

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Розробка та дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки»

КНУ.МР.141.24.779-02

Виконав студент II курсу, групи СЕР-23м /Роман ГЛОТЕНКО/

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«Системи електропостачання промислових підприємств,

міст та локальних об'єктів»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Нормоконтролер:

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Завідувач кафедри,

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____/Олексій МИХАЙЛЕНКО/

Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

ГЛОТЕНКО Роман Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка та дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки»
2. Строк подання студентом роботи 09 грудня 2024 р.
3. Мета та завдання кваліфікаційної роботи
Мета роботи – розробка оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки. Завдання кваліфікаційної роботи: дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)
1. Відновлювальна енергетика України. 2. Розробка оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки. 3. Дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Відновлювальна енергетика в Україні. 2. Особливості створення вітроенергетичних систем. 3. Основні схеми генерації вітроенергетичних систем. 4. Моделювання режимів роботи вітроенергетичних систем.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Сінчук О.М.		
II	Сінчук О.М.		
III	Сінчук О.М.		

7. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Відновлювальна енергетика в Україні</i>	<i>3 вересня 2024 р.</i>
2	<i>Можливості впровадження генеруючих систем в Україні</i>	<i>6 вересня 2024 р.</i>
3	<i>Особливості створення вітроенергетичних систем</i>	<i>21 вересня 2024 р.</i>
4	<i>Вітроенергетична система та мережа живлення</i>	<i>13 жовтня 2024 р.</i>
5	<i>Основні схеми генерації вітроенергетичних систем</i>	<i>17 жовтня 2024 р.</i>
6	<i>Стійкість мережі живлення</i>	<i>20 листопада 2024 р.</i>
7	<i>Розробка оптимальної системи керування вітрогенераторною установкою</i>	<i>27 листопада 2024 р.</i>
8	<i>Моделювання режимів роботи вітроенергетичних систем</i>	<i>3 грудня 2024 р.</i>
9	<i>Дослідження оптимальної системи керування вітрогенераторною установкою</i>	<i>09 грудня 2024 р.</i>

Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

— **Роман ГЛОТЕНКО**
(ПІБ)

Керівник роботи _____
(підпис)

— **Олег СІНЧУК**
(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Розробка та дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки».

Об'єкт дослідження – електромеханічна система вітрогенераторної установки.

У першому розділі розглянуто об'єкти відновлювальної енергетики в Україні та показано основні напрямки їх розвитку. Також досліджено структуру вітроенергетичної установки та можливості її інтеграції у систему електропостачання.

У другому розділі досліджено схемні рішення приєднання вітроенергетичної установки до системи електропостачання, і визначено параметри системи управління. Також розглянуто вплив вітроенергетичної системи на стійкість мережі живлення.

У третьому розділі розроблено модель вітроенергетичної установки та досліджено режими її роботи. Показано можливості генерації вітроенергетичної установки з врахуванням зміни навантаження та сили вітрового потоку. Отримано характеристики вітроенергетичної установки відповідно до згенерованої потужності. Розроблено заходи щодо стабілізації вихідної напруги у залежності від струму навантаження.

**ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА, ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА
УСТАНОВКА, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СТІЙКІСТЬ МЕРЕЖІ
ЖИВЛЕННЯ.**

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Відновлювальна енергетика України.....	10
1.1. Загальні складові відновлювальної енергетики.....	10
1.2. Можливості впровадження генеруючих систем в Україні	13
1.3. Особливості роботи вітроенергетичних установок.....	14
1.4. Вітроенергетична система та мережа живлення.....	16
Висновки до 1 розділу.	17
РОЗДІЛ 2. Розробка оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки	19
2.1. Характеристика вітроенергетичної установки.....	19
2.2. Аналіз схемних рішень приєднання вітрогенераторної установки до мережі живлення	23
2.3. Стійкість мережі живлення.....	27
Висновки до 2 розділу	28
РОЗДІЛ 3. Дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки	30
3.1. Розробка моделі вітрогенераторної установки.....	30
3.2. Дослідження характеристик вітроенергетичної установки	32
Висновки до 3 розділу.....	42
ВИСНОВКИ.....	44

ВСТУП

Енергетичні ресурси, що розташовані на території нашої країни мають обмежений запас.

Тому велику роль відіграють ресурси, що не потребують видобутку та переробки.

На сам перед до таких ресурсів відноситься енергія сонця та енергія вітрових потоків.

Щодо сонячного випромінювання, існує багато підходів щодо використання цієї енергії.

Багато з таких підходів базуються на концентруванні енергії у сонячних елементах та подальшому її розподілу.

Щодо елементної бази, яка використовується для можливостей акумулювання та генерації енергії сонця то існує доволі широка база щодо номенклатури такого обладнання.

Для досліджень залишається простір щодо визначення оптимальної структури акумулювання, перетворення та розподілу накопиченої у сонячних елементах енергії у відповідності до безпосередніх потреб споживачів електричної енергії.

Слід зазначити що такий підхід стикається з рядом невизначеностей щодо оптимального розподілу відповідно до компонентів розроблених структур та елементів.

Щодо вітрової генерації, то слід відзначити, що це питання не достатньо широко досліджуване у нашій країні.

Це на сам перед можна віднести до складності регулювання та прогнозування вітрових потоків на місцевості, а отже й зі складністю розрахунку та реалізації таких систем.

Іншим питанням, що потребує врегулювання, є питання узгодження наявної потужності вітрового потоку із можливостями розподілу електричної енергії.

Саме розподіл електричної енергії ускладнює завдання пошуку рішень щодо врегулювання процесу генерації електричної енергії із можливостями її споживання.

Також слід зазначити, що системи вітрової генерації є набагато складнішими за свої сонячні прототипи.

Завдання стабілізації частоти мережі генерації та узгодження паралельної роботи генеруючої установки з наявною мережею живлення є складною задачею, що потребує широкого спектру підходів щодо її вирішення.

Завдання стабілізації частоти мережі генерації полягає у контролюванні частоти обертання генераторної установки, а отже й відповідного регулювання цієї частоти при зміні потужності вітрового потоку протягом часу генерації.

Також важливим аспектом рівномірної роботи щодо генерування електричної енергії є підтримування параметрів джерела електричної енергії на заданому рівні.

Для останнього завдання слід виявляти наявні параметри та здійснювати регулювання електричних параметрів вітрогенераторної установки в цілому.

Системи стабілізації параметрів генерації відповідно мережі живлення мають враховувати як параметри напруги живлення так й параметри струмового навантаження.

Останнє зручно розраховувати виходячи з показників споживаної потужності.

При цьому слід враховувати як активна так й реактивне навантаження електричної мережі.

Слід зазначити, що саме реактивна складова потужності має суттєвий вплив на стабільність напруги живлення.

Тому при роботі слід враховувати не тільки активну але й реактивну потужність.

При використанні відновлювального джерела електричної енергії не останню роль відіграє баланс цих двох важливих компонентів у мережі живлення.

Сучасні електроенергетичні системи, що містять у якості резервуючого джерело відновлювальної енергії з вітрогенератором у своєму складі має містити контролери споживання та генерації активної та реактивної енергії як джерела так й навантаження, що воно забезпечує живленням на протязі усього часу роботи.

Тому для підвищення ефективності вітрогенераторних установок є доцільним дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування вітрогенераторною установкою з реалізацією слідкуючої функції.

Для реалізації такої системи розглядається можлива структура вітрогенераторної установки.

За базисну обирається структура що містить асинхронний генератор у своєму складі.

Це вибагливий елемент, що потребує додаткових розрахунків та налагодження електричної системи.

Для перевірки правильності налагодження й роботи складної системи на практиці використовується імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання режимів роботи вітрогенераторної установки з асинхронізованою турбіною дозволяє визначити параметри щодо максимального відбору потужності при суттєвій зміні швидкості вітрового потоку.

РОЗДІЛ 1. Відновлювальна енергетика України

1.1. Загальні складові відновлювальної енергетики

Впровадження джерел відновлювальної генерації у нашій країні набуває підвищеного попиту.

Нові технології, які використовуються для досягнення та реалізації цієї ідеї є актуальними у теперішній час.

Вочевидь що вони приходять на заміну традиційним джерелам електричної енергії.

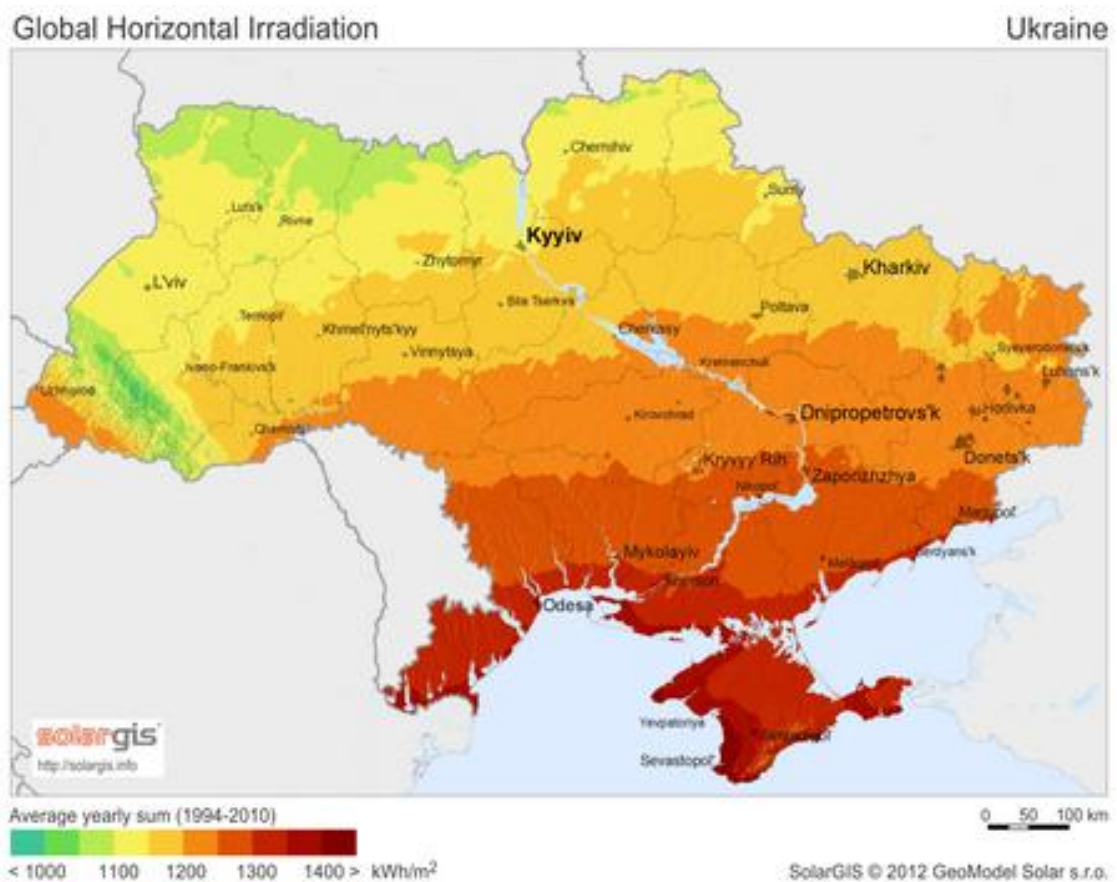


Рисунок 1.1 – Складові генерації на території України можливостей відновлювальної енергетики

Можна бачити нерівномірність розподілу складових відновлювальної генерації територією нашої країни.

