

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження особливостей керування
генерацією активної потужності відновлювальних
джерел енергії»

Виконав

(підпис)

Закревський І.А.
(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-2м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Чепіжний А.В.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«_____» _____ 202__ року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Закревський Ігор Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження особливостей керування генерацією активної потужності відновлювальних джерел енергії

керівник роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» __ 02 __ 2024 р. № 572/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» __ 11 __ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи показники з роботи відновлювальних джерел енергії, технічні характеристики обладнання, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, постанови про забезпечення якості електричної енергії.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ.

1 Визначення масштабу використання ВДЕ в Україні.

2 Особливості виконання математичного моделювання основного процесу.

3 Результати проведення моделювання основних процесів.

4 Охорона праці.

5 Економічне обґрунтування.

Висновки та пропозиції.

Список використаної літератури.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 14.10.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 21.10.2024 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 28.10.2024 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Закревський І.А.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

_____ (Чепіжний А.В.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дослідження особливостей керування генерацією активної потужності відновлювальних джерел енергії. Магістерська робота / Закревський Ігор Анатолійович – Суми: СНАУ, 2024 р. – 41 с.

В роботі наведено особливості організації підключення сонячної електростанції та вітроелектро установки. Та наведено основні схеми виконання підключення. Наведено також особливості реалізації підключення до електричних мереж.

Проведено математичне моделювання особливостей керування генерацією електроенергією та вибрано метод для проведення аналізу.

Виконано моделювання процесу керування генерацією електроенергією. Та наведено основні залежності.

Наведено заходи з охорони праці та проведено економічну оцінку від впровадження вітроелектроустановки

Ключові слова: генерація, вітроустановка, сонячна електростанція, підключення, моделювання, процеси, електроенергія.

Іл. 17

Табл. 6

Бібл. 21

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ВИЗНАЧЕННЯ МАСШТАБУ ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ В УКРАЇНІ.....	7
1.1 Визначення особливостей реалізації підключення до електричних мереж АДЕ.....	7
1.2 Організація підключення та керування СЕС.....	8
1.3 Організація підключення та керування ВЕС.....	14
Висновки до розділу.....	18
2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНОГО ПРОЦЕСУ.....	19
2.1 Особливості вибору методу для вирішення питання керування генерацією електроенергії.....	19
2.2 Особливості вибору методу для проведення аналізу.....	23
Висновки до розділу.....	24
3 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ.....	25
3.1 Загальні принципи організації комп'ютерного моделювання.....	25
3.2 Побудова необхідних залежностей для підвищення точності.....	29
Висновки до розділу.....	32
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	33
Висновки до розділу.....	35
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	36
5.1 Розрахунок витрат на експлуатацію вітроелектричної станції.....	36
5.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження вітроелектричної станції.....	38
Висновки до розділу.....	39
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток та збільшення числа різноманітних відновлювальних джерел енергії дозволяє в значній мірі отримати максимальне підвищення в плані генерації навантаження в електричну мережу. При цьому по потужності спостерігається використання та побудова в більшій кількості малих джерел енергії, що фактично не мають систем контролю за генеруванням, що є ефективною. Великі ВДЕ в свою чергу мають необхідні потужності та всі системи забезпечення необхідного контролю.

Виходячи зі значною кількості ВДЕ в цілому по Україні виникає тенденція до одночасного генерування ними потужності з подальшим викидом енергії в мережу. Результатом подібних викидів є зниження якісних показників електричної енергії з впливом на споживачів.

Виходячи з цього необхідною умовою є здійснення контролю за генерацією навантаження для всіх без виключення ВДЕ. Результатом є вибір необхідного механізму, що можливо використовувати в подібних умовах. А отже робота є актуальною особливо за умови бурхливого розвитку ВДЕ.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є визначення основних можливостей виконання керування генерацією потужності в електричній мережі, що отримана від ВДЕ.

Для проведення дослідження нами пропонується вирішити наступні задачі:

1. Визначити основні схеми приєднання до електричних мереж.
2. Провести аналіз особливостей реалізації системи контролю.
3. Запропонувати методи та засоби виконання автоматизованого контролю.
4. Визначитись з основними параметрами впливу на генерацію потужності для підвищення точності роботи системи

Об'єктом дослідження в роботі є ВДЕ, що здійснюють генерацію потужності в електричну мережу.

Предметом дослідження в роботі є параметри ВДЕ, відповідно до яких можна виконувати контроль за генерацією потужностей для мережі.

Методи дослідження. В роботі використовувались різні стохастичні та графічні методи для отримання точності визначення основних параметрів системи керування.

Практичне значення отриманих результатів полягає в визначенні основних систем для здійснення контролю за генерацією потужності в електричних мережах.

1 ВИЗНАЧЕННЯ МАСШТАБУ ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ В УКРАЇНІ

На сьогодні основними типами відновлювальних джерел в Україні є фактично сонячна енергія, енергія вітру та гідроенергетика. Додатково необхідно вказати на використання біогазу в сучасних тваринницьких комплексах. Але використання біогазових установок має не значне розповсюдження, а отже не планується нами до розгляду.

Гідроенергетика також не планується до розгляду через незначну її розповсюдженість та в кінцевому випадку через її синхронізацію з традиційною енергетикою де відповідний контроль проводиться підприємствами енергетичного комплексу.

Більш цікава ситуація з генерацією, що виникає від використання вітроустановок та від сонячної енергетики. Отже пропонується виконати врахування саме їх для подальшого аналізу. Для подальшого використання замінимо їх на термін альтернативні джерела енергії (АДЕ) оскільки термін відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) охоплює значно більший їх перелік ніж ми плануємо розглядати.

1.1 Визначення особливостей реалізації підключення до електричних мереж АДЕ

Швидке збільшення частини АДЕ в енергетиці, показує енергетичну сучасність Україні. Перевага такого направлення в енергетиці одразу помітна. Але під час збільшення потужностей в установках розподіляється на генерацію явних явищах. Важливішим серед них є збільшений рівень різної напруги в розподільних мережах у потужності зворотнього потоку.

Під час користування різними джерелами електроенергії за помічається зменшення нерівномірності при виявленні енергії. Ця система є кращою якщо порівнювати з АДЕ яка може працювати від одного ресурсного типу.

Подвійна електрична система з поновлюванням електроенергії підпорядковує до себе ланцюг джерел електричної енергії, що будуть

працювати в парі. Графік роботи визначається двома системами – перша сторона нинішня необхідність в енергетиці, з другої сторони це можливість подавати енергію. Генерація керується здійсненням лишніх джерел енергії що відновлюється та включені до складу КЕЕС, є змога змінювати її графік, змінюючи як її вартість за використану енергію а також показниками якості за енергію.

Для нашої країни найкращим вибором по користуванню АДЕ є вітрова та сонячна енергії, що вже було зазначено вище. Відповідно такого принципу виробітку енергії завдяки АЕД припадає на СЕ та ВЕ. Менші обсяги припадають на біогазове виробництво електроенергії, тому що для таких ресурсів потрібне біопаливо. Такий вид енергії найчастіше використовують у аграрному комплексі, де такий матеріал знаходиться майже відходами.

Взявши це до уваги можна зробити висновок, що для України більш вигідно буде використання КЕЕС які є на основі сонця та вітру. Тож саме для даних установок продовжимо роботи з розгляду особливостей керування ними.

1.2 Організація підключення та керування СЕС

Сонячні електростанції це установка яка генерує енергію при прямому попаданні сонячних промінів на панелі. Загальна схема для забезпечення функціонування такого типу установок наведена на рисунку 1.1. Даний тип установок працює фактично паралельно з нею при підключення до мережі.

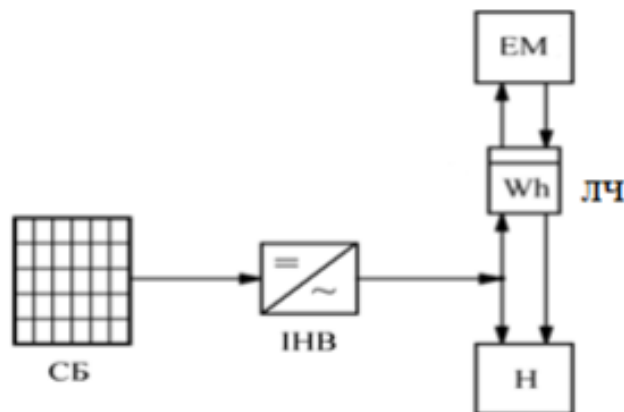


Рисунок 1.1 – Загальна схема організації роботи та підключення сонячної установки до мережі

В особливості будови СЕС входять певна кількість елементів. Основними з яких є сонячні панелі, інвертор. Оскільки дана СЕС є електростанцією мережевого типу то потрібно враховувати, що вона одразу підключається до мережі і віддає всю електроенергію. Накопичення електроенергії не відбувається в такому типі СЕС.

Працює дана сонячна електростанція наступним чином. Сонячні панелі генерують певну кількість постійного струму, величина якого доволі сильно залежить від погодних умов та особливостей розміщення даного типу електростанції.

Для визначення потужності даної електростанції необхідно скористатись виразом:

$$P_{СП} = N_{series} \cdot N_{paralel} \cdot U_{xx} \cdot I_{КЗ} \cdot F_{\phi} \quad (1.1)$$

де N_{series} – чисельність фотоелементів, що з'єднані послідовно;

$N_{paralel}$ – чисельність елементів, що з'єднані паралельно;

U_{xx} – величина для напруги при холостому ході;

$I_{КЗ}$ – величина струмів виникнення КЗ;

F_{ϕ} – ВАХ для фотоелементів панелі.

Додатково необхідно проводити коригування даної формули відповідно до обраної кількості сонячних панелей та їх параметрів по продуктивності. А продуктивність їх доволі сильно залежить від типу кристалів, що використовуються в сонячних панелях.

Іншим елементом СЕС є інвертор. Це доволі складний електронний пристрій, що виконує важливе завдання по реалізації перетворення постійного струму від панелей в змінний. При цьому даний пристрій повинен бути доволі швидким та відповідати всім вимогам, що надаються з боку іншого обладнання.

