

УДК 621.311

№ держреєстрації 0118U003689

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет
21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; тел.(0432) 460003
Електрона пошта: rector@vs au.org

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ВНАУ

_____ В.А. Мазур

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ДЖЕРЕЛ
ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРИКЛАДІ САНДРАКСЬКОЇ ГЕС У
ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ**

(заключний)

Керівник НДР
к.т.н., доцент

О.О. Рубаненко

2018

Рукопис закінчено
30 вересня 2018 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою радою факультету механізації сільського господарства, протокол № 5 від 18 грудня 2018 р.

СПИСОК АВТОРІВ**Керівник НДР**

Кандидат технічних наук,
доцент

О.О. Рубаненко

Відповідальні виконавці:

к.е.н., доцент

І.В. Гончарук

к.е.н., доцент

Т.В. Гончарук

к.т.н., професор

В.М. Бандура

к.т.н., доцент

А.А. Видмиш

д.т.н., професор

В.А. Матвійчук

д.т.н., доцент

В.П. Янович

аспірант

М.А.Колісник

к.е.н., старший викладач

Т.Ю. Прутська

старший викладач

К.В. Бурко

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Анотований звіт
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
«Методика визначення потенціалу джерел відновлювальної енергії на
прикладі Сандракської ГЕС у Вінницькій області»

Виконавці:
Видмиш А.А.,
Матвійчук В.А.
Рубаненко О.О.,

2018

РОЗДІЛ 1

ІНФОРМАТИВНО-АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ.

В річному звіті про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, за 2015 рік зазначено, що основні показники надійності електропостачання для електророзподільних компаній: індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі (SAIDI) - збільшився, та розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії (ENS) зменшився порівняно з 2014 р., як показано на рис. 1.1 , на якому наведені статистичні дані за останні роки [1].

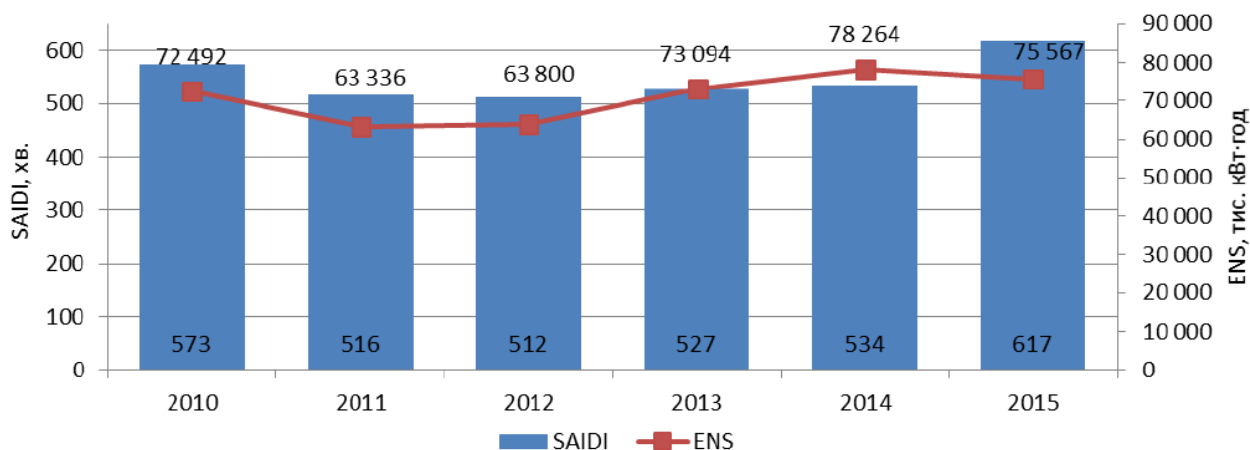


Рис. 1.1. Динаміка показників SAIDI та ENS за 2010-2015 роки

Зростання показників головним чином зумовлене підвищенням достовірності первинних даних за рахунок підвищення точності реєстрації перерв в електропостачанні на рівні напруги 0,4-20 кВ [2].