Розглянемо можливості добової генерації у відповідності до джерела відновлювальної енергії.

Суттєвий вплив на цю можливість має розподіл середньодобових графіків протягом року.

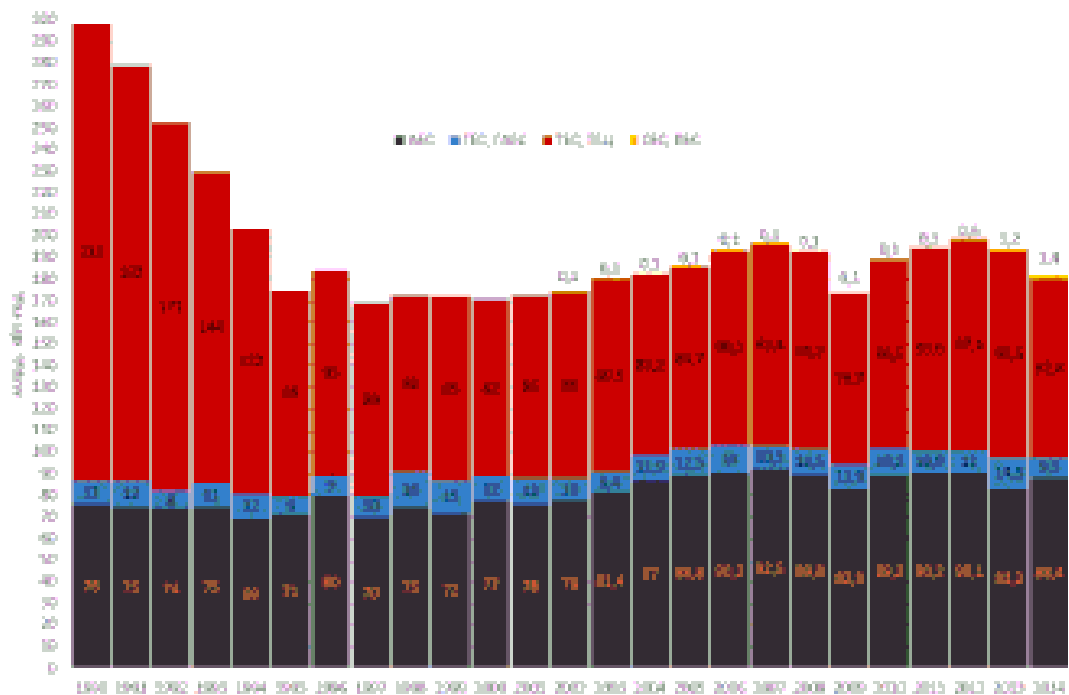


Рисунок 1.2- Характер впливу на можливість генерації розподілу середньодобових графіків протягом року

Тому цей вплив необхідно враховувати при встановленні сезонної залежності можливостей генерації.

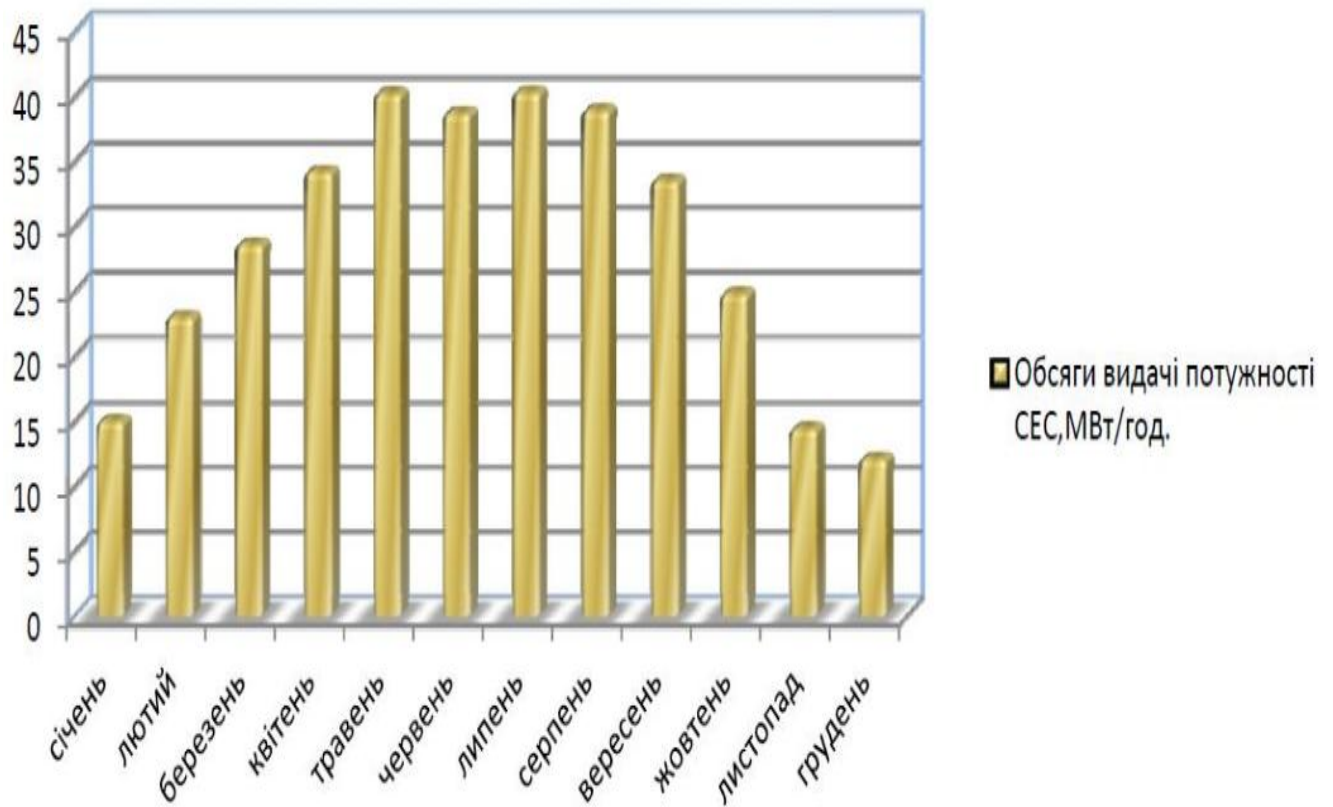


Рисунок 1.3 - Сезонна залежності можливостей генерації

1.2 Можливості впровадження генеруючих систем в Україні

Останнім часом слід визнати, що можливості впровадження генеруючих систем зросли.

Це засвідчують останні дослідження, проведені у цьому плані.

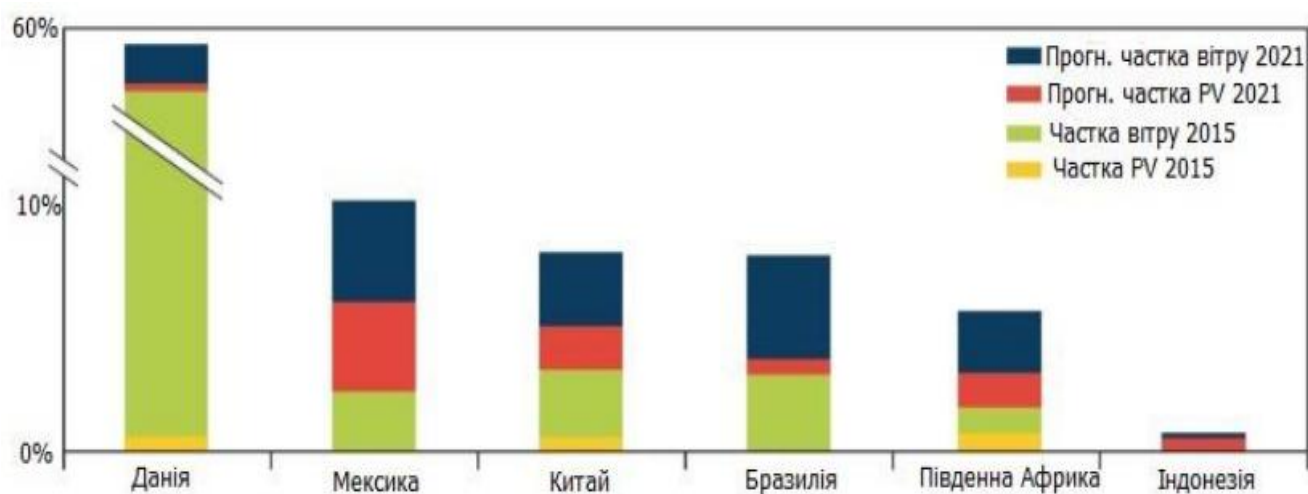


Рисунок 1.4 – Можливості впровадження генеруючих, МВт.

1.3 Особливості роботи вітроенергетичних установок

До особливостей вироблення електричної енергії за допомогою вітрогенераторної установки можна віднести складність регулювання параметрів при різкій зміні складових вітрового потоку.

Також це ускладнює можливості стабільної роботи мережі живлення з системою генерації.