На сьогодні існує фактично ціла класифікація різноманітних інверторів, що наведена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Загальна класифікація для інверторів

Відповідно до даної класифікації дані пристрої поділяються відповідно до функціоналу, призначення та типом сигналу. Вибір інвертора полягає першочергово в виборі типу електростанції. А інші показники фактично впливають в меншій послідовності.

Необхідно вказати, що автономні інвертори взагалі не працюють з електричними мережами, а отже брати їх для проведення аналізу підключення до мережі не має сенсу. При цьому дані СЕС акумулюють всі отриману електроенергію в акумуляторах.

Більш складними інверторами є відповідно гібридні інвертори. Вони фактично використовуються на більшості електростанцій, оскільки вони налаштовані для продажу електроенергії під потреби зеленого тарифу. Подібна функція може реалізуватись з використанням акумуляторних батарей та підключенням до загальної мережі електропостачання.

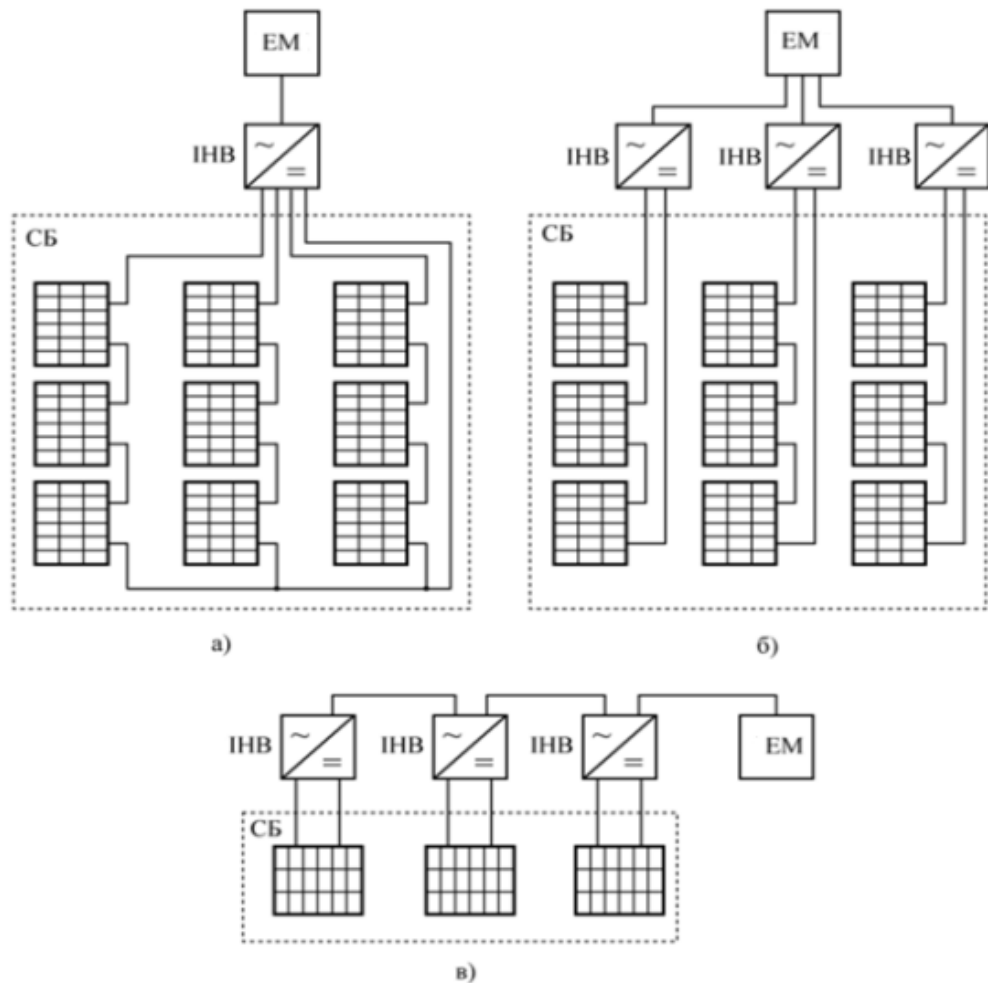
Можна використовувати при цьому додатково електроенергію з мережі для проведення заряджання батарей чи загального живлення об'єкту в результаті відсутньої достатньої генерації. Батареї при цьому надають певної незалежності від енергетичної мережі, хоча і на певний незначний часовий проміжок.

Основною особливістю виконання приєднання до мережі є забезпечення інвертора можливістю генерувати сигнал електроенергії

подібний до мережі. Обов'язковим параметром є забезпечення необхідної частоти та напруги, а також відсутність їх коливання.

Потужність СЕС напряму залежить від кількості встановлених сонячних панелей. При цьому потрібно також враховувати і особливості виборі іншого обладнання електростанції за параметром потужності.

Всі схеми приєднання до електричної мережі фактично регламентуються вибором типу інвертора. Також всі вони мають свої переваги та недоліки. Для розгляду основних схем приєднання СЕС до мережі наведено рисунок 1.3.



а – схема виконання приєднання з використанням центрального інвертора;

б - схема виконання приєднання з використанням стрінг інвертора;

в - схема виконання приєднання з використанням мікроінвертора.

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд основних схем приєднання СЕС до електричної мережі

Виходячи з наведеного на рисунку 1.3 бачимо, що на сьогодні використовуються фактично 3 схеми підключення.

Найбільш розповсюдженою є схема з центральним інвертором, при якій вся потужність фактично додається в одне значення і передається до інвертора. Вихід інвертора виконується відповідно підключенням до шин мережі.

Основними перевагами даного типу приєднання є доволі невелика її вартість по відношенню до величини потужності, а також простота конструктивного виконання.

Основними недоліками є значні перепади постійної напруги та її втрати, а також доволі велика протяжність кабелів постійного струму. Але більше проблем виникає з надійністю та гнучкістю даної системи і як результат велике зниження ефективності даної системи особливо при використанні акумуляторів.

Вирішення питання пов'язаного з використанням одного інвертора дає можливість інша схема приєднання з застосуванням мікроінверторів. При цьому мікроінвертори встановлюються на кожен групу сонячних панелей чи на кожен панель окремо. В результаті вирішується питання затінення частини СЕС, а отже гнучкості та стабільності. Як результат значно підвищується загальний показник її ефективності.

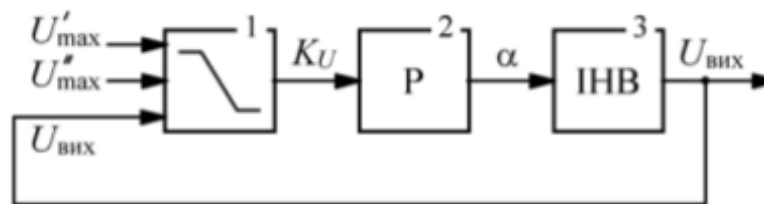
На жаль дана схема є доволі дорогою для реалізації, що в деяких випадках не дає бажаного ефекту від її використання. Додатково проблеми виникають при проведенні обслуговування подібних СЕС адже величезна кількість контролерів потребує великих затрат по часовим проміжкам. В результаті цього навіть економічна доцільність їх використання може стояти під питанням.

Останньою схемою підключення є використання стрінг інверторів. Дана схема на відміну від всіх інших дає можливість підключення до кожного окремого інвертора певної групи панелей. Це фактично є певного роду середній варіант між двома попередніми. При цьому він частково вирішує всі вищенаведені питання реалізації підключення до мережі.

Результатом подібного аналізу є ефективність використання саме стрінг інверторів при створенні більш потужних СЕС. Необхідно зазначити, що в порівнянні з схемою з одним інвертором подорожчання даного типу СЕС відбувається рівним чином на кількість інверторів, що використовується в загальній схемі.

Виходячи з вищенаведеного головним елементом для виконання приєднання до комбінованої мережі є використання інверторів мережевого типу, що генерує промисловий струм передаючи його одразу в електричну мережу. Для сучасних комбінованих систем доволі часто використовують різного роду системи керування, що враховують режим генерації та режим споживання, контроль за основними параметрами електромережі.

В більшості СЕС сьогодні використовують структурну схему керування, що є автоматизованою та забезпечує особливості зворотних зв'язків (рис. 1.4).



1 – блок підсилення;

2 – блок перетворення;

3 – інвертор.

Рисунок 1.4 – Структурна схема системи керування з забезпеченням зворотного зв'язку

Дана схема першочергово виконує контроль за різними значеннями напруги, а особливо вихідної і за умови її перевищення здійснює її обмеження на рівні генерації. Також враховується особливості максимальної напруги для проведення аналізу.

Величина рівня обмеження враховується коефіцієнтом K_U та величиною шпаруватості для інвертора. Підсилення всіх сигналів виконується фактично з застосуванням підсилювального блоку.

В результаті даного аналізу можна фактично виконати врахування основної роботи, що проходить наступним чином. Вимірний сигнал від вихідної напруги порівнюється з максимальним його значенням і в результаті значного перевищення відбувається його обмеження. За умови нормальної величини сигналу напруга пропускається в електричну мережу.

1.3 Організація підключення та керування ВЕС

Роботу ВЕС показує перетворення енергії кінетики вітрового потоку до енергії механічного обгорткування вітроколеса, яке доєднується до ротора електричного генератора, де далі вона переводиться до електричної енергії. Сила ВЕС позначена виразом:

$$P_{\text{ВЕС}} = \frac{1}{2} \rho_{\text{п}} \pi R^2 u^3 C_p(\lambda) \eta_{\text{мп}} \eta_{\text{ег}} \quad (1.1)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – величина густини повітряного потоку;

R – значення радіусу колеса вітряка;

u – швидкість потоку вітру;

$C_p(\lambda)$ – коефіцієнт, що враховує потужність для вітроколеса;

$\eta_{\text{мп}}, \eta_{\text{ег}}$ – значення ККД відповідно механічного та електрогенераторного.