1.1. Розробка перспективних засобів ефективного керування мікромереж на базі розосереджених джерел енергії

Розглянуто два методи керування параметрами нормальних режимів мікромереж з розосередженими джерелами енергії. Перший метод базується на онлайн-моніторингу значень активної і реактивної потужності та здійсненні керуючих впливів при відхиленні їх значень від оптимальних, а другий метод керування базується на онлайн-моніторингу значень напруги і частоти та здійсненні керуючих впливів при відхиленні їх значень від номінальних [3]. Для амплітудного значення напруги і частоти, величина відхилення поточного значення від номінального впливає на оптимальне значення струмів в вітках, тому РДЕ повинні мати відповідні експлуатаційні характеристики і забезпечувати можливість роботи ММ в обох режимах, шляхом постійного контролю цього відхилення.

В ізольованому режимі роботи, завдання забезпечення номінального значення частоти і напруги і ММ вирішується за допомогою РДЕ, але з урахуванням поправочних коефіцієнтів, що залежать від потужності РДЕ і за допомогою яких корегується значення відхилення частоти і напруги. В режимі коли ММ підключена до централізованої розподільної електричної мережі, коефіцієнт відхилення встановлюється рівним нулю, щоб виключити вплив втрат потужності і похибку розрахунку, а також забезпечити потрібну потужність навантаження.

Мікроелектромережі (ММ) можуть працювати в «острівному» режимі, тобто автономно від розподільних електричних мереж (РЕМ) району, або в режимі «підключення», тобто частину електроенергії беруть із РЕМ, і окремо можна виділити перехідний режим підключення або відключення від РЕМ.

За останні кілька років розподілена генерація набуває все більшої популярності завдяки своїм перевагам, таким як енергозбереження, охорона навколишнього середовища та інші [4-10]. Але наявні методи оптимального керування параметрами нормальних режимів електроенергетичних систем складно адаптувати до мереж із значною кількістю РДЕ, тому технології

створення ММ, є ефективним способом вирішення цієї проблеми. ММ – це розподільна електрична мережа низької номінальної напруги, яка складається з декількох РДЕ, акумуляторів енергії і навантажень, мікромережа може працювати в двох режимах. В режимі «підключення» ММ під'єднана до централізованої розподільної електричної мережі; в ізолюваному режимі – ММ відключена від централізованої розподільної електричної мережі, і режим плавного переходу ММ з одного режиму в інший.

Оптимальний режим роботи ММ залежить від надійної системи керування, тому потрібно вдосконалити алгоритми керування параметрами режиму мікромережі [11-14] .

Більшість РДЕ підключаються до ММ через інвертори, тому оптимальне керування інвертором забезпечить стабільну і ефективну роботу ММ в цілому.

Для двох режимів роботи ММ існують різні експлуатаційні вимоги до РДЕ. У режимі, коли мікромережа підключена до централізованої електричної мережі (ЕМ), забезпечується номінальне значення напруги і частоти за допомогою засобів централізованої ЕМ. Якщо РДЕ еквівалентно джерелу струму, то для того, щоб досягти оптимального значення перетоків активної і реактивної потужності в ізолюваному режимі, потрібно мати потужне РДЕ, яке дасть змогу забезпечити підтримку значень частоти і напруги на потрібному рівні і гарантувати генерацію потужності для споживачів. Якщо РДЕ еквівалентно джерело напруги, то краще контролювати не перетоки потужності, а значення частоти і напруги.

Схема РДЕ в мікромережі показана на рис. 1.2. На схемі використовуються такі позначення: U_{dc} – напруга джерела постійного струму; L , C – фільтри; Z_{ln} – опір лінії; u_i , u_0 – відповідно вихідна напруга моста інвертора і вихідна напруга на конденсаторі; i_L , i_C , i_0 – відповідно струм котушки індуктивності, ємнісний струм і вихідний струм РДЕ. Контролер є ядром всієї системи керування, визначає режим роботи РДЕ.

