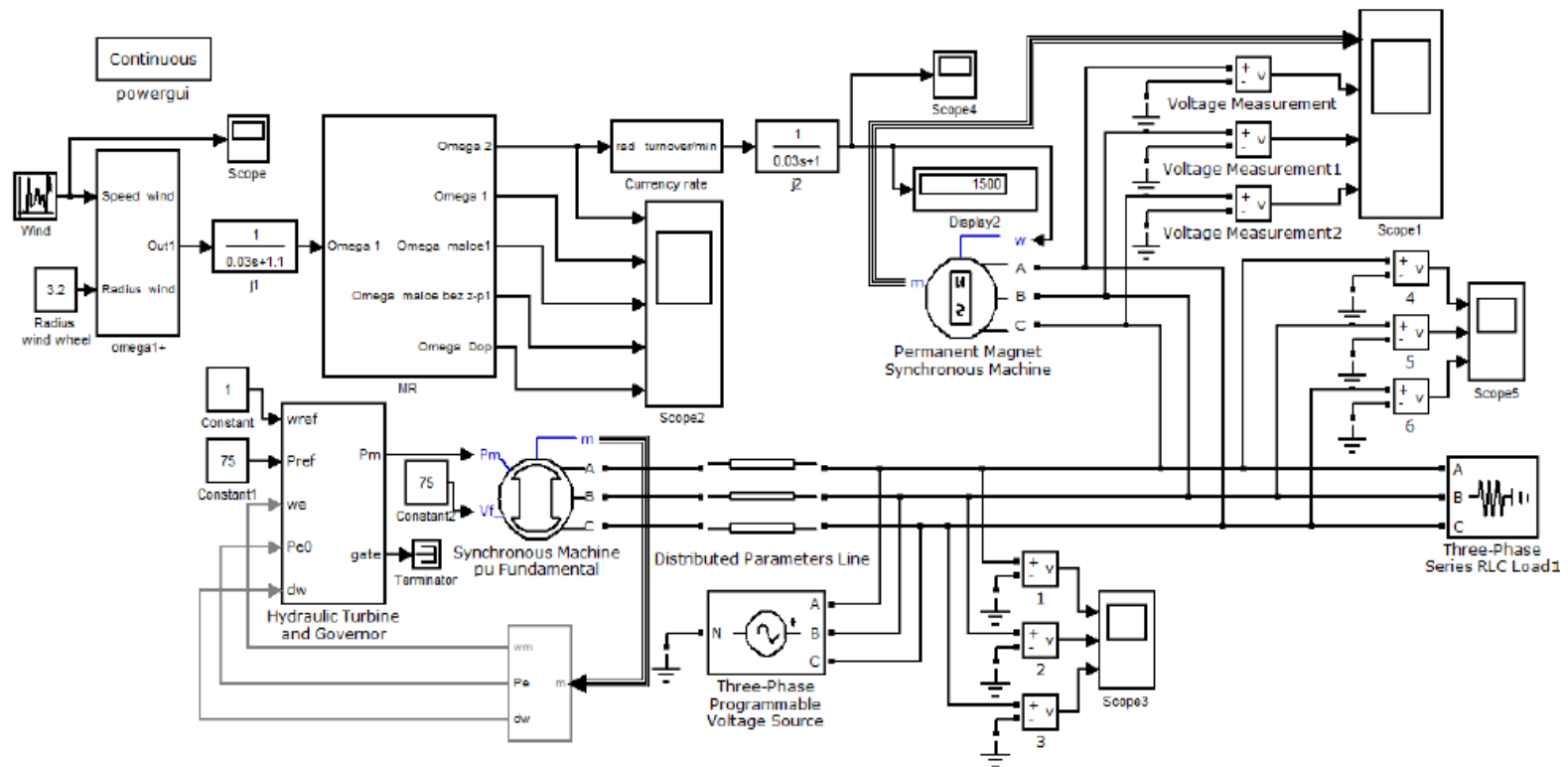


Рисунок 15 – Модель синхронної роботи ВЕУ з МР, СЕС та ГЕС

МОДЕЛЬ СИНХРОННОЇ РОБОТИ ВЕУ З МР, СЕС ТА ГЕС