Позначка коефіцієнта потенціалу C_p може бути залежне від швидкості обертання вітряного колеса λ , яке має означку відповідності до швидкості лінійного значення закінчень лопасті у відношенні до швидкості пориву повітря. Конструктивні види мають свої чіткі залежності вітроколеса $C_p(\lambda)$ що має велике значення при швидкопрохідних значеннях. При такому розкладі підбір потенціалу від потоку повітря буде найвищим.

АДЕ можливо використовувати в складі автономних мереж, а також одночасно працювати електричною мережею у складі комбінованих систем. В той же час це відбувається як і у нагоді з СЕ, головна умова щоб опції

електричної енергії (частота, скачки напруги та ін.) які мають генерацію з ВЕ обов'язково повинні мати схожість зі своїми показниками електромереж.

До основного фактору ефективності у використанні вітрового енергетичного джерела має бути доречність швидкості вітрового потоку та повторенням обертання свого вітроколеса перехід пориву швидкості повітряного потоку має відповідати великому діапазону перетворення сили обгортання валу електричного генератора. Така залежність регулюється кількістю швидкого ходу, яка спрямована до інструкцій вітрового колеса. Варіантом може бути підтримка постійної частоти обгортання ротора електричного генератора. У такому випадку велика частка енергії вітру буде невикористаною, це не збільшує ефективність такої установки. При цьому головною умовою для електрогенератора є легко доступність до заміни діапазону швидкості обгортання до умови спільних параметрів електроенергії яка виробляється до певних мереж.

Порядок доєднання ВЕС до електричної мережі може бути іншим, все залежить від виду електрогенератора. На рисунку 1.5 показано найпопулярніші порядки доєднання ВЕС до електромережі.

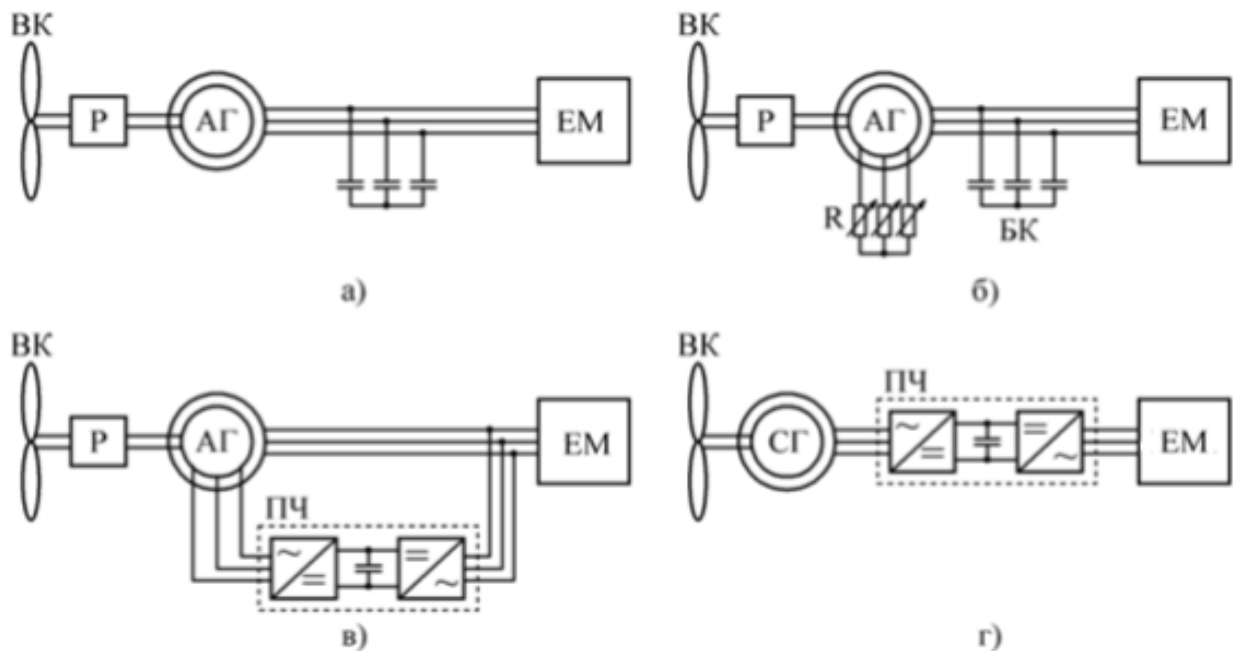


Рисунок 1.5 – Загальні схеми проведення приєднань вітроустановок до електромережі

На рисунку 1.5 ми бачимо порядок доєднання ВЕС, який складений з вітряного турбінного циліндру та несинхронного генератора з мало замкненим ротором, який напругу доєднаний до електричної мережі. Обсяг інтенсивності несинхронного генератора, яким користується ВЕС може вкладати в себе від десятків кВт до декількох МВт. Основними плюсами такого порядку з'єднання є відносно мала вартість, легкість у використанні, та компактні розміри.

Але в таких видах є свої недоліки, вони набагато створюють труднощі з керуванням параметрів режимами (чисельність та величина напруги), які потрібні при сильних змінах вітрового потоку для вітроколеса, та при різких змінах навантаження на мережу.

Гарна пропозиція є у використанні ВЕС несинхронного генератора зі змінним опором та фазою. Такий порядок вказаний на схемі (рис. 1.5, б).

Вітрові турбінні циліндри такого типу обладнана схемою управління рухання кількості обертань роторного генератора. Ця схема дозволить малочасно дотримувати ту міцність генерації електрики в мережу поряд до його нормального показника при різних змінах швидкості перекруту вітрового колеса.

Основною схемою приєднання до мережі вітряків в основному полягає в використанні синхронних генераторів з роботою їх в загальній комбінованій схемі. При цьому даний тип схем передбачає фактично доволі легке регулювання параметрів напруги. Дані генератори можуть також генерувати і реактивну складову потужності.

Використання подібних генераторів потребує доволі великих вимог, особливо по частоті обертання його роторної частини. Подібний недолік усувається використанням тихохідних синхронних генераторів (рис. 1.5, г).

Мінусом такої схеми є доволі мала потужність генерування, а отже це значно обмежує сферу його використання.

Для забезпечення основних особливостей керування установкою ВЕС використовують системи наведені на рисунку 1.6.

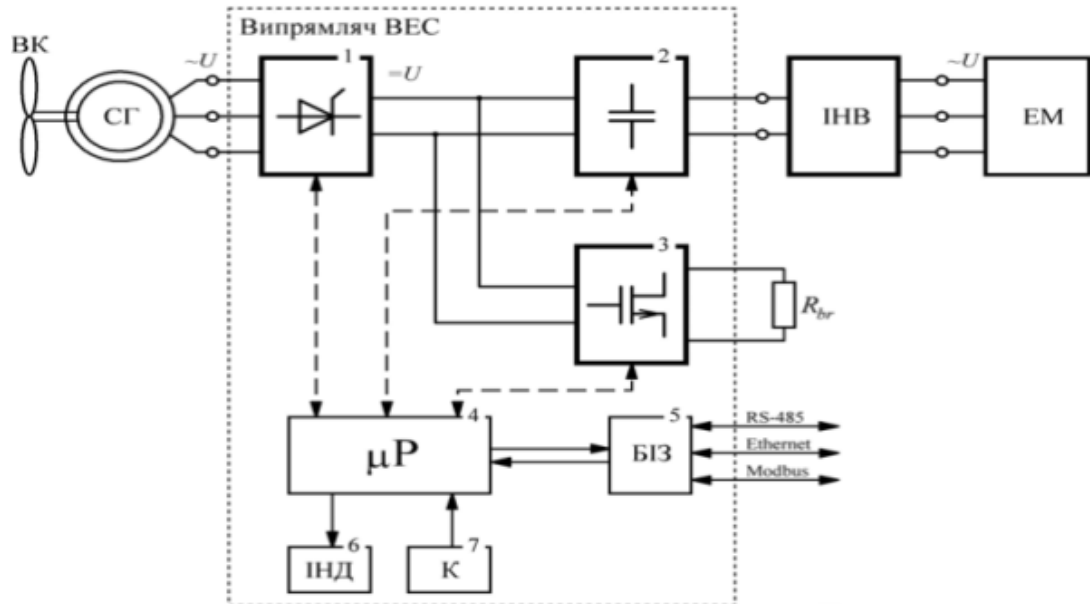


Рисунок 1.6 – Система керування ВЕС установками з використанням випрямлячів

Дана схема керування вітроустановкою може забезпечувати обмеження по величині потужності, захист основного обладнання, генерацію різних потужностей. При цьому загальна реалізація схеми системи керування попередньо схожа з установками для сонячних панелей та наведена на рисунку 1.7.

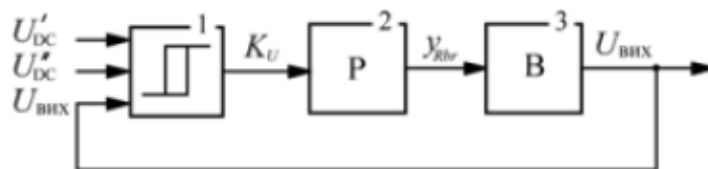


Рисунок 1.7 – Загальна схема керування ВЕС з використанням зворотних зв'язків

Як зазначалось вище принцип роботи даної системи керування, що є автоматизованої з можливістю використання зворотного зв'язку працює подібним чином до системи для СЕС.

Але основним недоліком в даній системі є неможливість виконання її в якості комбінованої системи для зв'язку з електричною мережею. Даний показник фактично є доволі суттєвим при можливості виконання врегулювання даного питання для галузі енергетики певного регіону. При

цьому в якості окремого джерела для об'єкту даний варіант керування в повній мірі підходить.

Висновки до розділу

Виходячи з того, що основними типами ВДЕ є сонячна енергія та вітрова то доцільно проводити дослідження саме для даного типу АДЕ. Додатково вказано на основні переваги та недоліки різних систем підключення з вибором найбільш доцільної для обраних типів джерел енергії.

Оскільки системи приєднання та керування мають фактично схожий набір функціоналу з забезпеченням зв'язків то нами проаналізовано також особливості застосування систем автоматизації та реалізації керування даним об'єктами, що дає можливість комплексного підходу до питання керування генерацією.