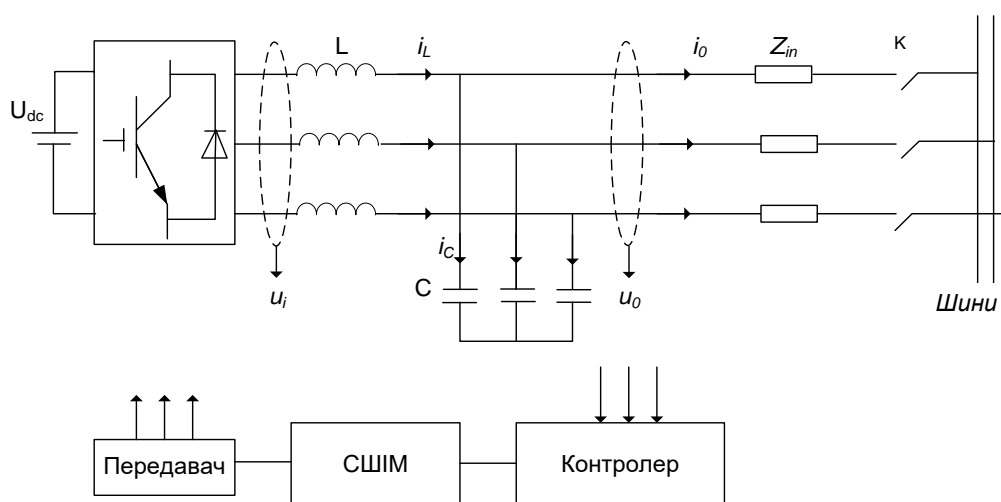


Рис. 1.2. Схема РДЕ в мікромережі

Типовий блок керування, схема якого показана на рис. 2.2., працює за алгоритмом, що реалізує метод керування, за яким контролюються значення активної і реактивної потужності та здійснюються керуючі впливи при відхиленні їх значень від оптимальних. P^* , Q^* – значення активної і реактивної потужності відповідно; u_{ref} – це регулятор вихідної напруги після модуляції сигналу; СШІМ – пристрій синусоїдальної широтно-імпульсної модуляції. Тільки струм індуктивності дає можливість отримати ефективний контроль всього процесу. Основною метою вимірювання напруги на виході u_o є отримання значень амплітуди, частоти і фази напруги ММ. Ця інформація потрібна для синхронізації з розподільною мережею. РДЕ, приймаючи режим керування активною і реактивною потужністю, не може бути опорним по частоті і напрузі, але може забезпечити потрібне значення потужності, тому цей метод керування краще себе зарекомендував у режимі, коли мікромережа підключена до централізованої розподільної ЕМ.

Схема контролера для режиму керування з відхилення частоти і напруги показана на рис. 1.3. На відміну від попереднього методу, даний метод не потребує підключення до розподільних електричних мереж, а вихідне значення напруги і частоти контролюється безпосередньо самим контролером і залежить лише від РДЕ. Лінії електропередач низької напруги мікромережі можна віднести до мереж з переважним активним опором.

Різниця між фазою (кутом) напруги на РДЕ і шинах споживача незначна, тому на значення P і Q впливає тільки різниця значень амплітуди на початку і в кінці лінії. Реактивна потужність більше залежить від зміни фази (кута), тому рівняння, на яких базується алгоритм керування, можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} f^* = f_n + m(Q - Q_n) \\ U^* = U_n - n(P - P_n) \end{cases} \quad (1.1)$$

де f_n і U_n – це поточні значення частоти і амплітуда напруги; P_n і Q_n – це поточні значення активної і реактивної потужності (на шинах) РДЕ; m і n – коефіцієнти відповідності, частоти і амплітуда напруги; f^* і U^* – розрахункові значення частоти і напруги, які задовольняють ustalений режим роботи мікромережі.