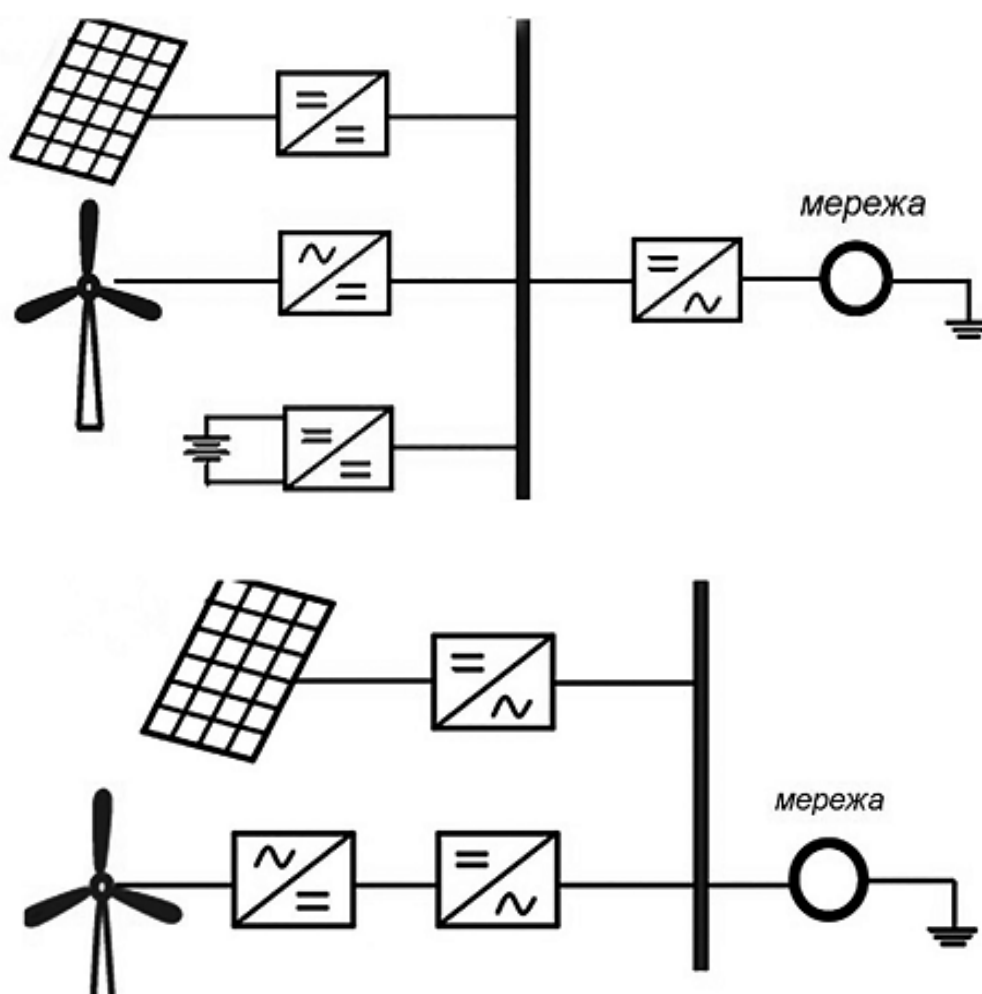


Рисунок 1.5 – Вітрогенераторна установка з мережею живлення

Отже, стабільність роботи вітрогенераторної установки не можлива без врахування невизначеності вітрового потоку.

Відповідно до цього слід врахувати параметри вітрогенеруючої установки.

Таблиця 1.1 – Генеруючі елементи відновлювальної енергетики

Характеристик	СЕС	ВЕС	МГЕС	ГТУ	ПГУ	ДГ
Наявність	Залежно від географ. положення	Залежно від географ. положення	Залежно від географ. положення	Завжди	Завжди	Завжди
Вихідний сигнал	Постійний струм	Постійний/змінний струм	Змінний струм	Змінний струм	Змінний струм	Змінний струм
Керування	Некерований	Некерований	Некерований	Керований	Керований	Керований
Перетворювач	Перетворювач типу DC-DC-AC	Перетворювач типу AC-DC-AC	Синхронний або асинхронний генератор	Немає	Немає	Немає
Вид палива	Енергія сонця	Енергія вітру	Енергія річок	Природний та біогаз	Природний та біогаз	Продукти нафти
ККД	6-20%	1-35%	92-94%	30-45%	20-40%	30-45%
Можливість роботи по графіку	Немає	Немає	Немає	Високий	Високий	Високий

1.4 Вітроенергетична система та мережа живлення

Слід відзначити, що параметри генеруючих установок впливатимуть на якість електричної енергії.

Такий вплив буде залежати від елементної бази та типу джерела генерації.

Таблиця 1.2 - Вплив на якість електричної енергії у залежності від елементної бази та типу джерела генерації

Порушення якості електроенергії	ВЕС	СЕС	МГЕС	ДГ
Провисання/стрибки напруги	+		+	+
Падіння/перенапруга	+			+
Дисбаланс напруг		+		
Коливання напруги	+			
Гармоніки напруги	+	+	+	
Флікер	+	+		+
Гармоніки струму	+	+	+	
Переривчатий характер генерації	+	+		

Висновки до 1 розділу.

Енергетичні ресурси, що розташовані на території нашої країни мають обмежений запас.

На сам перед до таких ресурсів відноситься енергія сонця та енергія вітрових потоків.

Для досліджень залишається простір щодо визначення оптимальної структури акумулювання, перетворення та розподілу накопиченої у сонячних елементах енергії у відповідності до безпосередніх потреб споживачів електричної енергії.

Іншим питанням, що потребує врегулювання, є питання узгодження наявної потужності вітрового потоку із можливостями розподілу електричної енергії.

Саме розподіл електричної енергії ускладнює завдання пошуку рішень щодо врегулювання процесу генерації електричної енергії із можливостями її споживання.

Завдання стабілізації частоти мережі генерації та узгодження паралельної роботи генеруючої установки з наявною мережею живлення є складною задачею, що потребує широкого спектру підходів щодо її вирішення.

Завдання стабілізації частоти мережі генерації полягає у контролюванні частоти обертання генераторної установки, а отже й відповідного регулювання цієї частоти при зміні потужності вітрового потоку протягом часу генерації.

Також важливим аспектом рівномірної роботи щодо генерування електричної енергії є підтримування параметрів джерела електричної енергії на заданому рівні.

Для останнього завдання слід виявляти наявні параметри та здійснювати регулювання електричних параметрів вітрогенераторної установки в цілому.

Можна бачити нерівномірність розподілу складових відновлювальної генерації територією нашої країни.

Суттєвий вплив на цю можливість має розподіл середньодобових графіків протягом року.

Тому цей вплив необхідно враховувати при встановленні сезонної залежності можливостей генерації.

До особливостей вироблення електричної енергії за допомогою вітрогенераторної установки можна віднести складність регулювання параметрів при різкій зміні складових вітрового потоку.

Також це ускладнює можливості стабільної роботи мережі живлення з системою генерації.

РОЗДІЛ 2. Розробка оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки

2.1. Характеристика вітроенергетичної установки

Можна зазначити що оптимізація параметрів джерела генерації енергії вітру слід почати з уніфікації підходу щодо вибору його елементної бази та конструкції.

У загальному випадку можна розглянути типові складові вітрогенеруючих установок.

На сам перед основним елементом є генеруюча установка що виробляє електричну енергію.

Можемо розглянути основні конструкційні складові що містять елементи синхронних та асинхронних машин.

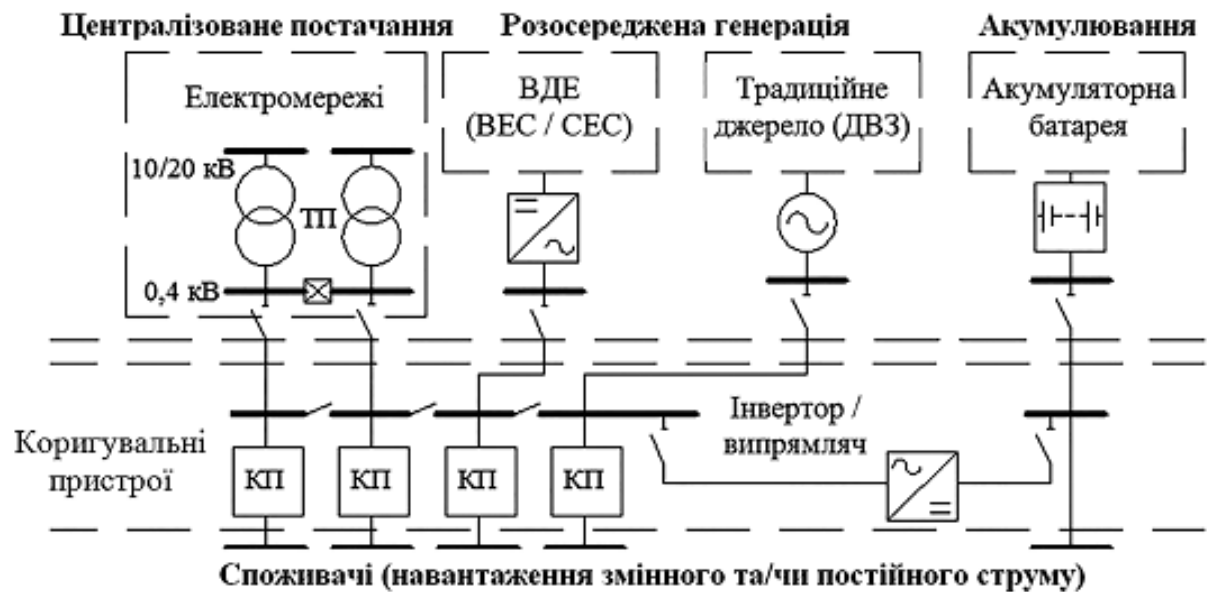


Рисунок 2.1 - Типові складові вітрогенеруючих установок

Також важливим є питання розподілу електричної енергії від генеруючого елементу до споживача.

Тут виникає питання стабілізації параметрів генеруючої установки при зміні навантаження а також впливі зовнішніх умов на параметри генерації потужності.

Оскільки системи із синхронними генераторними установками є доволі нестабільними а також потребують ускладнених програм щодо регулювання їх параметрів, то вочевидь перехід до асинхронних систем генерації, як більш простих у виконанні та обслуговуванні.