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Особливості вибору методу для вирішення питання керування генерацією електроенергії

Сьогоднішній розвиток основних АДЕ потребує вирішення питання по забезпеченню необхідного рівня генерації електроенергії а також обрання необхідного методу керування всіма процесами при їх впровадженні.

Основною проблемою АДЕ є необхідність забезпечення зворотних зв'язків для виконання всебічного контролю. При збільшенні кількості основних установок генерування потужностей спостерігається значний вплив на показники якості електроенергії.

Подібне погіршення доволі сильно постає при підключенні наприклад сонячних електростанцій великої потужності до мережі без проведення попереднього узгодження за величиною потужності. А отже в результаті може виникнути доволі великий стрибок наприклад параметру напруги. В кінці це приведе до пошкодження великої кількості електроприладів у споживачів.

Більшість АДЕ установок в основному підключаються до електромережі саме в сільській місцевості через те, що є доволі великі площі для реалізації подібних проектів з генерацією доволі великих потужностей.

Так в даному розділі пропонується розглянути особливості виконання приєднання до електричної мережі РЕМ різних типів установок ВДЕ. При цьому в даному моделюванні пропонується обрати до уваги і установки біогазові, що на ряду з вітроустановками можуть не використовуватись.

Для подільшого аналізу пропонується виконати відповідну побудову такої схеми (рис. 2.1).

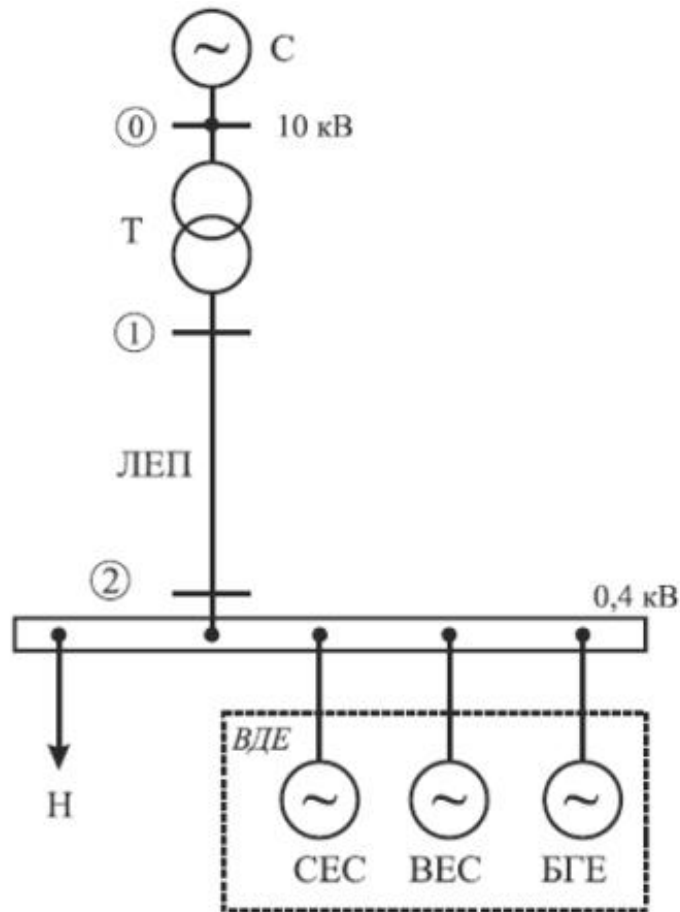


Рисунок 2.1 – Запропонована схема мережі з підключенням до неї СЕС, ВЕС та БГЕ

Відповідно до даної схеми підключення відбувається через силовий трансформатор по лініям електропередачі. До даної мережі фактично підключені три типи об'єктів можливого генерування. Слід зазначити, що використання одразу всіх трьох ВДЕ в одній схемі фактично не зустрічається але для проведення моделювання пропонується провести потрібні розрахунки.

Наступним кроком є вибір автоматизованих систем для виконання керування основних процесів. Для подібного аналізу використовується схема керування, що є дворівневою та враховує всі особливості загальної комбінованої системи. При цьому вони фактично поділяються на два рівні за автоматизацією процесів (рис. 2.2).

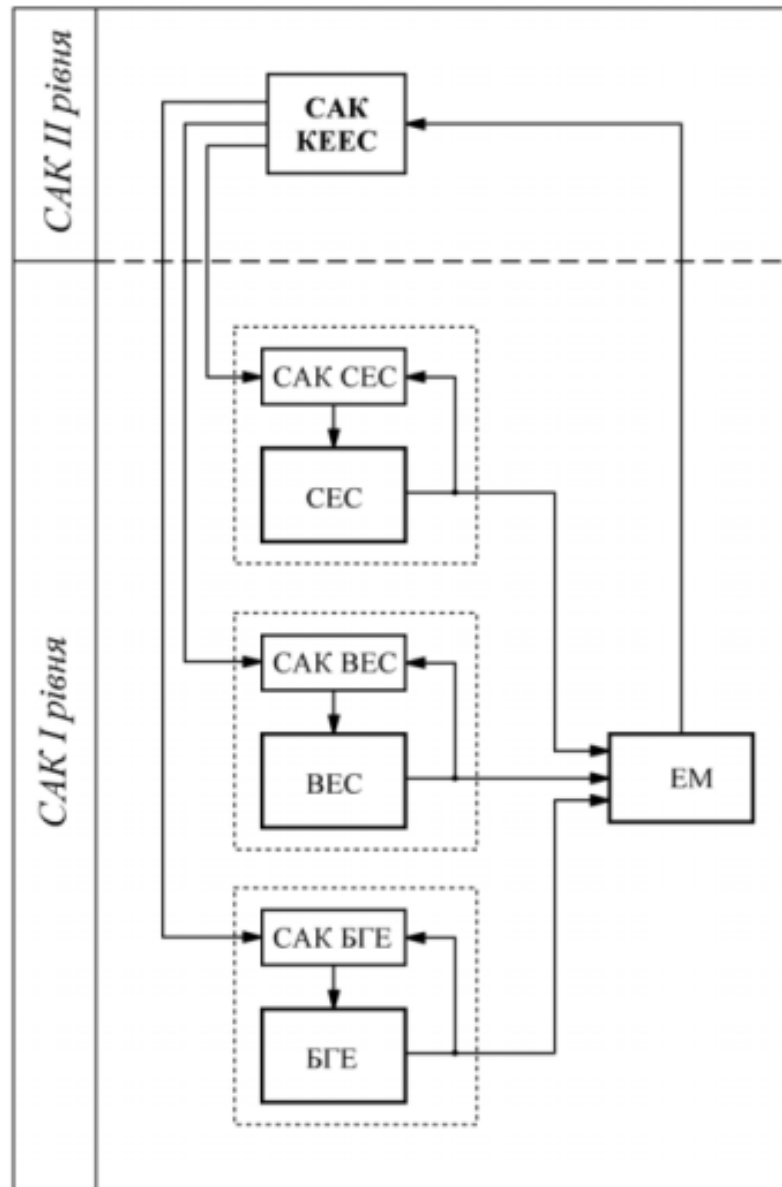


Рисунок 2.2 – Загальний принцип роботи системи керування різними ВДЕ в Україні

Так відповідно до рисунку система керування для першого рівня є системою, що враховує автоматичне керування процесом генерації активної складової потужності. При цьому дане керування виконується одразу для всіх типів установок ВДЕ, що можуть використовуватись в генеруванні електроенергії.

Основною метою здійснення такого рівневого керування є необхідність забезпечення ефективності роботи кожного елемента ВДЕ максимальними параметрами по виробітку електроенергії. Так вдається

зберігати максимальну потужність установок незалежно від погодних умов, забрудненості, освітленості, чи інших параметрів.

Всі ці системи керування в результаті підпорядковуються центральній системі, яка фактично виконує кінцевий контроль за всіма параметрами та необхідним рівнем генерації.

Відповідно центральна система керування є системою другого рівня. Дана система виконує загальне керування з врахуванням вже основних особливостей та потреб електричної мережі. При цьому саме на даному рівні виконується регулювання по величині напруги, гармоніці чи іншим показникам електричної мережі. Також обов'язковою умовою є врахування основних частот мережі адже це може призвести до погіршення показників якості електроенергії саме на мережевому рівні.

При цьому система друго рівня виконує контроль по цим параметрам та додатково не дає можливості по перерозподілу енергії між ВДЕ в одній електромережі.

Виходячи з наведеного необхідною умовою подальшого проведення дослідження є виконання основних методів та різних технічних засобів для здійснення автоматизованого керування загальною системою мережі (рис. 2.1).

Так у вузлі виконання підключення понижаючого трансформатору зберігається номінальне значення напруги. Таке можна спостерігати за умови зустрічного регулювання величини напруги для кожного елемента мережі. У вузлах 1 та 2 спостерігається визначення рівня напруги за величиною визначеною при режимі потужності. При цьому такий режим повинен бути забезпечений вузлом 2. В результаті виникає можливість виділення фактично двох режимів роботи мережі.

Першим режимом є режим споживання електроенергії, що відбувається саме з даної мережі. А також режим генерації електроенергії для мережі. При цьому відбуваються різні потоки електроенергії, що зумовлюються даними процесами. При генерації електроенергії в точці 2 спостерігається реверсивні потоки електроенергії.

2.2 Особливості вибору методу для проведення аналізу

Для вибору основного методу виконання аналізу пропонується проаналізувати найбільш поширені з них.

Одним з перших методів є метод використання головного критерію. Даний метод полягає обранні одного із критеріїв за цільову функцію. При цьому інші критерії фактично є цільовими функціями загальної системи рівнянь.

Так за головний критерій можна обрати наприклад значення доходу отриманого від виконання генерації електроенергії отримаємо систему рівнянь, що може бути записана в наступному вигляді:

$$\begin{cases} Q_1 = -\Pi(P_{\text{ген}}) \rightarrow \min; \\ Q_2 = \Delta U(P_{\text{ген}}) \leq \Delta U_{\text{max}}; \\ P_{\text{ген}} \in [P_{\text{min}} \dots P_{\text{max}}], \end{cases} \quad (2.1)$$

Основним проблемним недоліком даного методу є неможливість вибору головного критерію для проведення аналізу. При цьому всі інші критерії аналізу можуть знаходитись в протиріччі.