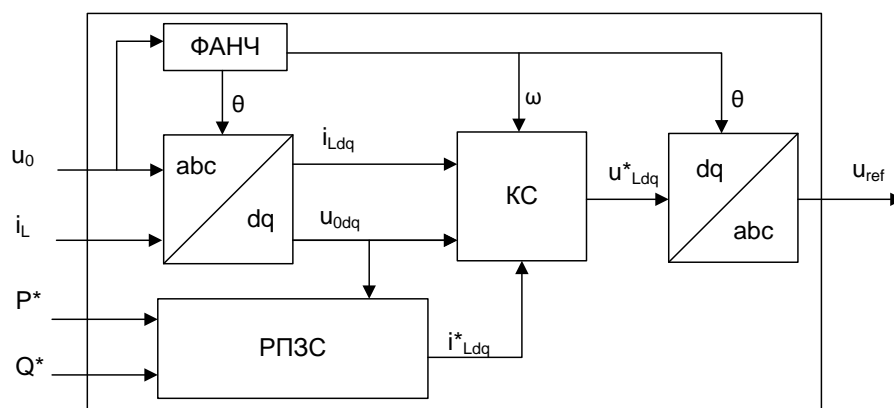


Рис. 1.3. Схема P/Q контролера: ФАНЧ – блок фазового автоналаштування частоти; РПЗС – розрахунок поточного значення струму; КС – блок контролю струму.

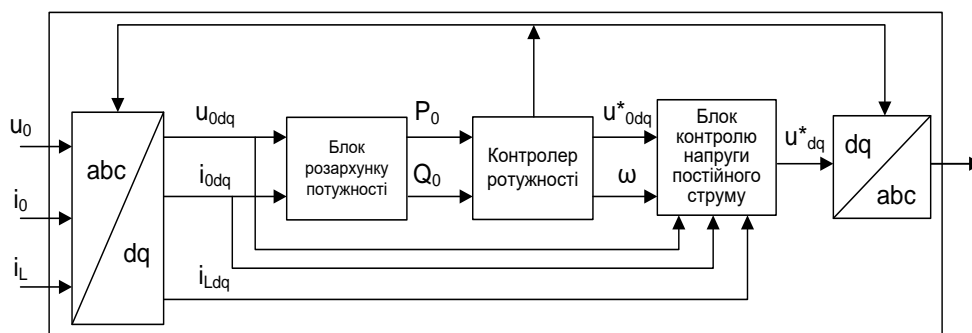


Рис. 1.4. Схема U/f контролера.

Перевага керування за частотою і амплітудою напруги полягає в тому, що потужність РДЕ змінюється пропорційно зміні f і U без переключення в «острівний» режим. З цією метою вводяться коефіцієнти m і n : для того, щоб виконувались такі умови: $m_1 S_{n1} = m_2 S_{n2} = \dots = m_x S_{nx}$; $n_1 S_{n1} = n_2 S_{n2} = \dots = n_x S_{nx}$, де S_n – потужність РДЕ;

Вихідна потужність на шинах РДЕ визначається за формулами:

$$\begin{cases} Q = \frac{f - f_n}{m} + Q_n \\ P = \frac{U - U_n}{-n} + P_n \end{cases} \quad (1.2)$$

З рівняння (1.2) можна зробити висновок, що метод керування за частотою і амплітудою напруги більше адаптований для режиму, при якому ММ підключена до централізованої розподільної ЕМ, адже для того, щоб використовувати РДЕ як вузол, опорний по частоті і напрузі, потрібно переконатись, що на шинах РДЕ $f = f_{ном}$; $U = U_{ном}$, але зараз значення напруги і частоти задається за допомогою централізованої розподільної ЕМ та існують відхилення і похибки, через які складно реалізувати точний контроль вихідної потужності РДЕ.

Здійснювати керування по активній і реактивній потужності можна за допомогою зміни миттєвого значення струму, а саме поперечної його складової, використовуючи при цьому трансформатор.

Схема мікроелектромережі показана на рис. 1.5.

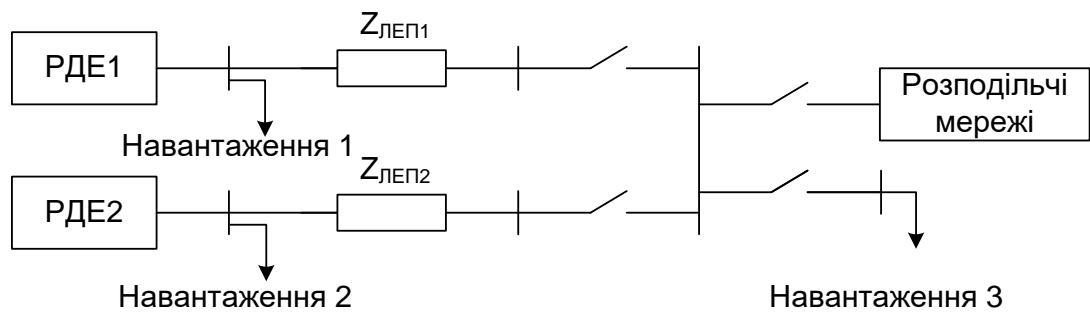


Рис. 1.5. Схема ММ

Якщо напрям вісі d (тобто продольної складової струму) співпадає з напрямом напруги, то спрощений вираз для визначення P і Q між силою струму і напругою можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} P = u_d i_d \\ Q = -u_d i_q \end{cases} \quad (1.3)$$