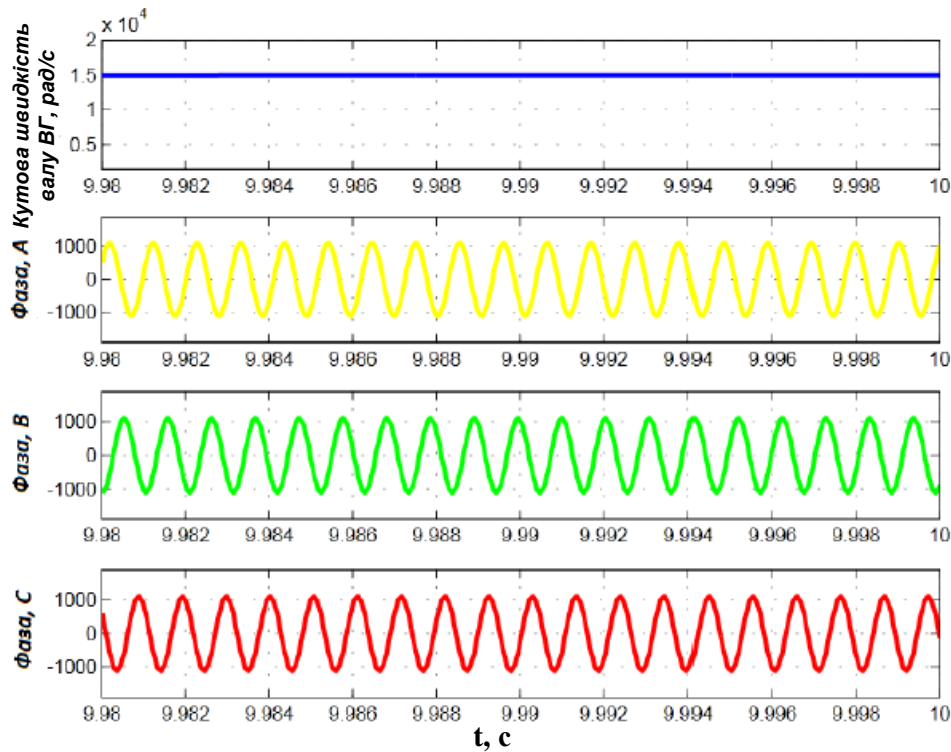


Рисунок 16 – Осцилограма синхронної роботи ВЕС з МР, СЕС та ГЕС спільно з єдиною мережею