Наступним методом для проведення аналізу є метод лінійної доцільності згортання. Так даний метод можна використовувати за потреби в вирішенні питання моделювання за відомої відносної важливості кожного окремого критерію. Даний метод дозволяє вже проводити певну багатокритеріальну оцінку та оптимізацію загальної моделі аналізу. При цьому фактично виконується певне лінійне об'єднання загальної чисельності критеріїв.

Загальний вигляд рівняння, що описує даний критерій виглядає наступним чином:

$$\begin{cases} F_1(P_{\text{ген}}) = \sum_i^m e_i \cdot Q_i(P_{\text{ген}}) \rightarrow \min \\ P_{\text{ген}} \in [P_{\text{min}} \dots P_{\text{max}}] \end{cases} \quad (2.2)$$

де $F_1(P_{ген})$ – значення цільового параметра функції;

e_i – ваговий параметр коефіцієнту.

Основною проблемою застосування даного методу є значна складність при визначенні числових значення для параметру вагових коефіцієнтів, а також неможливість загального досягнення в конкретній точці основних критеріїв

Іншими методами для використання їх на практиці є мініаксні методи проведення аналізу. Для проведення подібного моделювання необхідною умовою є використання даного рівняння:

$$\begin{cases} F_2(P_{ген}) = \max_{i=1, \dots, m} Q_i(P_{ген}) \rightarrow \min; \\ P_{ген} \in [P_{\min} \dots P_{\max}], \end{cases} \quad (2.3)$$

Необхідно зазначити, що навіть даний метод володіє значними недоліками. Основний недолік припадає як і попередньому випадку на неможливість визначення кінцевих параметрів в конкретній точці.

Для загальної схеми побудови процесів керування генерацією необхідно проведення в кінцевому випадку моделювання на комп'ютері з використанням фактично програмного забезпечення для реалізації цих підходів та врахуванням максимального впливу на систему різних параметрів та змінних.

Висновки до розділу

Проведений аналіз основних математичних методів для визначення загальної системи керування дає можливість розуміння комплексного підходу до вирішення проблеми. При цьому основною проблемою є неможливість вибору конкретного методу вирішення задачі.

Так при складанні моделі та подальшому її генеруванні в комп'ютерному розумінні необхідно визначитись з максимальною кількістю основних складових зміни, що впливають на загальний процес реалізації системи автоматизованого керування.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1 Загальні принципи організації комп'ютерного моделювання

Для виконання процесу моделювання систем керування генерацією енергії виникає необхідність в створенні графічно-віртуальних моделей аналізу.

Початковим етапом є необхідність побудови саме структурної схеми керування процесом генерації від відновлювальних джерел, розміщених в сільській місцевості. Більшість схем системи керування фактично виконуються в блочному вигляді та можуть бути зображені в вигляді схеми (рис. 3.1)

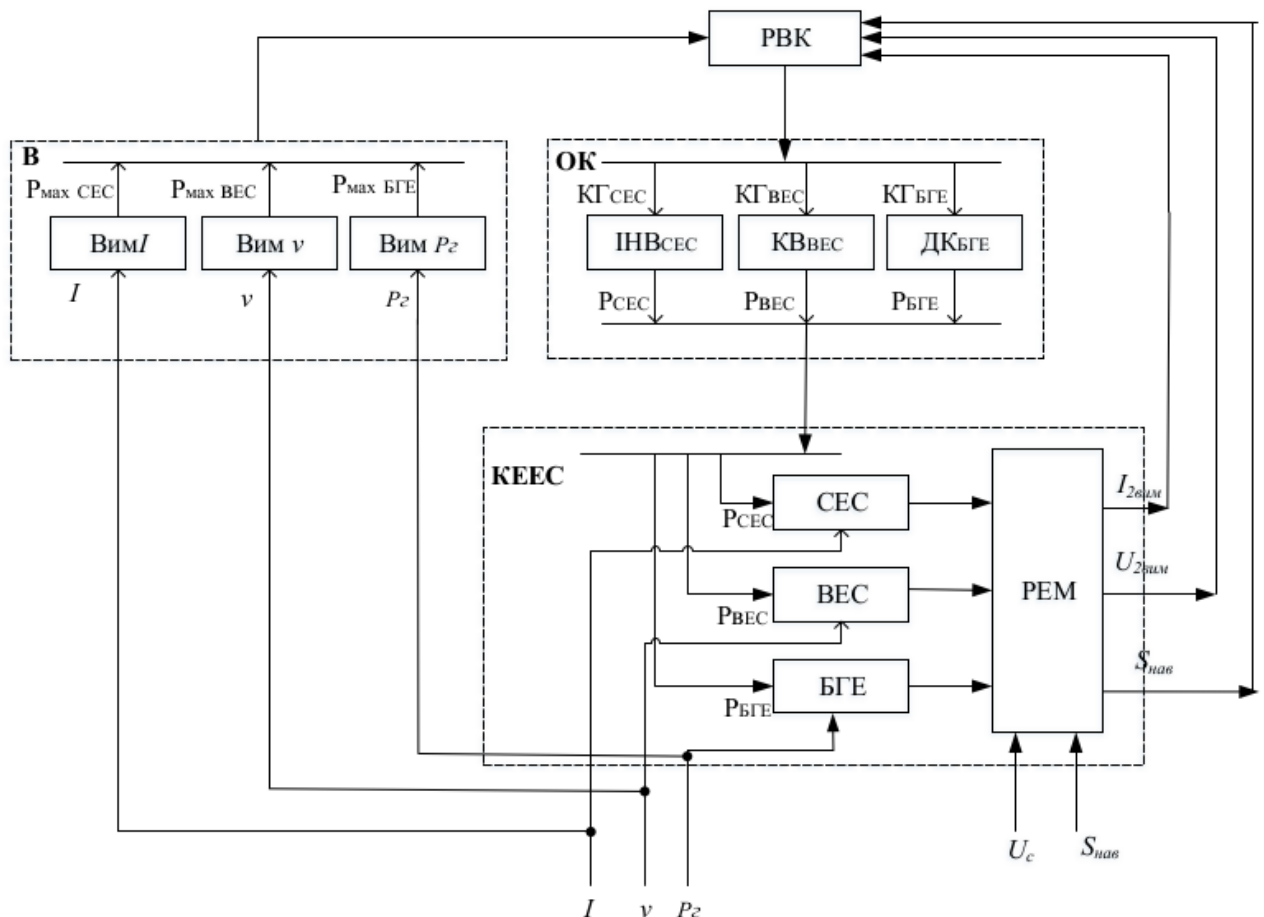


Рисунок 3.1 – Структурна схема організації процесу керування генерацією

Оскільки дана структурна схема має блочний вигляд то необхідною умовою є внесення до блоку керування всі види ВДЕ. При чому на кожен з виходів виконується подача оптимальних значень векторів для проведення керування. Дані вектори містять інформацію по потужностям генерації кожного елемента та інші параметри мережі, що є фактично поточними.

Додатково проводиться аналіз основної інформації по стану генерації та основним параметрам, наприклад інтенсивності сонця чи вітру та ін. Загальний вектор керування створюється на основі всіх вхідних значень параметру, що характеризують загально необхідне навантаження конкретного споживача.

В результаті на виході вдається отримати рівняння, що характеризує загальний вектор для здійснення керування:

$$КГ_{\text{опт}} = [КГ_{\text{СЕС}}, КГ_{\text{ВЕС}}, КГ_{\text{ВГЕ}}]. \quad (3.1)$$

Отриманий вектор дає можливість отримати можливість виконання керування потужностями всіх джерел та визначатись з потужностями в генерації, що здатна враховувати параметри мережі.

Значення розрахунку надходять до потрібних елементів в яких вже прописане максимальне значення потужності для кожної окремої установки. А далі орган виконання команд фактично виконує ініціацію наближеного до вектора значення. Для забезпечення економічних режимів виконання електропостачання розробляють алгоритми для знаходження їх оптимальних значень.

Наступним етапом після реалізації аналізу структурної схеми є перехід до комп'ютерного моделювання основних процесів. Для цього виконують створення основних моделей з врахуванням максимальної кількості параметрів в ній. До таких параметрів відносимо першочергово параметри мережі та робочі параметри кожної з установок генерації.

На основі зібраних даних проводиться виконання узагальненої моделі аналізу. Так на рисунку 3.2 нами наведено подібну схему.

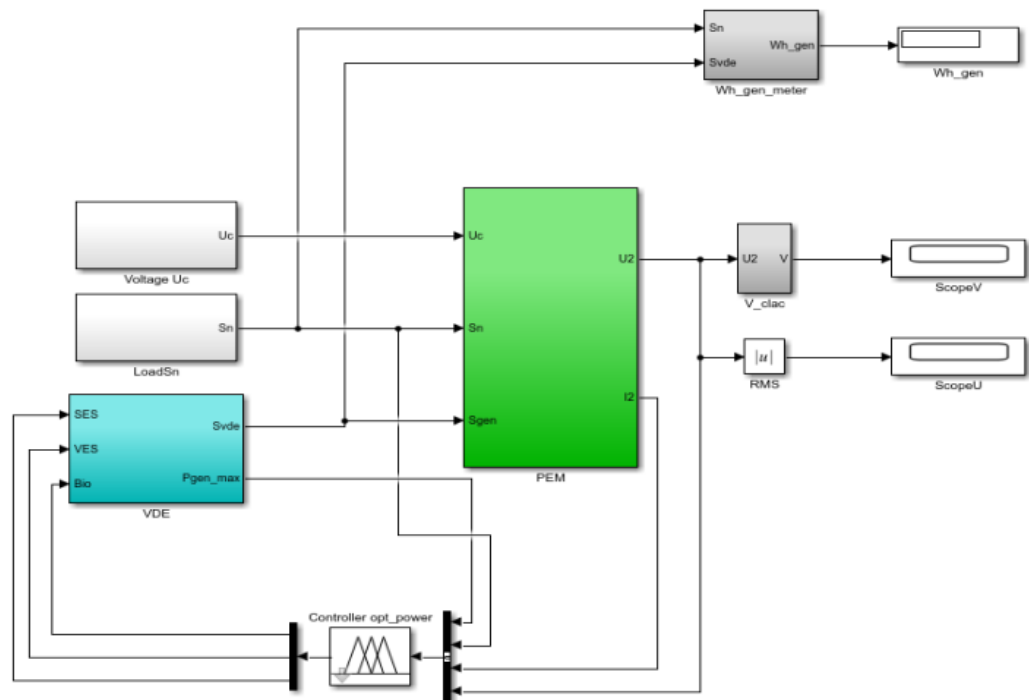


Рисунок 3.2 – Узагальнена схема проведення комп'ютерного моделювання процесу керування

Для формування інших особливостей загального процесу потрібною умовою є створення інших схем нижчого складу елементів, що дозволить врахувати етапність проведення моделювання. Так модель для блоку врахування навантаження нами розглянута на рисунку 3.3.