де P – активна потужність; Q – реактивна потужність; u_d – поздовжня складова напруги; i_q – поперечна складова струму; i_d – поздовжня складова струму.

Вихідна потужність на шинах РДЕ визначається за формулами:

$$\begin{cases} Q = \frac{f - f_n}{m} + Q_n \\ P = \frac{U - U_n}{-n} + P_n \end{cases} \quad (1.4)$$

Підставивши вираз (1) в вираз (2) після перетворень отримаємо:

$$\begin{cases} i_{qn} + \frac{f_n - f}{m u_d} - i_q = 0 \\ i_{qn} + \frac{U_n - U}{m u_d} - i_d = 0 \end{cases} \quad (1.5)$$

Де f_n і U_n – це поточні значення частоти і амплітуди напруги; P_n і Q_n – це поточні значення активної і реактивної потужності (на шинах) РДЕ; m і n – коефіцієнти відповідності; f і U – номінальні значення частоти і амплітуди напруги; i_{qn} і i_{dn} – поточні значення поперечної та поздовжньої складових струму відповідно, вони можуть бути розраховані через поточні значення активної та реактивної потужності; i_q і i_d – значення поперечної та поздовжньої складових струму на виході; u_d – значення поздовжньої складової напруги на виході.

Після введення позначень $K_m = \frac{1}{(mu_d)}$; $K_n = \frac{1}{(nu_d)}$; $\Delta f = f_n - f$;

$\Delta U = U_n - U$ система рівнянь (1.3) запишеться у вигляді:

$$\begin{cases} (i_{qn} + K_m \Delta f) - i_q = 0 \\ (i_{dn} + K_n \Delta U) - i_d = 0 \end{cases} \quad (1.6)$$

Коли керування параметрами нормального режиму роботи мікромережі здійснюється по відхиленню частоти і напруги, то в алгоритмах керування потрібно застосувати рівняння (1.4). Якщо використовується метод керування по активній і реактивній потужності, то застосовується рівняння (1.7):

$$\begin{cases} i_{qn} - i_q = 0 \\ i_{dn} - i_d = 0 \end{cases} \quad (1.7)$$

Метод керування параметрами нормального режиму мікромережі по відхиленню частоти і амплітуди напруги еквівалентний методу «постійного контролю потужності», при якому виникає відхилення частоти і амплітуди напруги від номінальних значень при проходженні поточного струму

(«еквівалентний поточний струм»). Блок-схема, яка реалізує розглянутий метод керування, показана на рис. 1.6.

Базується на використанні в алгоритмах керування рівнянь:

$$\begin{cases} f^* = (K_{p1} + \frac{K_{i1}}{S})(i_{qn} + K_m \Delta f) - i_q \\ U^* = (K_{p2} + \frac{K_{i2}}{S})(i_{dn} + K_n \Delta U) - i_d \end{cases} \quad (1.8)$$