Таблиця 2.1 – Перелік вітрогенераційних складових

контроль швидкості		контроль потужності		
		контроль зупинки	контроль нахилу	Активний контроль зупинки
Постійна швидкість	Тип А	Тип А0	Тип А1	Тип А2
змінна швидкість	Тип В	Тип В0	Тип В1	Тип В2
	Тип С	Тип С0	Тип С1	Тип С2
	Тип D	Тип D0	Тип D1	Тип D2

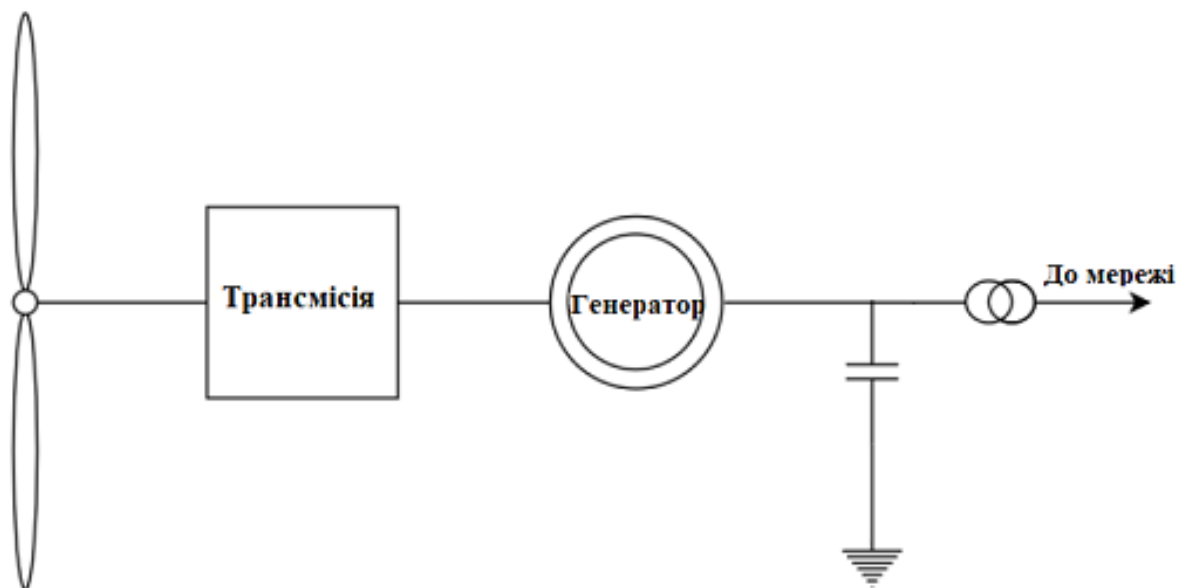


Рисунок 2.2 – Вітрогенераторна установка на базі асинхронізованого генератора:

ВК - вітроколесо, Р - редуктор, АГ - асинхронний генератор з КЗ ротором, ПП – пусковий пристрій, БК - батарея конденсаторів, Т – трансформатор.

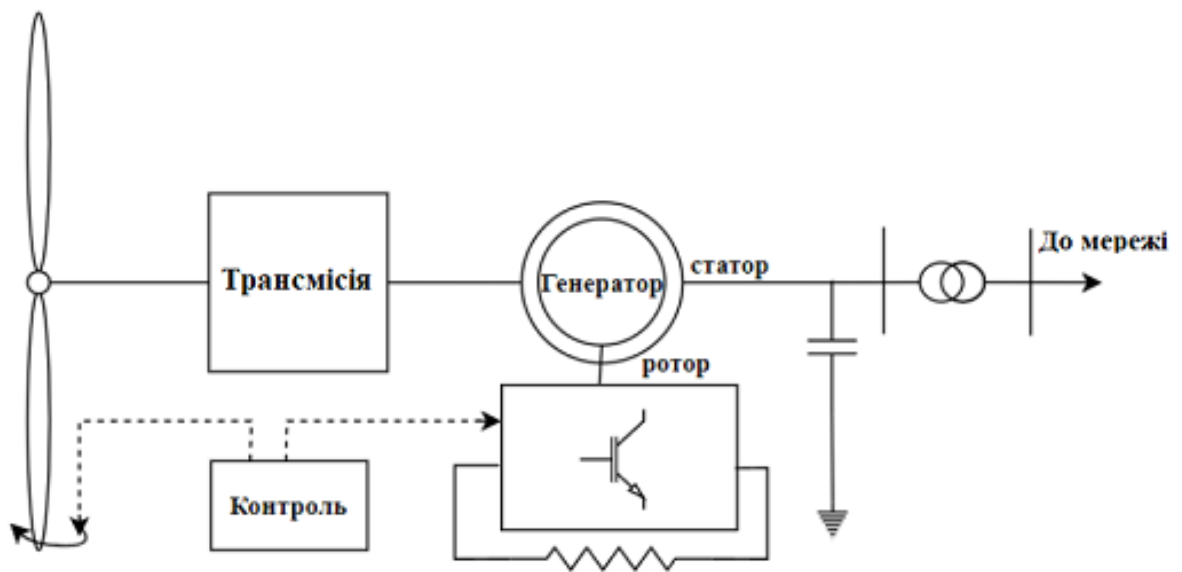


Рисунок 2.3 - Вітрогенераторна установка на базі асинхронізованого генератора у безфільтровому виконанні:

ВК – вітрове колесо, Р - редуктор, Т – трансформатор, ПЧ - перетворювач частоти, АСГ - асинхронізований синхронний генератор.

2.2 Аналіз схемних рішень приєднання вітрогенераторної установки до мережі живлення

Розглянемо деякі аспекти введення генераційної потужності при використанні систем що забезпечують генерацією від відновлювального джерела електричної енергії до системи живлення з використанням синхронного та асинхронізованого підходу щодо вироблення електричної енергії.

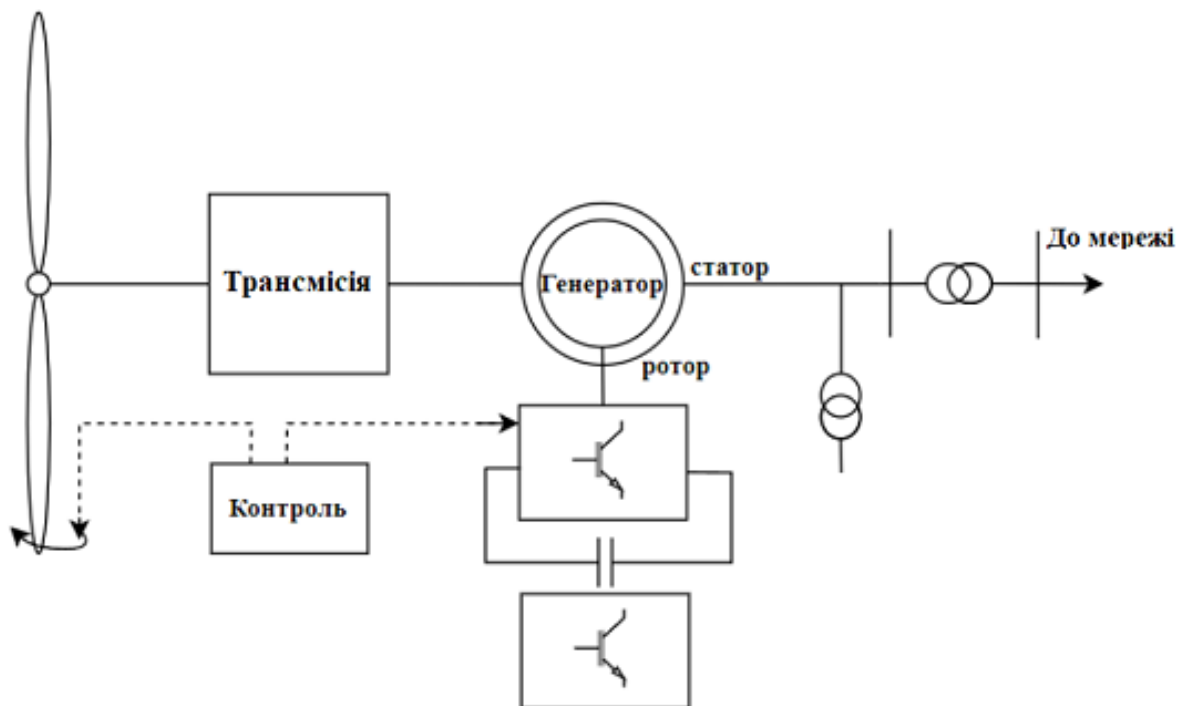


Рисунок 2.4 – Використована схема щодо використання генераційних потужностей щодо приєднання систем на базі синхронного та асинхронізованого джерела електричної енергії при безпосередньому приєднанні до мережі

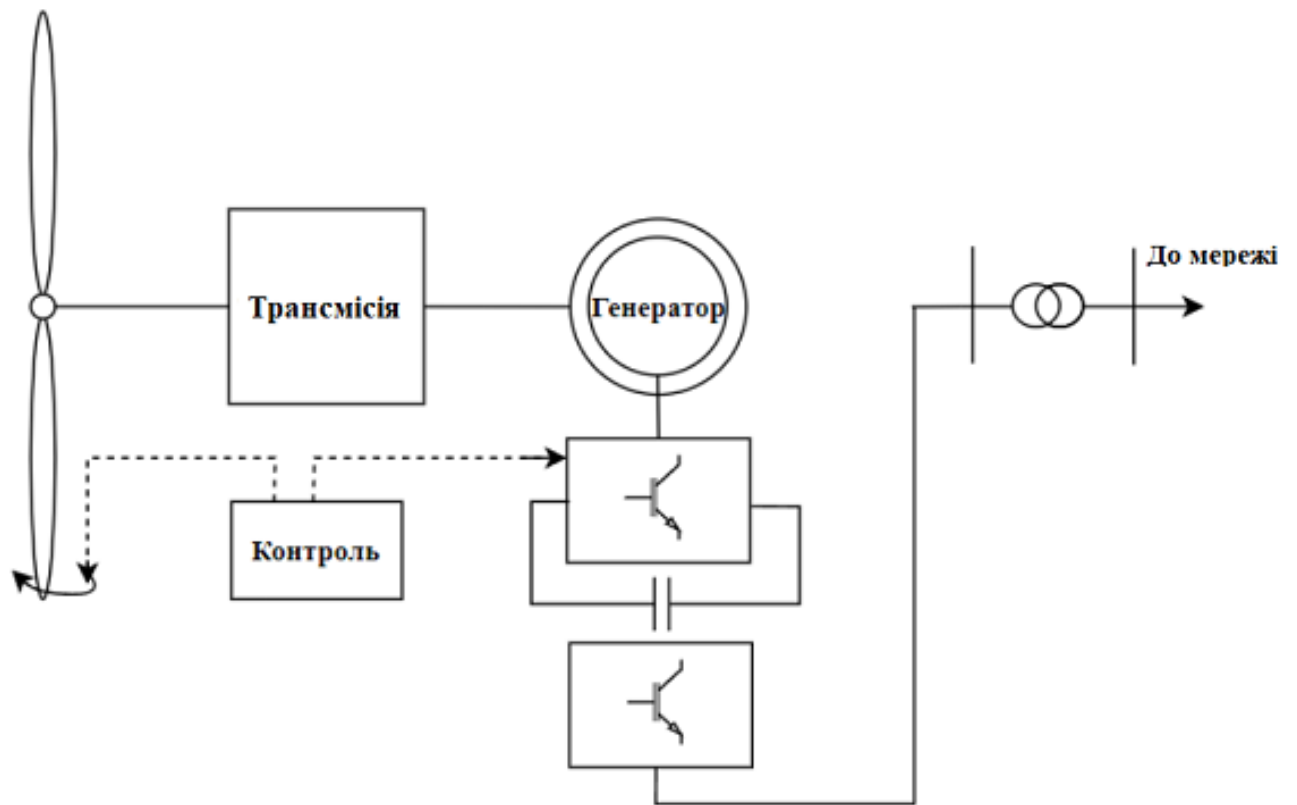


Рисунок 2.5 - Використована схема щодо використання генераційних потужностей щодо приєднання систем на базі асинхронізованого джерела електричної енергії при безпосередньому приєднанні до постійної мережі живлення