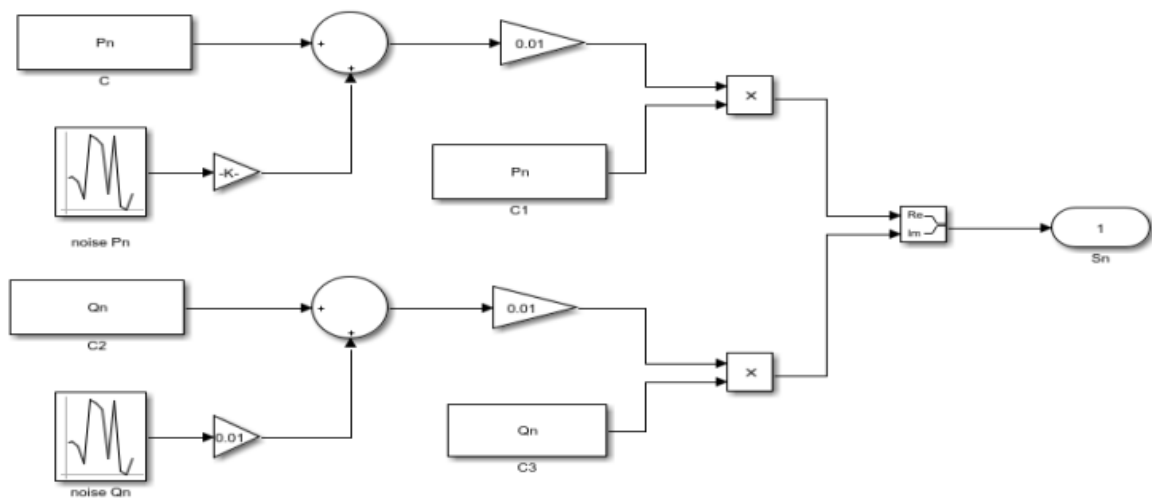


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд моделі для блоку врахування навантаження

Наступним етапом є створення блоку установки, що включає в себе різноманітний набір блоків, що здійснюють визначення параметрів генерації, зчитування та блок проведення моделювання. На виході даної моделі отримуємо фактично готове значення параметру.

Загальний вигляд моделі наведено на рисунку 3.4.

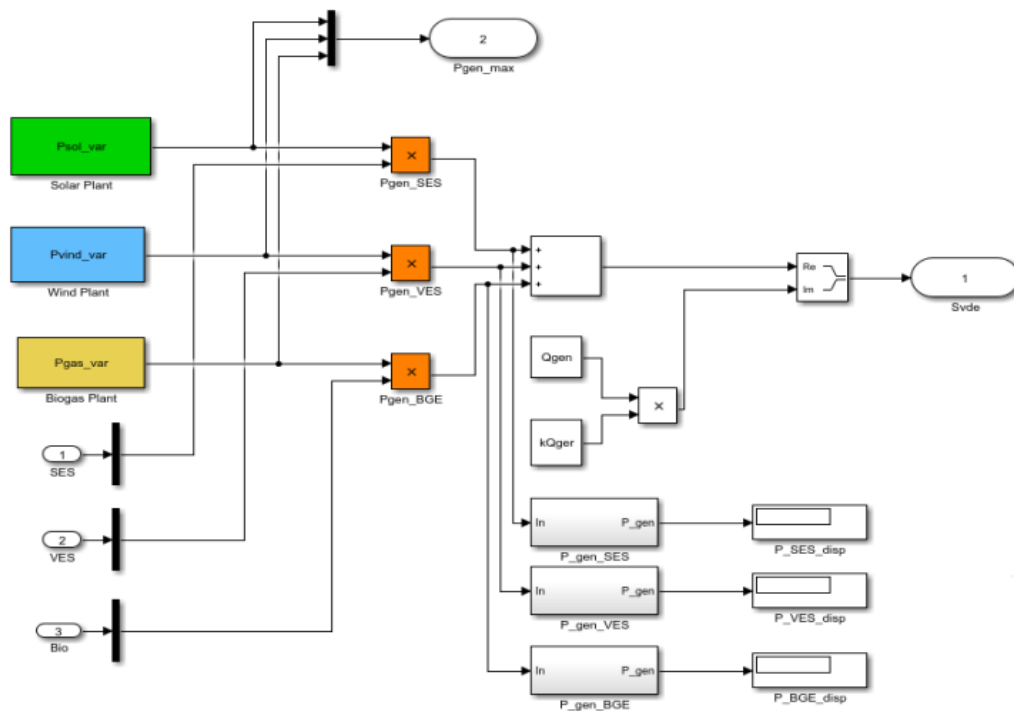


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд блоку для використання та аналізу генерації ВДЕ

Також до даної моделі повинні ввійти інші блоки проведення розрахунків та автоматичного процесу керування генерацією (рис. 3.5 та 3.6).

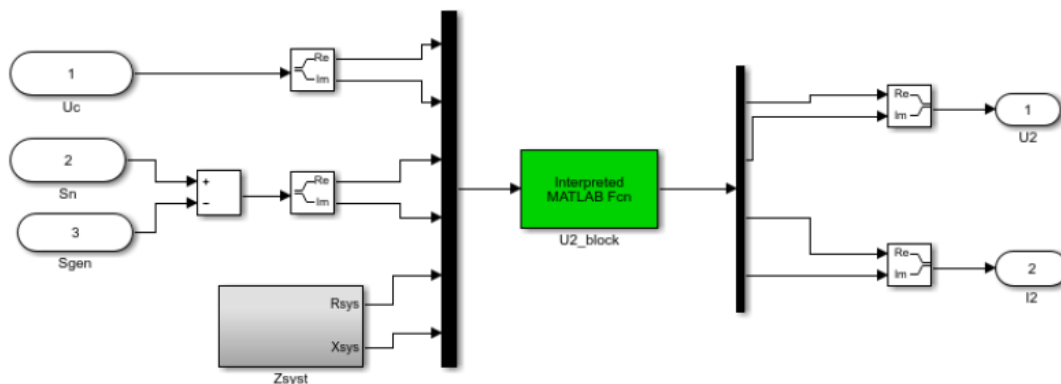


Рисунок 3.5 – Схема блоку для проведення розрахунків

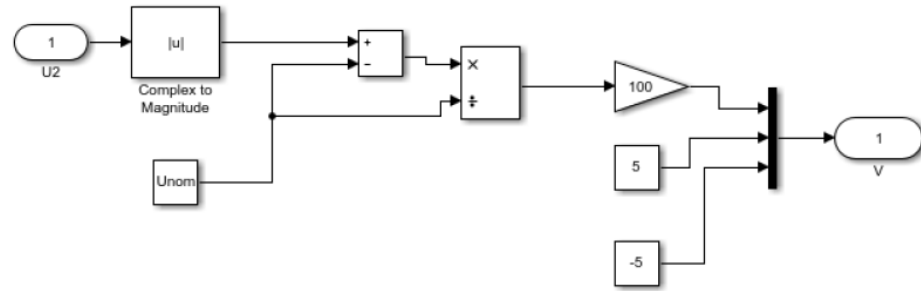


Рисунок 3.6 – Схема блоку автоматичного процесу керування генерацією

В результаті отримуємо віртуальну модель блочного типу, що враховує основні підходи до забезпечення керування системою генерації потужності від відомих джерел.

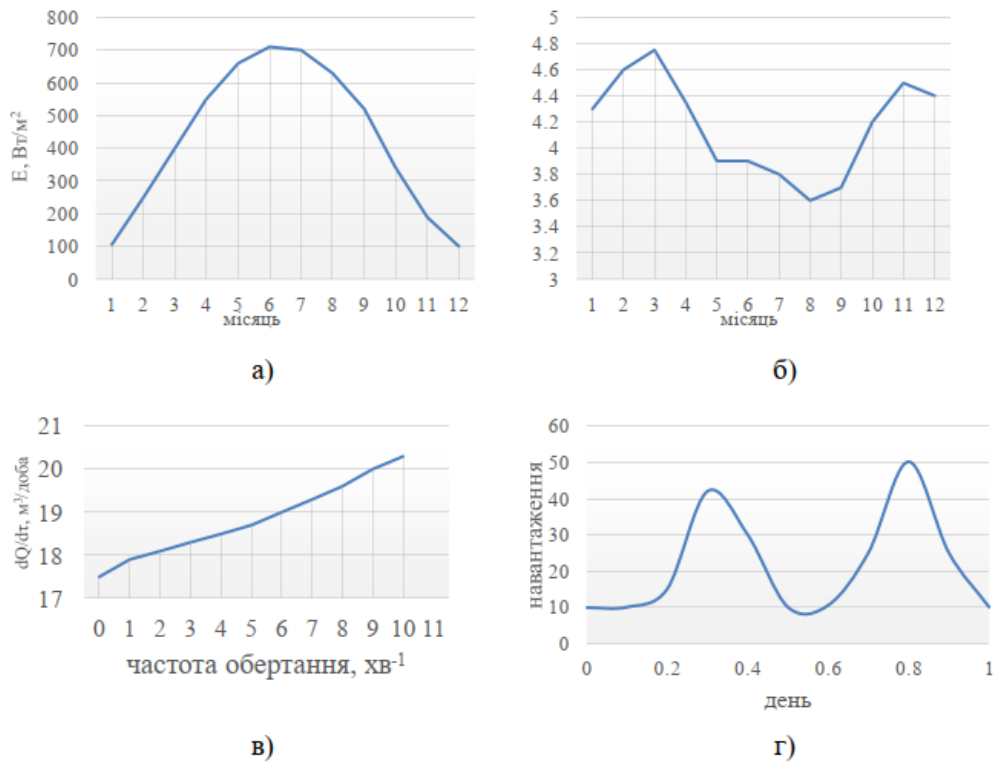
При цьому необхідно врахувати особливість, що дана модель не має достатньої чіткості, оскільки необхідною умовою є побудова наприклад графіків по кількості сонячного опромінення, швидкості вітру та інших особливостей роботи ВДЕ.