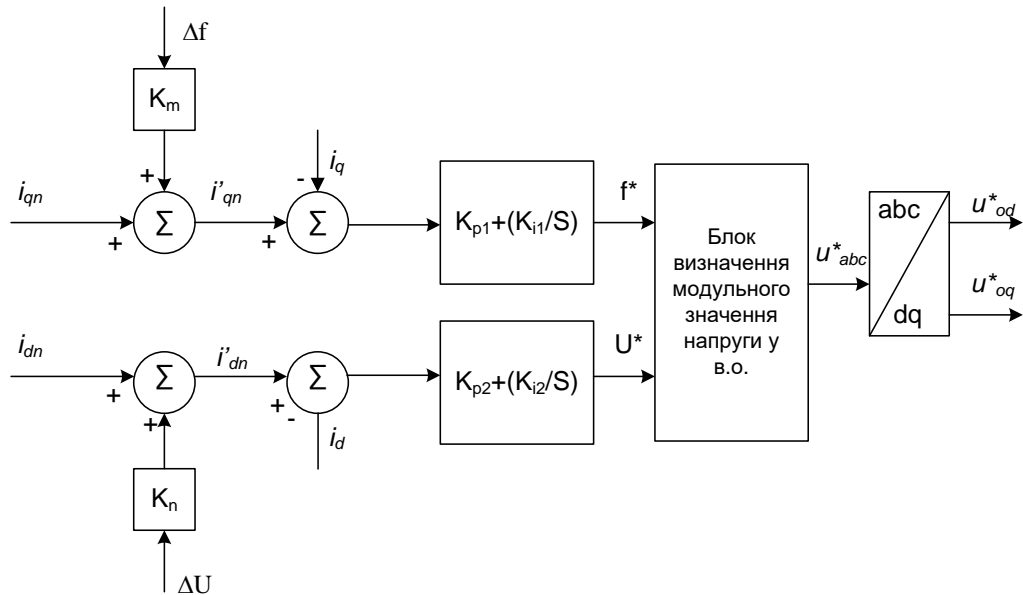


Рис. 1.6. Схема блоку керування

Схема блоку керування показана на рис. 1.6, де: i_{dn} і i_{qn} – значення поздовжньої і поперечної складових струму, що визначаються за базовим значенням потужності, i'_{dn} і i'_{qn} – уточнені значення поздовжньої і поперечної складових струму з урахуванням відхилення амплітудного значення напруги і частоти відповідно. Потім отриманий сигнал порівнюється з вихідним струмом, як в методі керування по активній і реактивній потужності. В результаті порівняння визначається відхилення значень складових струму і сигнал, який містить в собі цю інформацію, потрапляє в ПІ-регулятор, на виході якого з'являються розрахункові значення частоти і напруги в умовних одиницях f^* і U^* , які задовольняють ustalений режим роботи мікромереж.

Графіки керування в «острівному» режимі показані на рис. 1.7(а). Якщо не враховувати активний опір ЛЕП, то зміна ΔU залежить лише від

коефіцієнта K_n . Базуючись на різних значеннях K_n та потужності РДЕ, потрібно реалізувати розподіл навантаження відповідно до їх потужності навантаження. Через наявність ПІ-регулятора в схемі, коли закон керування не може реалізуватись за формулою (1.4), здійснюється керування по напрузі і частоті.