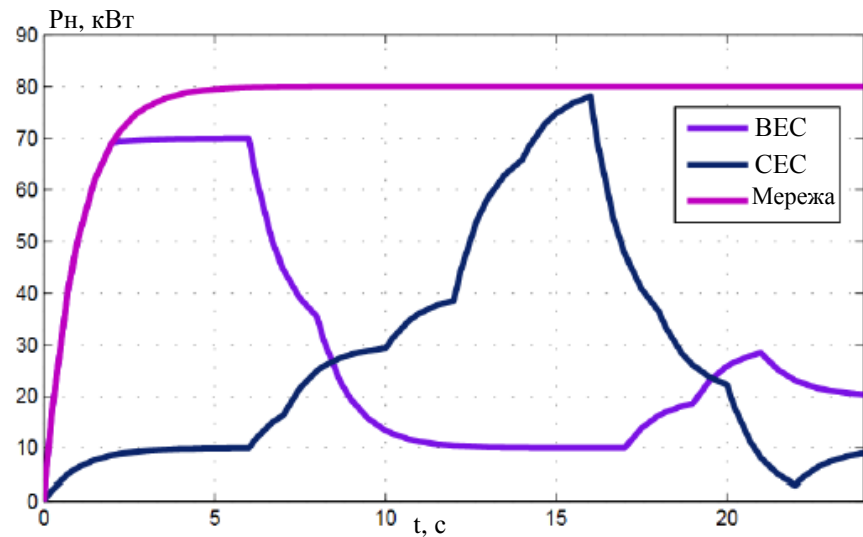


Рисунок 17 – Графік виробітку потужності різних джерел живлення

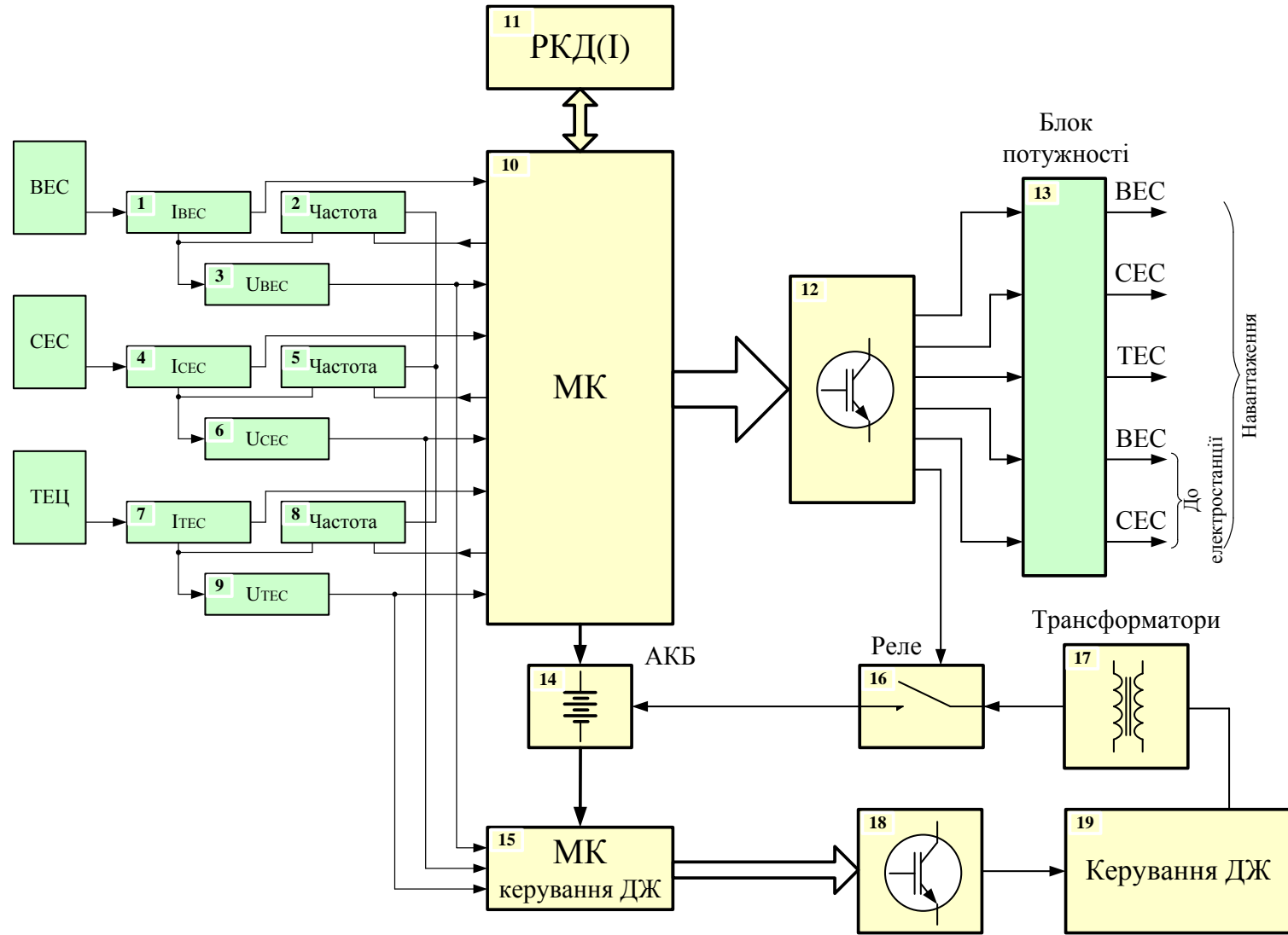


Рисунок 18 – Функціональна схема комутуючого пристрою управління генеруючими станціями ВЕС, СЕС, ТЕС