3.2 Побудова необхідних залежностей для підвищення точності

Основною проблемою точного моделювання є використання певних змінних, що мають вплив на протікання основних процесів. Так основні показники та їх залежності наведено на рисунку 3.7.

При цьому кращим представленням даних параметрів фактично є залежності декількох величин, що дає можливість виконати значне розширення бази даних по аналізу.

Необхідно також зазначити, що точність даних моделей можна підвищувати введенням в загальну модель певних змінних, що стосуються інших впливів на ефективність їх роботи.



а – річні данні сонячної енергії по місяцях;

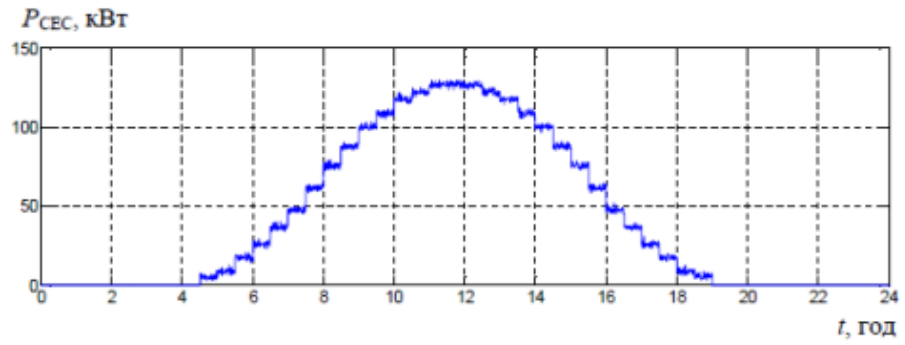
б – річні данні швидкості вітру;

в – річні дані по виходу біогазу;

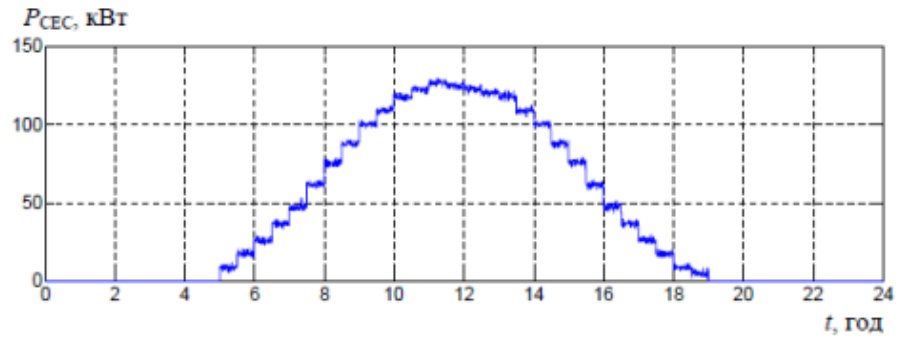
г – графік врахування добового навантаження

Рисунок 3.7 – Дані для введення в модель аналізу для підвищення точності

В результаті проведення моделювання відповідних процесів генерації та загальної роботи системи забезпечення автоматизованого керування отримано результати, що представлені нижче на рисунках. При цьому враховано додатково особливості роботи системи без системи забезпечення автоматизованого контролю та відповідно з даною системою. Для розгляду наведено данні по сонячній енергетиці та вітроенергетиці.



а)

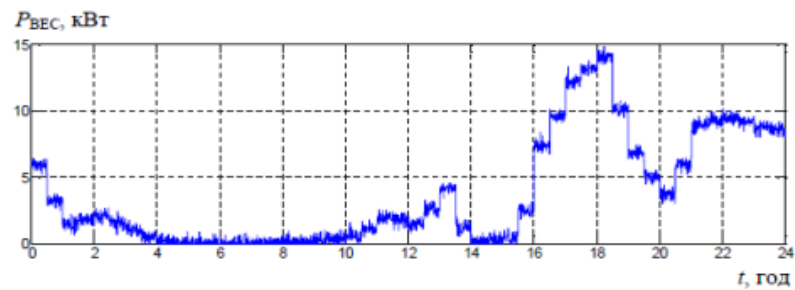


б)

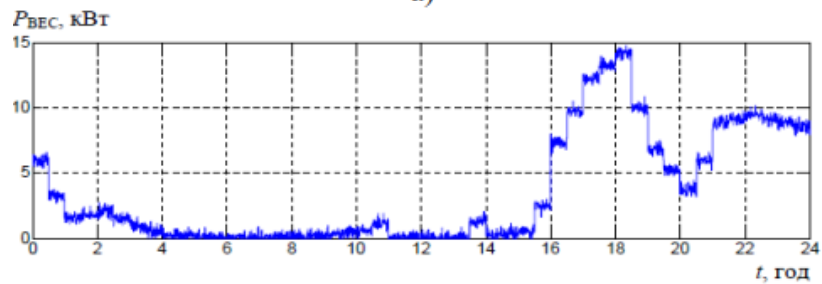
а – без використання систем керування;

б – з використанням систем керування.

Рисунок 3.8 – Графіки зміни параметрів потужності СЕС



а)



б)

а – без використання систем керування;

б – з використанням систем керування.

Рисунок 3.9 – Графіки зміни параметрів потужності СЕС

Першочергово аналізуючи отримані графіки можна зробити висновок, що моделювання системи автоматизованого керування процесом з введенням одного параметру підвищення точності значно згладжує основні криві по виконанню генеруванню напруги. Додатково виникає можливість виконати передачу більшої кількості електроенергії в мережу.

Висновки до розділу

Виходячи з проведеного моделювання потрібно сказати, що проведене моделювання віртуального процесу системи генерування навантаження та керування даним процесом в автоматичному режимі потребує значних досліджень. Отримана модель при внесенні в неї одного показника підвищення точності дозволяє покращити річні показники генерування навантаження фактично на 5 %, а отже за даних умов є допустимим. Враховуючи ці показники можна виконувати значне підвищення точності процесу генерації.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Впродовж останнього десятиліття використання альтернативних джерел енергії для задоволення господарських потреб стало поширеним в багатьох країнах світу. Варто відзначити, що на сьогоднішній день в Україні немає спеціального законодавства щодо використання систем альтернативної енергетики. Більш того, виробники новітніх екопристроїв самі дали відповідь на поставлене запитання – свої вироби вони пропонують прирівнювати до звичайних побутових електроприладів, що автоматично відкидає необхідність отримання будь-яких дозволів.

Відповідно до статті 11 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» експлуатація альтернативних джерел енергії на об'єктах альтернативної енергетики провадиться за умов:

- Безпечного проведення робіт, здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії;
- Енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення періодичних, поточних і перспективних потреб споживачів енергії;
- Виконання технологічних вимог щодо виробництва, акумулювання, передачі, постачання та споживання енергії;
- Додержання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин;
- Додержання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регламентуються нормативно-правовими актами, обов'язковими для виконання всіма суб'єктами підприємницької діяльності.

Відповідно до статті 12 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом:

- Запобігання аварійним ситуаціям і ліквідації їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики за рахунок додержання вимог та правил, встановлених відповідно до державних стандартів;

- Створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики згідно із законодавством;

- Підтримки необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для забезпечення надійного і безаварійного функціонування з об'єднаною енергетичною системою України;

- Здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського (оперативно-технологічного) управління з енергетичними мережами України;

- Здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики від несанкціонованого втручання.

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері та інші органи у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Оскільки працездатність системи безумовно залежить від ступеня зарядженості свинцевокислотних батарей, необхідно ознайомитись з «Інструкцією з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево - кислотних акумуляторних батарей».

Так як до системи з сонячних батарей входять електроприлади (інвертор, контролер), то слід дотримуватись системи засобів і заходів безпечної експлуатації електроустановок. Ізоляція струмовідних частин забезпечується шляхом покриття їх шаром діелектрика для захисту людини від випадкового доторкання до частин електроустановок, через які проходить струм.

Електрозахисними засобами називаються вироби, що переносяться та перевозяться і слугують для захисту людей, які працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги та електромагнітного поля.

Розрізняють основні й додаткові ізолювальні електрозахисні засоби. До основних належать такі електрозахисні засоби, ізоляція яких протягом тривалого часу витримує робочу напругу електроустановки до 1000 В – діелектричні рукавички, ізолювальні штанги, інструменти з ізольованими ручками, електровимірювальні кліщі, ізолювальні кліщі, покажчики напруги; а при роботі в електроустановках напругою понад 1000 В – ізолювальні штанги, струмовимірювальні та ізолювальні кліщі, покажчики напруги для фазування.

Додаткові ізолювальні захисні засоби мають недостатні ізолювальні властивості, тому призначені лише для підсилення захисної дії основних засобів, разом з якими вони і застосовуються. До них належать: при роботах в електроустановках з напругою до 1000 В – діелектричні калоші, килимки, ізолювальні підставки.

Огороджувальні електрозахисні засоби (щити, ширми, екрани, плакати електробезпеки) призначені для захисту працівників, котрі проводять роботи в електроустановках, від випадкового доторкання чи наближення на небезпечну відстань до струмовідних частин, що знаходяться під напругою.