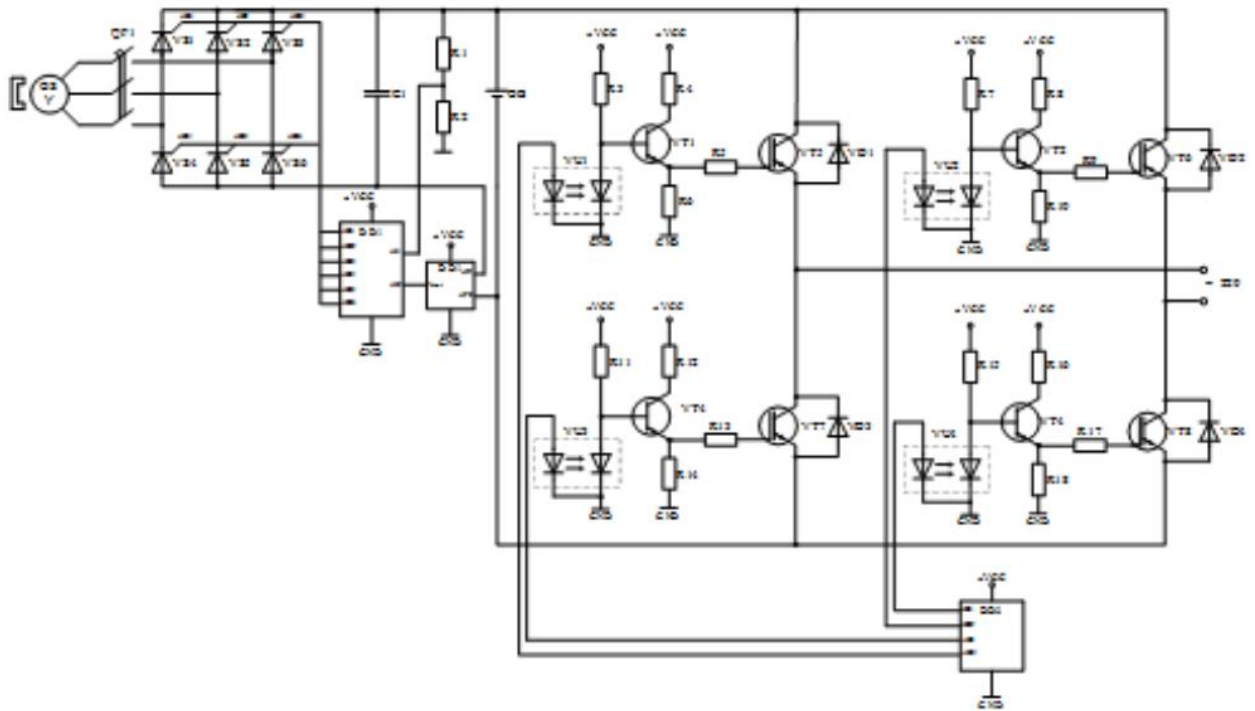


Рисунок 2.5 - Використована схема щодо використання генераційних потужностей щодо приєднання систем на базі синхронного та асинхронізованого джерела електричної енергії при безпосередньому приєднанні до мережі живлення з можливістю повернення електричної потужності.

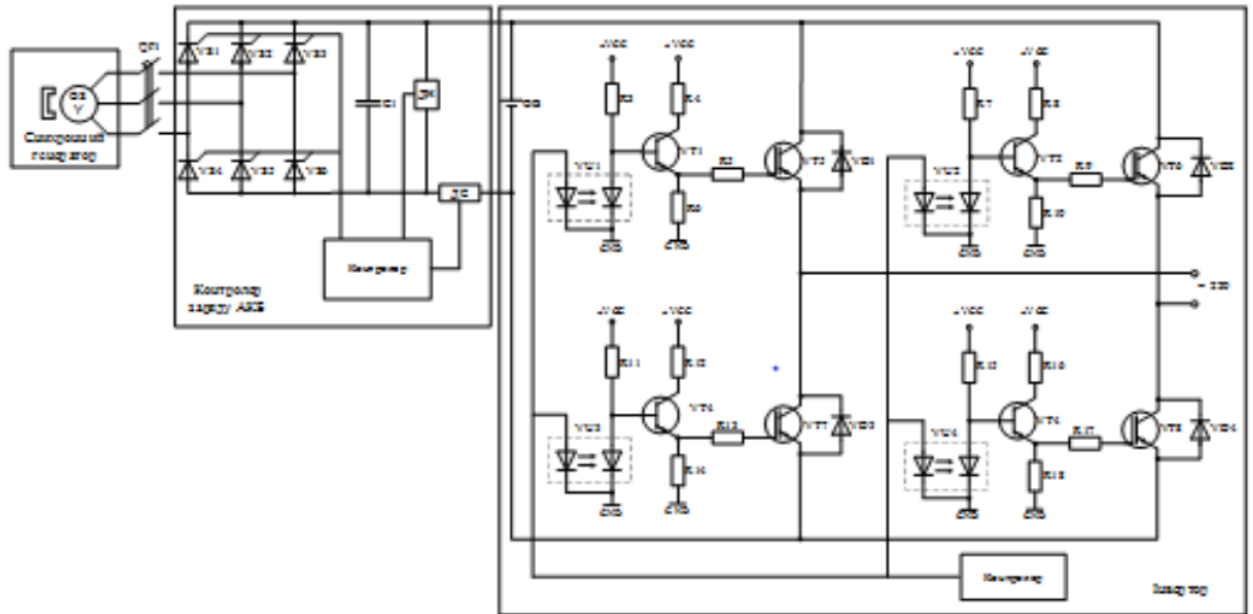


Рисунок 2.7 - Використована складної розгалуженої схема щодо використання генераційних потужностей щодо приєднання систем на базі синхронного та асинхронізованого джерела електричної енергії при безпосередньому приєднанні до мережі у трансформаторному та безтрансформаторному виконанні.

2.3 Стійкість мережі живлення

З розгляду схемних рішень щодо встановлення та приєднання генераційних пристроїв до мережі живлення можна бачити що такі рішення суттєво впливатимуть на показники надійності джерела електричної енергії а також стабілізації параметрів енергетичної системи для забезпечення надійності живлення.

До основних проявів можна віднести:

- просадка напруги живлення;
- наявність джерел реактивної потужності;
- відхилення частоти живлячої напруги;
- витік активної потужності.

Висновки до 2 розділу

Можна зазначити що оптимізація параметрів джерела генерації енергії вітру слід почати з уніфікації підходу щодо вибору його елементної бази та конструкції.

Оскільки системи із синхронними генераторними установками є доволі нестабільними а також потребують ускладнених програм щодо регулювання їх параметрів, то вочевидь перехід до асинхронних систем генерації, як більш простих у виконанні та обслуговуванні.

Розглянуто деякі аспекти введення генераційної потужності при використанні систем що забезпечують генерацією від відновлювального джерела електричної енергії до системи живлення з використанням синхронного та асинхронізованого підходу щодо вироблення електричної енергії.

З розгляду схемних рішень щодо встановлення та приєднання генераційних пристроїв до мережі живлення можна бачити що такі рішення суттєво впливатимуть на показники надійності джерела електричної енергії а також стабілізації параметрів енергетичної системи для забезпечення надійності живлення.

До основних проявів можна віднести:

- просадка напруги живлення;
- наявність джерел реактивної потужності;
- відхилення частоти живлячої напруги;
- витік активної потужності.

Зазначено, що перспективним є використання складної розгалуженої схема щодо використання генераційних потужностей щодо приєднання

систем на базі синхронного та асинхронізованого джерела електричної енергії при безпосередньому приєднанні до мережі у трансформаторному та безтрансформаторному виконанні.

РОЗДІЛ 3. Дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування електромеханічною системою вітрогенераторної установки

3.1. Розробка моделі вітрогенераторної установки

Розглянемо імітаційну модель що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням.

Вхідними параметрами моделі запропоновано використовувати швидкість вітрового потоку та частота обертання ротору генераторної установки.

Вхідними параметрами моделі запропоновано використовувати вихідну потужність на статорі генераторної установки та момент що виникає на роторі генераторної установки.

Контрольованим параметром вітрогенераторної установки є коефіцієнт її потужності.