ПРИНЦИПОВА СХЕМА КОМУТЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ

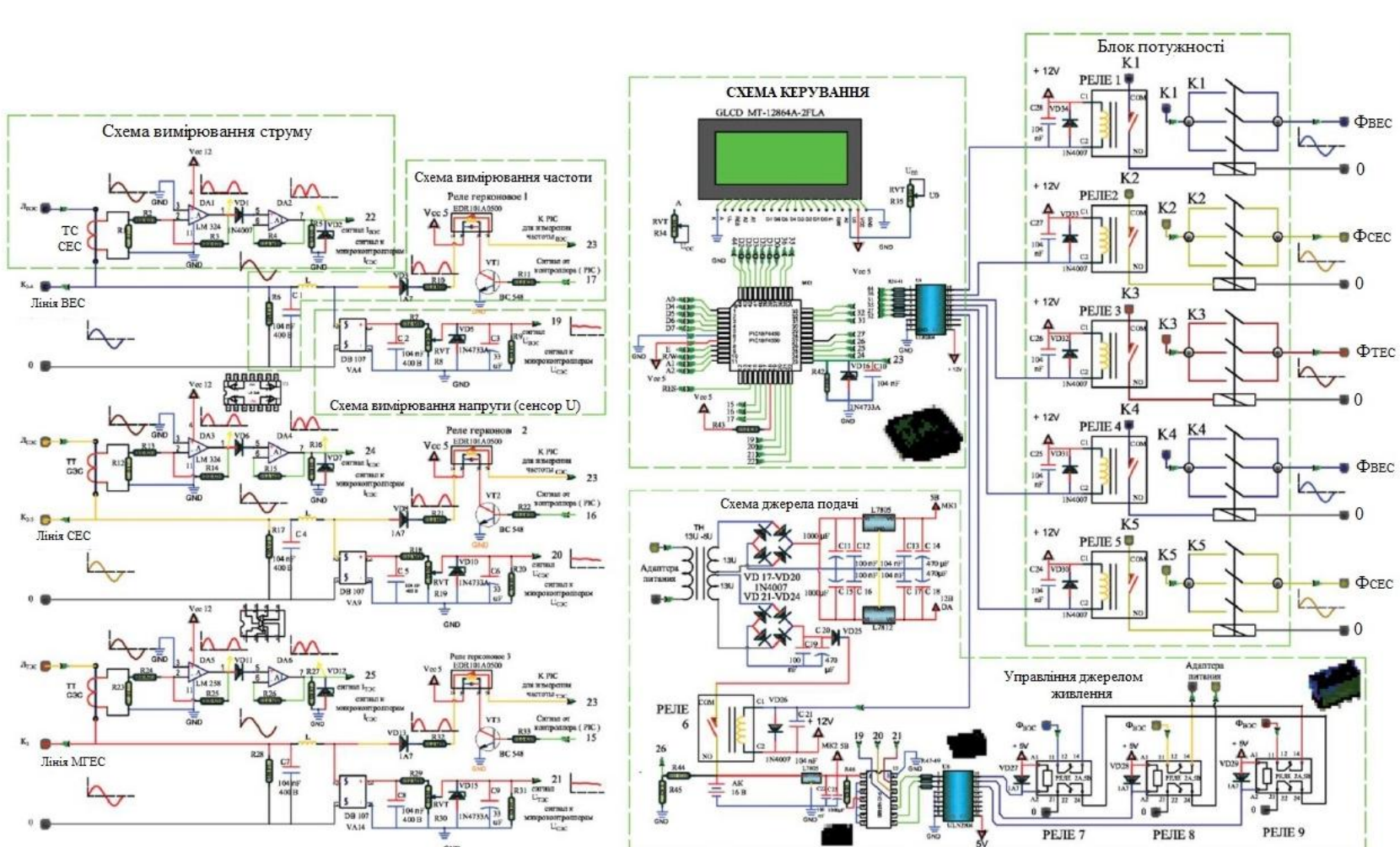


Рисунок 19 – Принципова електрична схема управління комутацією генеруючих станцій