Отже, за правила охорони праці при використанні сонячних батарей можемо використати такі нормативно-правові документи: Закон України «Про використання альтернативних джерел енергії», «Інструкція з охорони праці при експлуатації стаціонарних свинцево - кислотних акумуляторних батарей» та основи охорони праці при експлуатації електроустановок.

Висновок до розділу

Незважаючи на те, що альтернативні джерела енергії – досить новий напрямок в енергетиці, в нашій державі активно розвиваються та впроваджуються норми та правила користування та обслуговування даних приладів. Вони допомагають безпечно та правильно виконувати технічний огляд та обслуговування подібних приладів, знижуючи ризики травматизму та нещасних випадків.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

5.1 Розрахунок витрат на експлуатацію вітроелектричної станції

Експлуатаційні затрати враховують амортизаційні відрахування, витрати на ремонт та технічне обслуговування, а також вартість річних втрат електроенергії (ЕЕ) в трансформаторах. Дана характеристика має важливе значення під час оцінювання варіантів, оскільки величина витрат на оплату втрат ЕЕ представляється похідним (непрямим) показником технічної сторони варіантів, які порівнюються. Таким чином, експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$EZ = A_o + P_{mo} + \Pi_p, \quad (5.1)$$

де A_o – амортизаційні відрахування, грн.

$$A_o = K_g \cdot \frac{a}{100}, \quad (5.2)$$

де a – річна норма амортизаційних відрахувань, ($a=3,5\%$);

P_{mo} – витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн;

K_g – капіталовкладення.

$$A_o = 350000 \cdot \frac{3,5}{100} = 12250 \text{ грн}$$

$$P_{mo} = K_g \cdot \frac{Z}{100}, \quad (5.3)$$

де Z – річна норма відрахувань на ремонт та обслуговування, ($2,9\%$);

Π_p – інші витрати (1% від капіталовкладень), грн.

$$P_{mo} = 350000 \cdot \frac{2,9}{100} = 10150 \text{ грн}$$

$$P_p = 350000 \cdot \frac{1}{100} = 3500 \text{ грн}$$

$$EЗ = 12250 + 10150 + 3500 = 25900$$

Річні втрати ЕЕ в трансформаторах визначаються з рівнянь:

$$\square P_T = \square P_{xx} \cdot T_z + \square P_{кз} \cdot k_3^2 \cdot \tau \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.4)$$

$$\square Q_T = \square Q_{xx} \cdot T_z + \square Q_{кз} \cdot k_3^2 \cdot \tau \text{ кВАр} \cdot \text{год} \quad (5.5)$$

$$\square S_T = \sqrt{\square P_T^2 + \square Q_T^2} \text{ кВА} \quad . \quad (5.6)$$

Розраховуємо втрати реактивної потужності на холостому ході:

$$\Delta Q_{xx} = S_H \cdot \frac{I_{xx}}{100} \quad (5.7)$$

$$\Delta Q_{xx} = 1600 \cdot \frac{1,3}{100} = 20,8 \text{ кВАр}$$

$$\Delta Q_{кз} = S_H \cdot \frac{U_{кз}}{100} \quad (5.8)$$

$$\Delta Q_{кз} = 1600 \cdot \frac{5,5}{100} = 104 \text{ кВАр}$$

$$\Delta P_T = 2,05 \cdot 7008 + 18 \cdot 0,72^2 \cdot 3000 = 44,4 \text{ МВт} \cdot \text{рік}$$

$$\Delta Q_T = 16 \cdot 7008 + 104 \cdot 0,72^2 \cdot 3000 = 307,5 \text{ МВА} \cdot \text{рік}$$

$$\Delta S_T = \sqrt{44,4^2 + 307,5^2} = 310,7 \text{ МВА} \cdot \text{рік}$$

5.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження вітроелектричної станції

Для визначання доцільності впровадження проекту, тобто економічної доцільності використання вітроелектричної станції є ефект, який отримується за рік. Це величина, що складається з прибутку, який отриманий від використання даного комплексу, за винятком загальних витрат, які включають амортизацію та капітальний ремонт.

Ефект, який отримується за рік:

$$E = \Pi_p - (E_a + E_p) \cdot K_3, \text{ грн.}, \quad (5.9)$$

де Π_p – прибуток за рік при впровадженні ВЕС, грн.;

E_a – сумарні амортизаційні витрати за рік, %;

E_p – сумарні витрати за рік ремонт, %;

K_3 – початкові капіталовкладення, грн.

Для вибраної вітроелектричної станції приймаємо значення: $E_a = 10\%$ від початкових капіталовкладень; $E_p = 15\%$.

Кількість коштів, які підприємство буде економити за рахунок використання вітрової установки, яка генеруватиме електричну енергію за рік:

$$Q_p = (N_{вес} \cdot C_{ее}) - EЗ, \text{ грн.}, \quad (5.10)$$

де $N_{вес}$ – потужність, яку виробляє за рік дана ВЕС, кВт;

$C_{ее}$ – тариф на 1 кВт потужності, грн/кВт·год.

$$Q_p = 23136377 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект становитиме:

$$E = 23136377 - (0,1 + 0,15) \cdot 54657264 = 9472061 \text{ грн}$$

Не менш важливим є термін окупності вітроелектричної станції:

$$T_{ок} = \frac{K_3}{E}, \text{ років,} \quad (5.11)$$

$$T_{ок} = \frac{54657264}{9472061} = 5,77 \text{ роки.}$$

Дана вітроелектрична станція окупиться за 6 роки. Для електроенергетики ефективними є ті пристрої та прилади, термін окупності яких становить не більше 5-6 років.

Висновки до розділу

Результати розрахунків показують, що запропонована електрична станція має окупитися за 6 років. Таким чином даний проект є економічно доцільним до впровадження.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Виходячи з того, що основними типами ВДЕ є сонячна енергія та вітрова то доцільно проводити дослідження саме для даного типу АДЕ. Додатково вказано на основні переваги та недоліки різних систем підключення з вибором найбільш доцільної для обраних типів джерел енергії.

Оскільки системи приєднання та керування мають фактично схожий набір функціоналу з забезпеченням зв'язків то нами проаналізовано також особливості застосування систем автоматизації та реалізації керування даним об'єктами, що дає можливість комплексного підходу до питання керування генерацією.

2. Проведений аналіз основних математичних методів для визначення загальної системи керування дає можливість розуміння комплексного підходу до вирішення проблеми. При цьому основною проблемою є неможливість вибору конкретного методу вирішення задачі.

Так при складанні моделі та подальшому її генеруванні в комп'ютерному розумінні необхідно визначитись з максимальною кількістю основних складових зміни, що впливають на загальний процес реалізації системи автоматизованого керування.

3. Виходячи з проведеного моделювання потрібно сказати, що проведене моделювання віртуального процесу системи генерування навантаження та керування даним процесом в автоматичному режимі потребує значних досліджень. Отримана модель при внесенні в неї одного показника підвищення точності дозволяє покращити річні показники генерування навантаження фактично на 5 %, а отже за даних умов є допустимим. Враховуючи ці показники можна виконувати значне підвищення точності процесу генерації.

4. Незважаючи на те, що альтернативні джерела енергії – досить новий напрямок в енергетиці, в нашій державі активно розвиваються та впроваджуються норми та правила користування та обслуговування даних приладів. Вони допомагають безпечно та правильно виконувати технічний

огляд та обслуговування подібних приладів, знижуючи ризики травматизму та нещасних випадків.

5. Результати розрахунків показують, що запропонована електрична станція має окупитися за 6 років. Таким чином даний проект є економічно доцільним до впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. – К., 2008.
2. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянников, З. Рамазанова /Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2.
3. Кудря С., Тучинський Б. «Бізнесопридатність» вітроенергетики України /Докл. II Междунар. конф. «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». – Ялта, 2001
4. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
5. Енергетичні ресурси та потоки За заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2003.
6. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007.
7. Даковські М., Вянцковські С.-К. Про енергетику для споживачів та скептиків. – Львів: ЕКОінформ, 2007.
8. Жовтянський В.А. Стан виконання Комплексної державної програми енергозбереження та перспективи її послідовної реалізації /Проблеми загальної енергетики. – 2000.
9. Руденко М.Д. Енергія прогресу: Нариси з фізичної економії. – К.:Молодь,1998.
10. Склярів В.Ф. Необхідність прогнозування забезпечення екологічної та енергетичної політики /Екологічна безпека в аспекті перспективного розвитку енергетики України. Громадські слухання: Зб. матеріалів. – К., 2008.
11. Енергетика світу та України. Цифри та факти Г.К. Вороновський, С.П. Денисюк, О.В. Кириленко та ін. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005.

12. Дулесова, Н. Ст. Системи електропостачання : навчальний посібник по курсовому проектування / Н. Ст. Дулесова. – Абакан: :Ред.-вид. сектор ХТІ філії СФУ, 2016.
13. Розрахунок електричних навантажень: Проектуємо електрику разом – Москва, 2013.
14. Наземне сонячне випромінювання: ТОВ «Енергосистеми». – Санкт-Петербург, 2017.
15. Барановська В.Є. Методичні рекомендації щодо використання зелених закупівель у державному та приватному секторах економіки: посібник / В.Є. С. В. Берсіна, О. Д. Богдан, О. І. Возний, М. Ю. Камаса, В. Г. Потапенко, В. В. Савицький, Л. А. Шереметьєва, І. І. Яресковська. К .: Інтерсервіс Верлаг, 2013
16. Енергетична стратегія України до 2035 року. Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р
17. Аккумулятор тяговий панцерний MicroArt 2-720./ЕнерджіВінд. –Москва, 2017.
18. Види контролерів для сонячних батарей і як вибирати. Електрика в будинку. – Москва, 2017.
19. Охоткин, Р. П. Методика розрахунку потужності сонячних електростанцій / Г. П. Охоткин. // Вісник Чуваського університету. – Чебоксари, 2013.
20. Шевцов А. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив.
Петрук В.Г. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного комплексу України. Матеріали II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. (Вінниця, 2014).