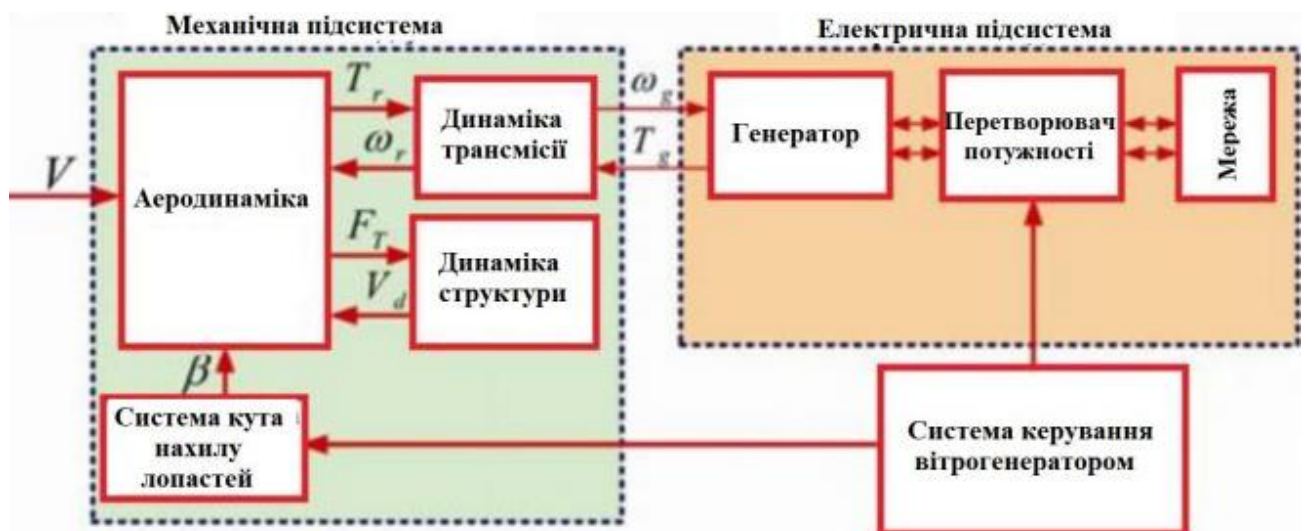


Рисунок 3.1 – Модель вітрогенераторної установки

Розглянемо технічні параметри роботи вітрогенераторної установки при різних вхідних факторах.



Рисунок 3.2 - Параметри роботи вітрогенераторної установки при різних вхідних факторах (швидкість та кут нахилу лопатей)

3.2 Дослідження характеристик вітроенергетичної установки

Проведемо імітаційне моделювання що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням.

Вхідними параметрами при моделюванні запропоновано використовувати швидкість вітрового потоку та частота обертання ротору генераторної установки.

Вхідними параметрами при моделюванні запропоновано використовувати вихідну потужність на статорі генераторної установки та момент що виникає на роторі генераторної установки.

Контрольованим параметром при моделюванні вітрогенераторної установки є коефіцієнт її потужності.

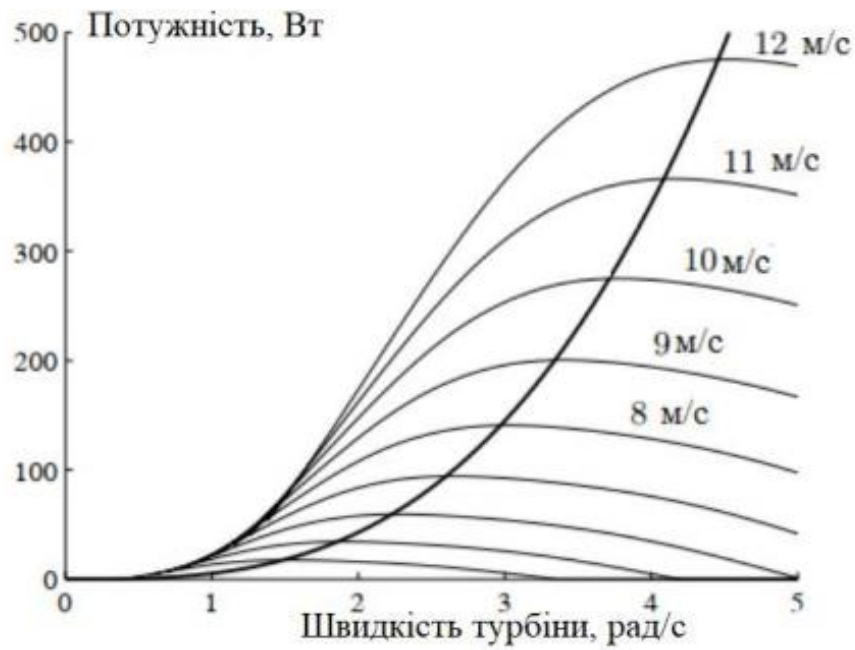


Рисунок 3.3 - Імітаційне моделювання потужності вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

Таблиця 3.1

Параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

Параметр	Символ	Значення / одиниця
Номінальна потужність	P_n	2 МВт
Радіус турбіни	R	45 м
Коефіцієнт передачі редуктора	G	90
Інерція системи	J	100 кг / м ²
Щільність повітря	ρ	1,225 кг / м ³
В'язке тертя	F_v	0,00673 Н.м.с / рад
кількість пар полюсів	p	2
напруга статора (від лінії до лінії)	V_{s_rms}	690 В
Номінальний струм статора	I_{srms}	1760 А
Частота сітки	f	50 Гц
Опір статора	R_s	29 мОм
Опір ротора	R_r	22 мОм
Індуктивність статора	L_s	2,6 мГн
Індуктивність ротора	L_r	2,6 мГн
Індуктивність намагнічування	M	2,5 мГн
Напруга постійного струму	V_{dc}	1300 В

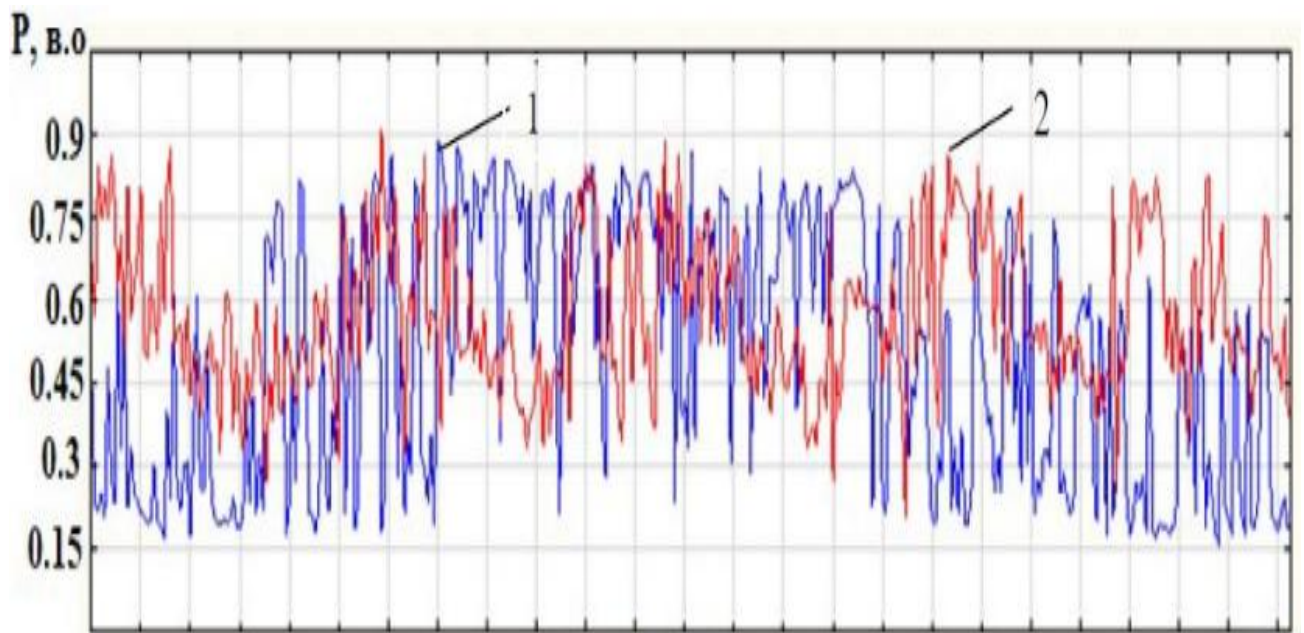


Рисунок 3.4 – Динаміка імітаційного моделювання потужності вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

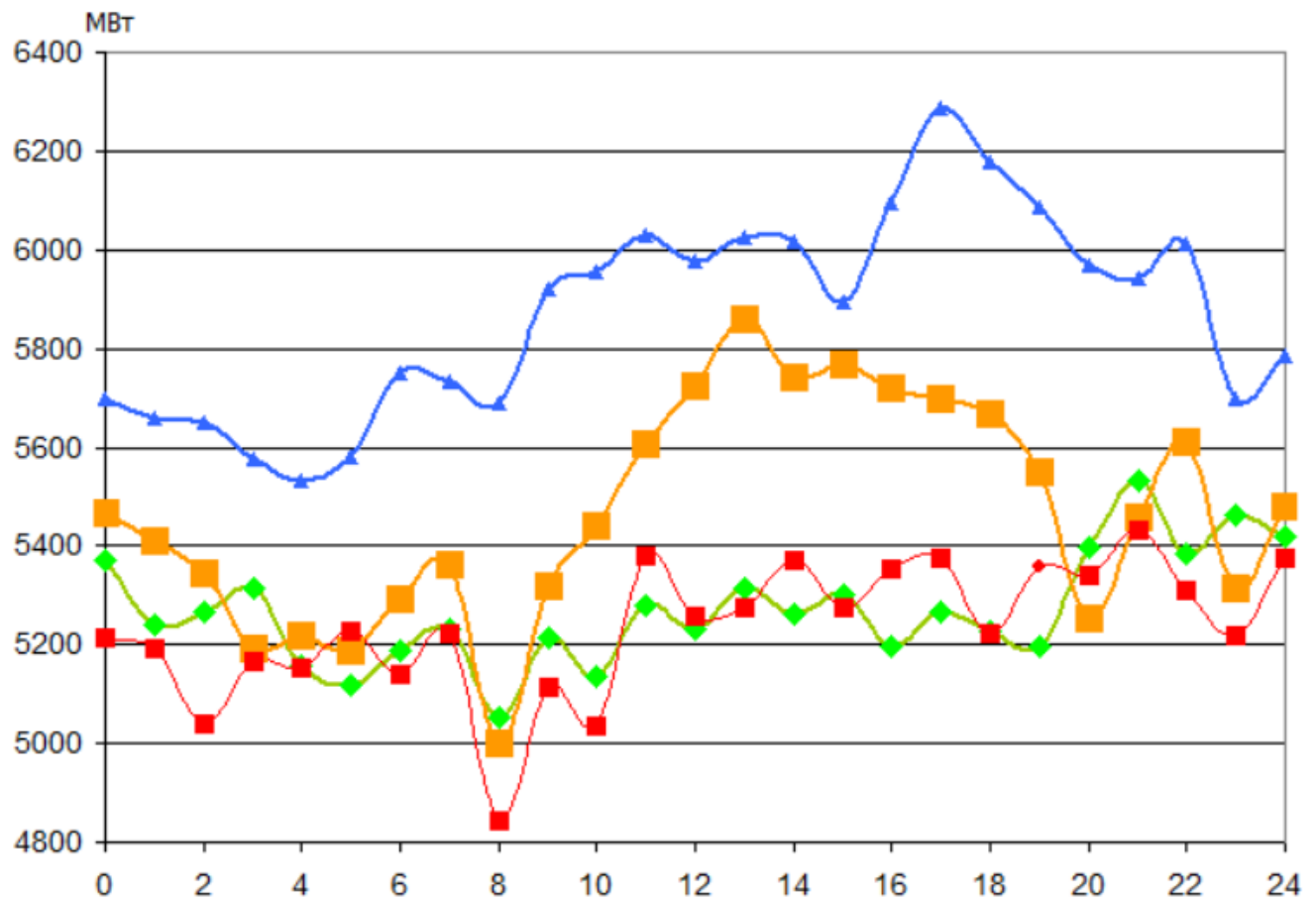


Рисунок 3.5 - Динаміка імітаційного моделювання активної потужності на статорній обмотці генератора вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