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ ГЕНЕРАЦІЄЮ

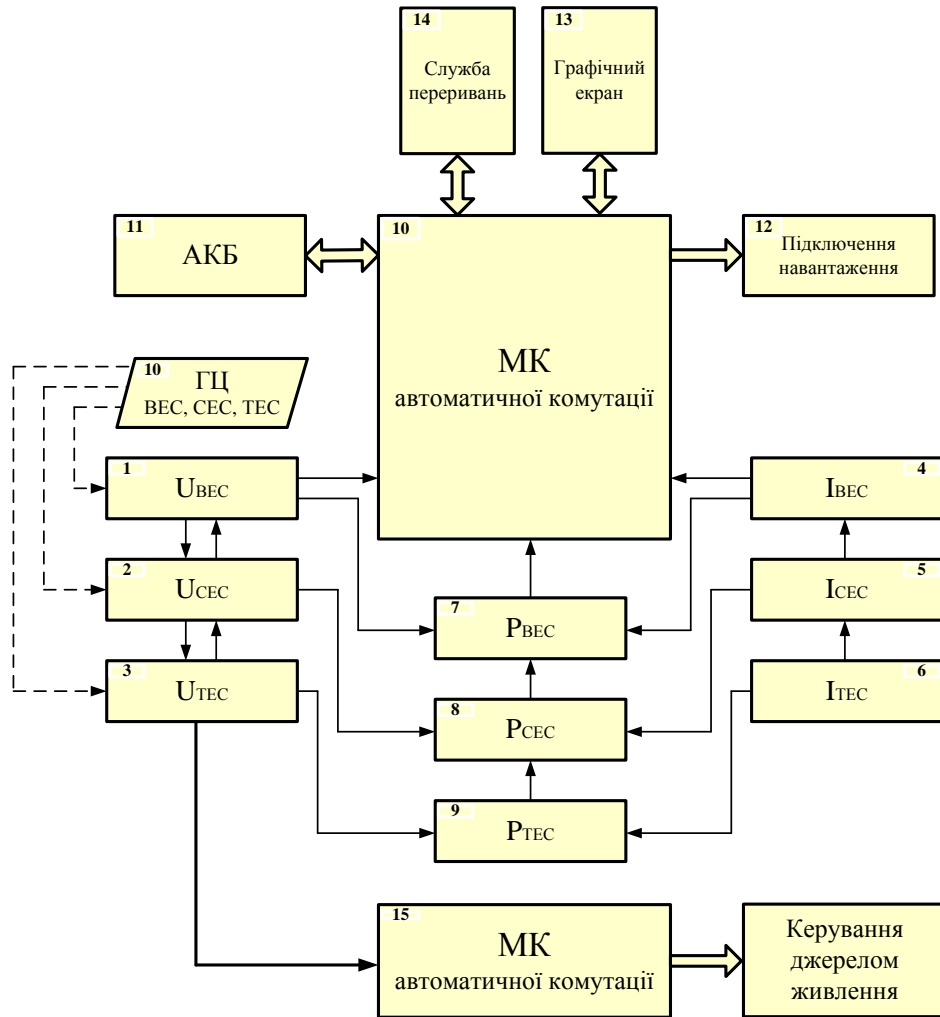


Рисунок 20 – Блок-схема алгоритму для мікроконтролера

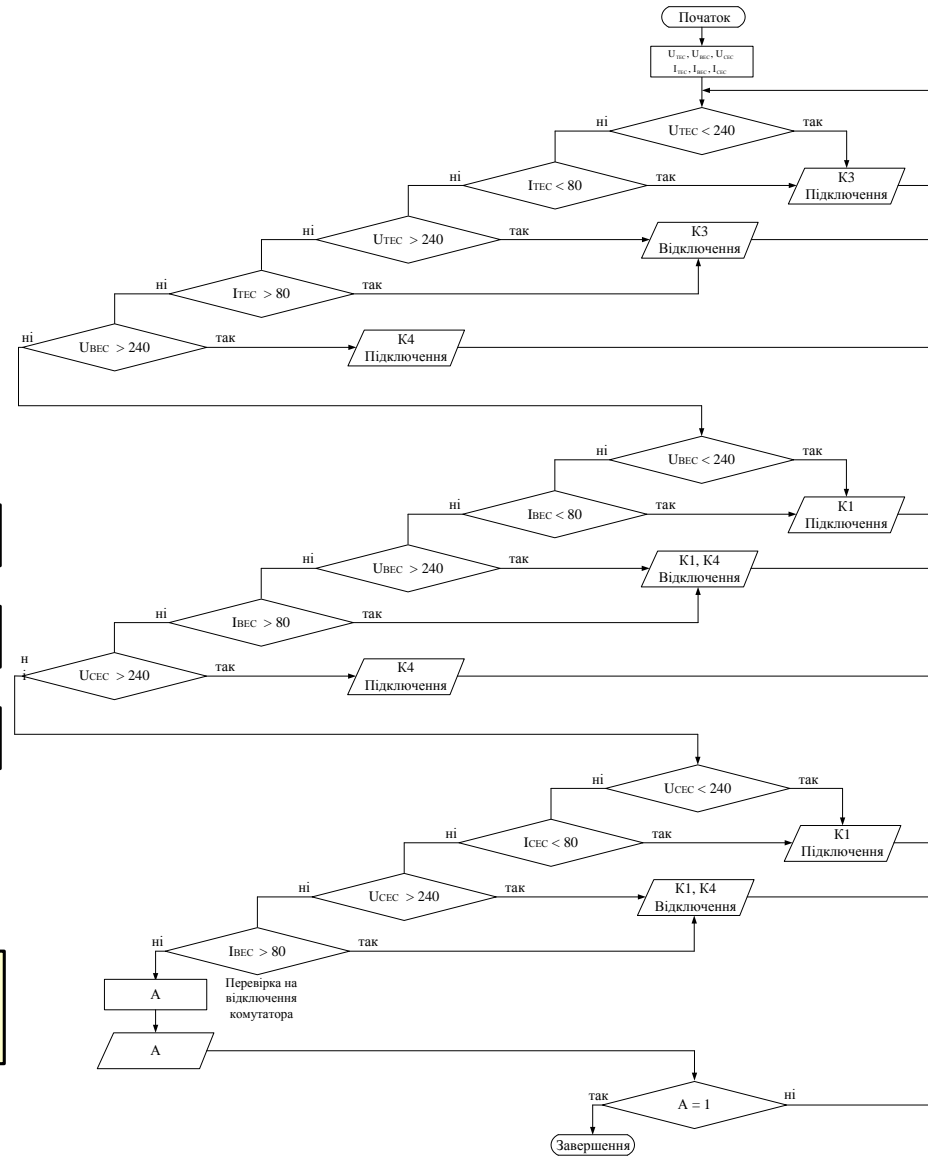


Рисунок 21 – Алгоритм роботи пристрою управління комутацією

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи було отримано такі загальні результати:

- розглянуті характеристики існуючих систем автономного електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії; визначені передумови оптимізації електроустановок з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) та їх застосування в автономних системах електропостачання;

- розроблено структуру комбінованої фото-вітро-гідроелектричної системи з резервуванням ДЕС. У запропонованій схемі автономного ЕТК основними джерелами електроенергії служать ВЕУ, МГЕС, СФЕС, допоміжні накопичувачі АКБ. Необхідна кількість ВЕУ, СФЕС, потужність МГЕС та ДЕС визначається необхідним ступенем надійності електропостачання споживачів із врахуванням одиничних номінальних потужностей установок та станцій.

- виконано розрахунок та вибір складових системи автономного електропостачання на основі таких ВДЕ як ВЕУ та ФЕС;

- розроблено блок-схему, функціональну схему комутуючого пристрою управління генеруючими станціями ВЕС, СЕС, ТЕС, а також принципову електричну схему управління комутацією генеруючих станцій, які включають вимірювальні та перетворюючі блоки для кожної станції; автоматичний комутуючий пристрій дозволяє здійснювати економію палива ТЕС близько 2,31% по відношенню до загального виробітку ТЕС.

- розроблено алгоритм управління для автоматичного комутуючого пристрою оперативного управління роботою електрогенеруючих станцій ВЕС, СЕС і ТЕС при генерації електроенергії в загальну мережу енергосистеми з автоматичною комутацією енергоагрегатів відновлюваної енергетики та управлінням оперативним перемиканням електростанцій. Розроблено блок-схеми, функціональні і принципові схеми автоматичного комутуючі пристрої. Розроблено програму для мікропроцесора управління генерацією електричної енергії від ВЕС, СЕС, ТЕС;

- виконано техніко-економічний розрахунок впровадження комбінованої системи автономного електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії;

- визначено основні положення щодо безпечної експлуатації ЕТК в умовах дії шкідливих чинників оточуючого середовища.