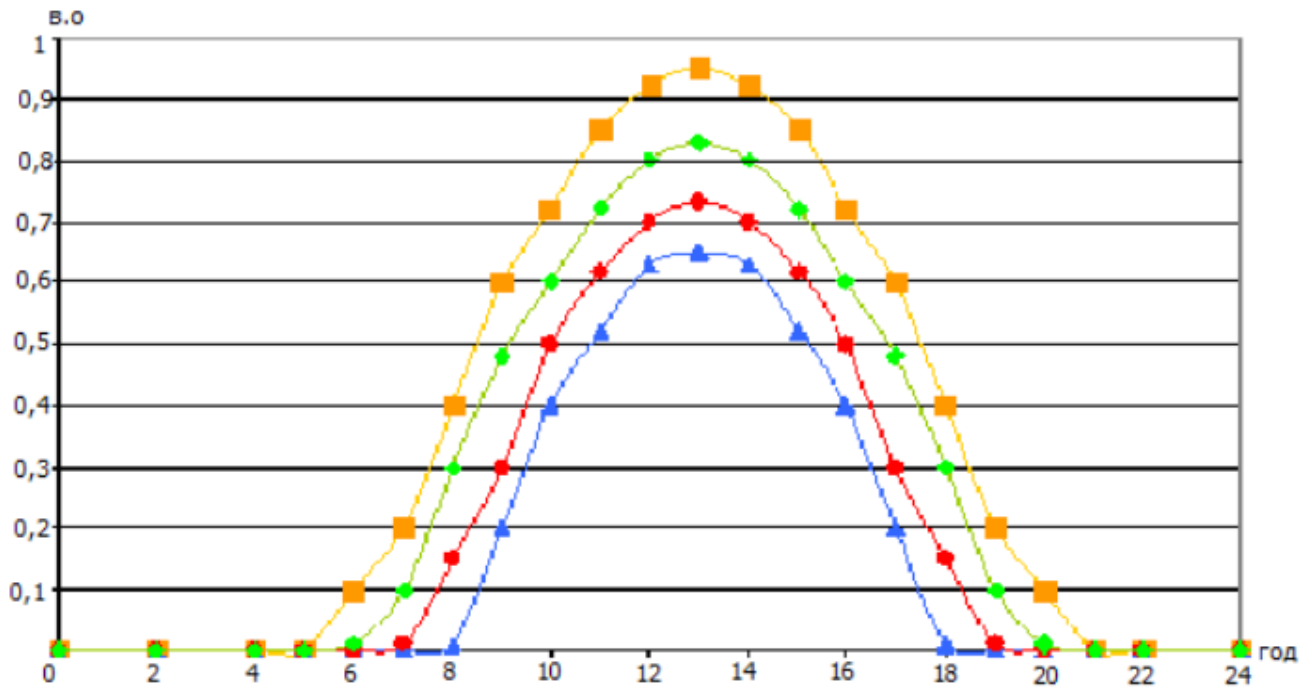


Рисунок 3.6 - Динаміка імітаційного моделювання реактивної потужності на статорній обмотці генератора вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

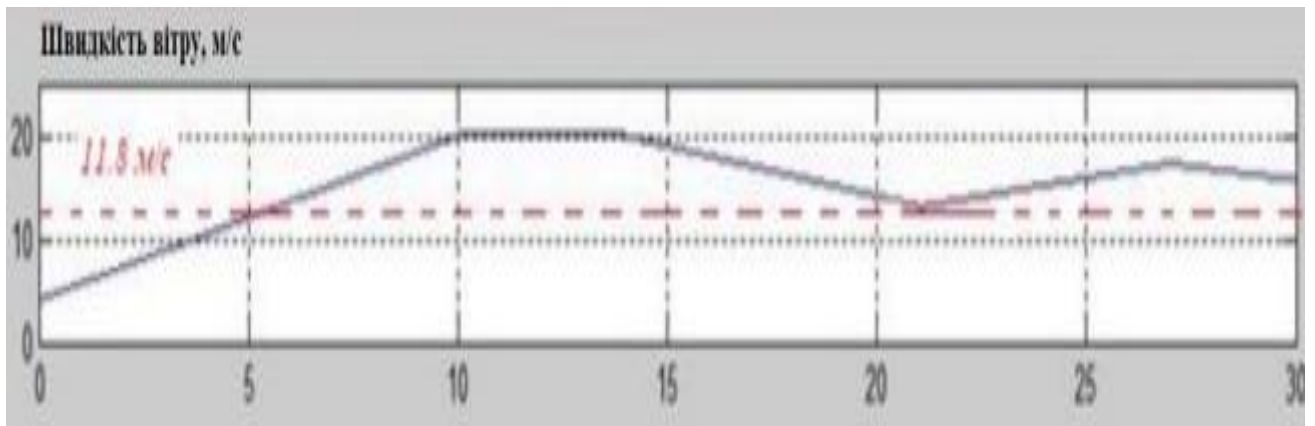


Рисунок 3.7 - Динаміка імітаційного моделювання швидкості вітру, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

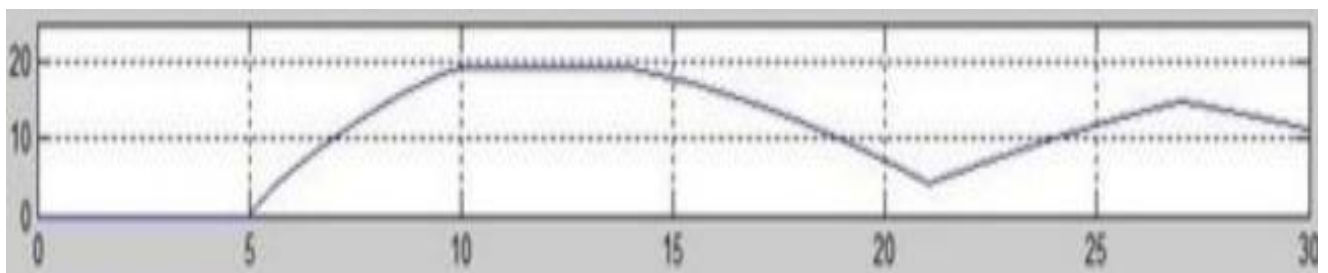


Рисунок 3.8 - Динаміка імітаційного швидкості генератора вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

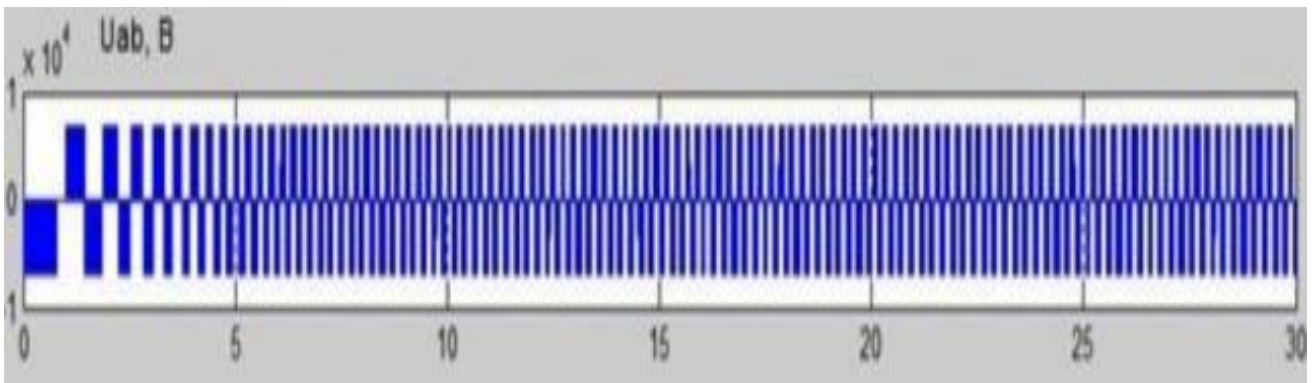


Рисунок 3.9 - Динаміка імітаційного моделювання напруги на статорній обмотці генератора вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

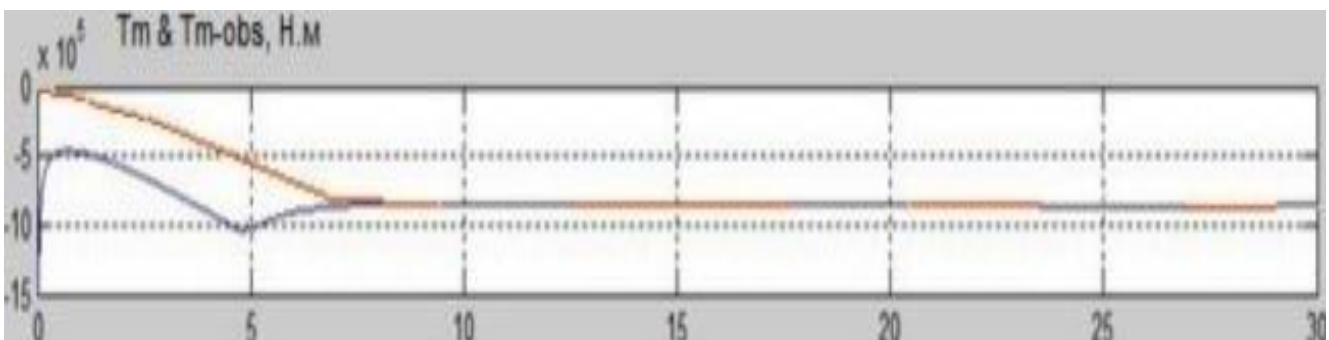


Рисунок 3.10 - Динаміка імітаційного моделювання моменту вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням.

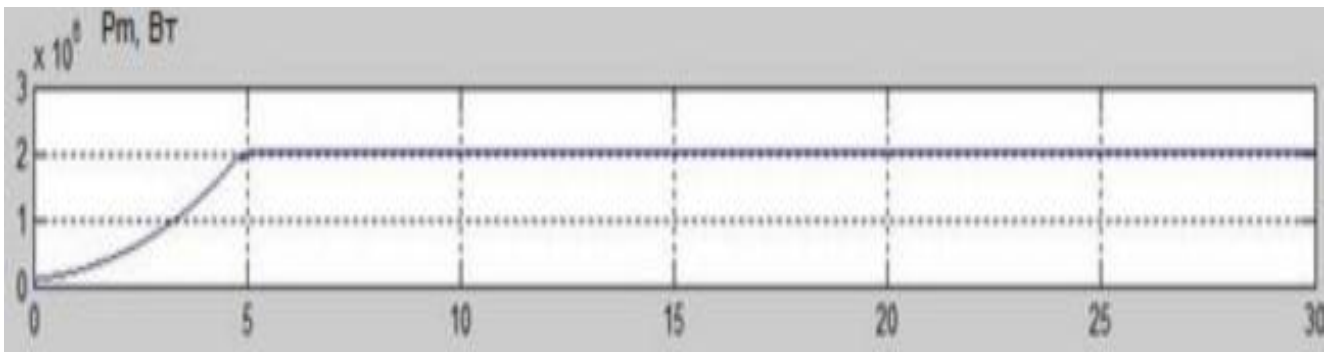


Рисунок 3.11 - Динаміка імітаційного моделювання потужності вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

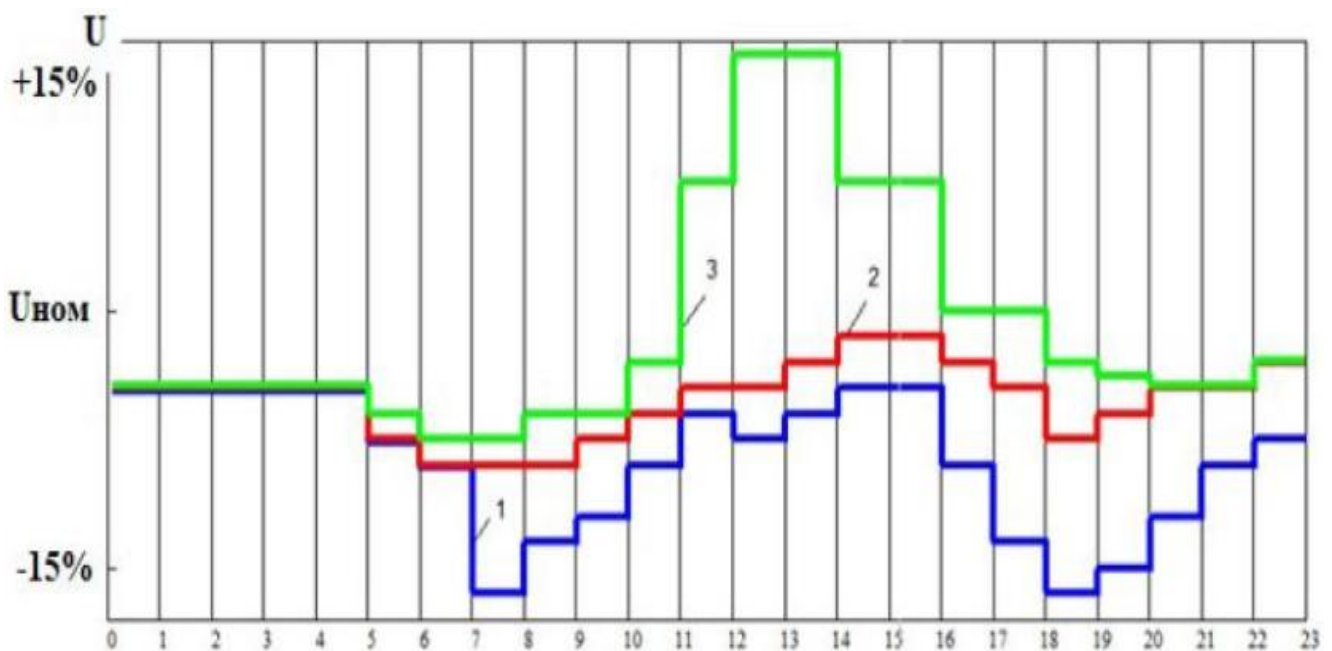


Рисунок 3.12 - Динаміка імітаційного моделювання напруги на роторній обмотці генератора вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

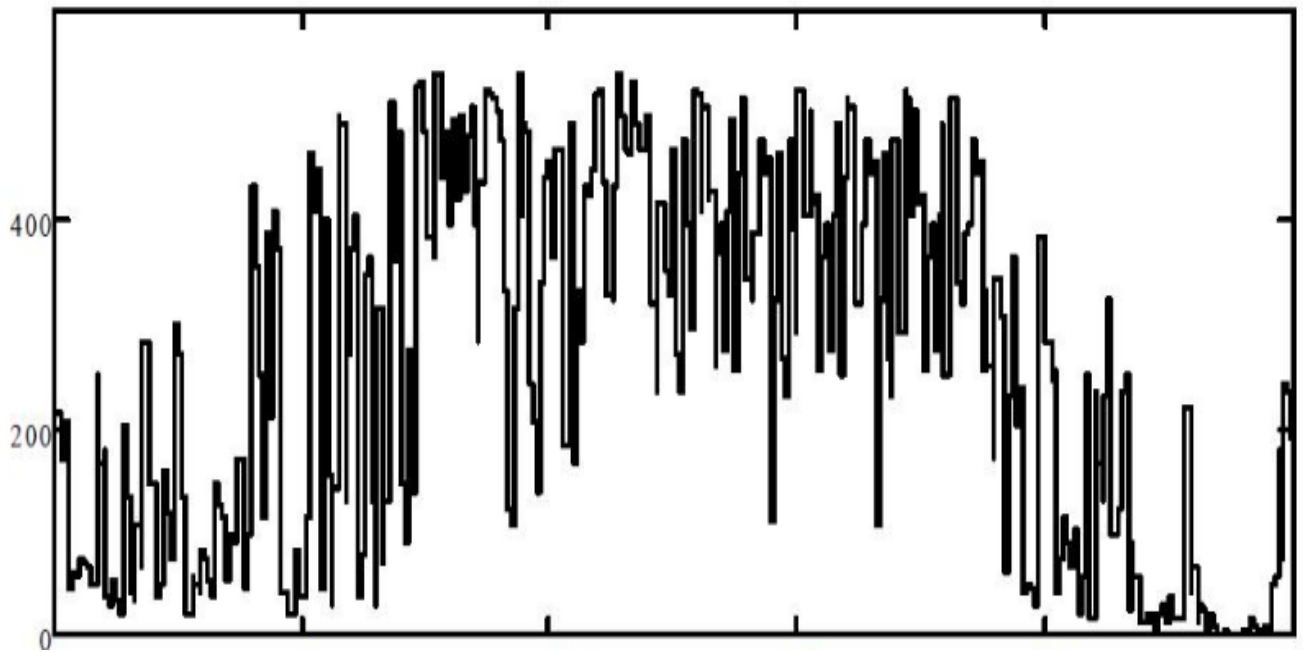


Рисунок 3.13 - Динаміка імітаційного моделювання струму у роторній обмотці генератору вітрогенераторної установки, що дозволить виявити параметри вітрогенераторної установки які необхідно контролювати при її роботі з навантаженням

Висновки до 3 розділу

Системи стабілізації параметрів генерації відповідно мережі живлення мають враховувати як параметри напруги живлення так й параметри струмового навантаження.

Останнє зручно розраховувати виходячи з показників споживаної потужності.

При цьому слід враховувати як активна так й реактивне навантаження електричної мережі.

Слід зазначити, що саме реактивна складова потужності має суттєвий вплив на стабільність напруги живлення.

Тому при роботі слід враховувати не тільки активну але й реактивну потужність.

При використанні відновлювального джерела електричної енергії не останню роль відіграє баланс цих двох важливих компонентів у мережі живлення.

Сучасні електроенергетичні системи, що містять у якості резервуючого джерело відновлювальної енергії з вітрогенератором у своєму складі має містити контролери споживання та генерації активної та реактивної енергії як джерела так й навантаження, що воно забезпечує живленням на протязі усього часу роботи.

Тому для підвищення ефективності вітрогенераторних установок є доцільним дослідження оптимальної за відбором максимальної електричної потужності системи керування вітрогенераторною установкою з реалізацією слідкуючої функції.

Для реалізації такої системи розглядається можлива структура вітрогенераторної установки.

За базисну обирається структура що містить асинхронний генератор у своєму складі.

Це вибагливий елемент, що потребує додаткових розрахунків та налагодження електричної системи.

Для перевірки правильності налагодження й роботи складної системи на практиці використовується імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання режимів роботи вітрогенераторної установки з асинхронізованою турбіною дозволяє визначити параметри щодо максимального відбору потужності при суттєвій зміні швидкості вітрового потоку.

ВИСНОВКИ

У роботі розглянута електромеханічна система вітрогенераторної установки.

У першому розділі розглянуто об'єкти відновлювальної енергетики в Україні та показано основні напрямки їх розвитку.

Також досліджено структуру вітроенергетичної установки та можливості її інтеграції у систему електропостачання.

У другому розділі досліджено схемні рішення приєднання вітроенергетичної установки до системи електропостачання, і визначено параметри системи управління.

Також розглянуто вплив вітроенергетичної системи на стійкість мережі живлення.

У третьому розділі розроблено модель вітроенергетичної установки та досліджено режими її роботи.

Показано можливості генерації вітроенергетичної установки з врахуванням зміни навантаження та сили вітрового потоку.

Отримано характеристики вітроенергетичної установки відповідно до згенерованої потужності.

Розроблено заходи щодо стабілізації вихідної напруги у залежності від струму навантаження.