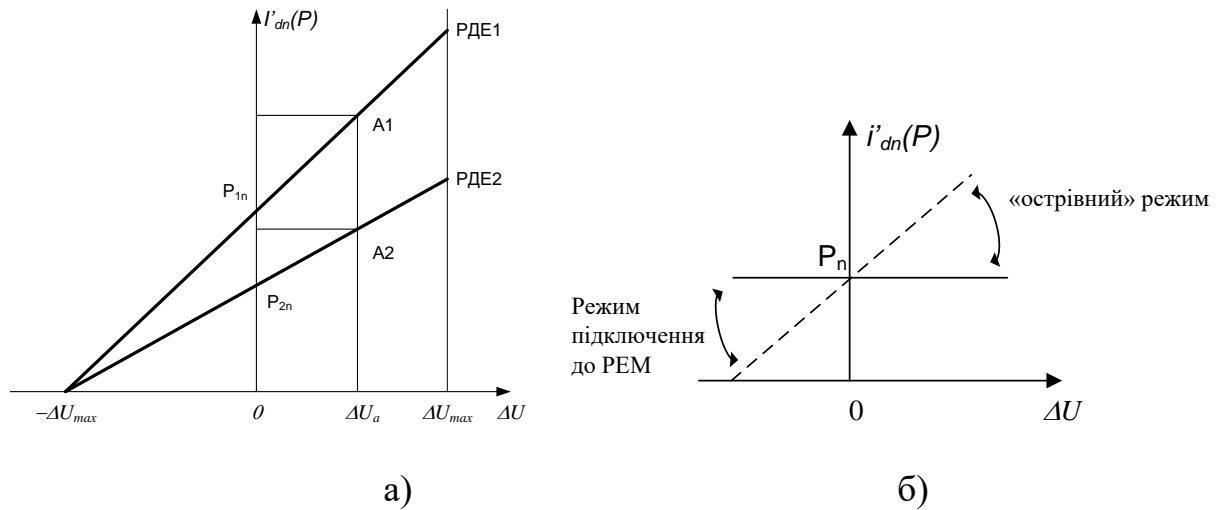


Рис. 1.7. Залежності поточного значення струмів від відхилення амплітудного значення напруги в «острівному» режимі (а) і режимі підключення до РЕМ (б)

В режимі підключення до РЕМ відбувається зменшення K_n до 0 , ΔU більше не впливає на вихідну активну потужність і керування здійснюється так, як показано на рис. 1.7 (б). В процесі приєднання мікромережі до РЕМ вихідна потужність повинна плавно досягти усталеного значення, тобто вплив викликаний швидкістю зміни режимних параметрів мікромережі зменшується, тим часом K_n змінюється від 0 до $\frac{1}{nu_d}$. При відключенні від РЕМ мікромережі може не вистачати потужності, тому система керування повинна забезпечити потрібну частоту і напругу, в цей час значення K_n повинно швидко збільшуватись від 0 до $\frac{1}{nu_d}$. Коефіцієнта K_n для кожного режиму відбувається за формулою (1.9).

$$K_n(t) = \begin{cases} \frac{1}{nu_d} & (t < t_0) \\ \frac{1}{nu_d} \cdot e^{-\frac{(t-t_0)}{T}} & (t_0 \leq t < t_1) \\ \frac{1}{nu_d} & t \geq t_1 \end{cases} \quad (1.9)$$

За цією формулою: t_0 , t_1 – це момент підключення ММ до РЕМ і відключення ММ від РЕМ відповідно; T – постійна часу (період часу, який потрібний для підключення або відключення ММ – час переходу). Чим більше T , тим повільніше буде відбуватись процес переходу, приблизно через $4T$ перехідний процес закінчується. Крива зміни K_n показана на рис. 1.8.

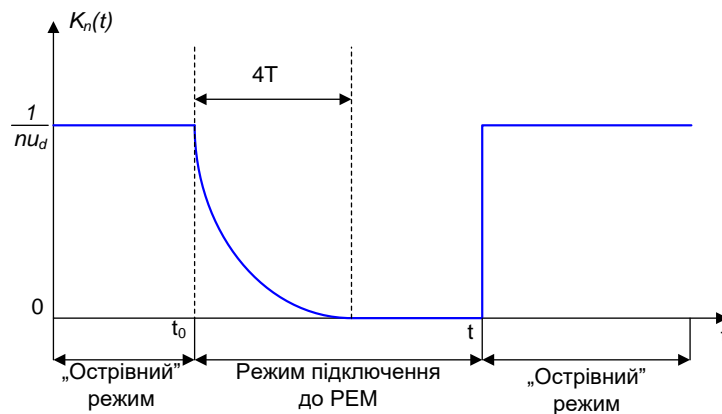


Рис. 1.8. Діаграма зміни K_n

1.2. Створення промислових мікромереж за використання альтернативних джерел енергії

Досліджено досвід зарубіжних країн і можливості його адаптації для України в питаннях створення концепції мікромереж. Унікальною особливістю цих мереж є те, що вони можуть використовувати локально доступні ресурси, тобто розосереджені джерела енергії, такі як сонячна енергія, вітер, потік води і біомаса для генерування електроенергії. Для оцінки можливості застосування мікромереж потрібно оцінити поточне споживання електроенергії та майбутній попит на неї. На підставі цього потрібно структурувати споживання потужності протягом 24 годин. За

допомогою такого аналізу можна визначити енергоспоживання і проаналізувати доступні місцеві енергетичні ресурси. Вже позитивний досвід використання мікромереж є в Гімалаях. Для створення мікромережі було обрано село, яке має різні ресурси для генерування електроенергії, і розглянуто різні конфігурації мікромереж, тому інформація, представлена в цій статті, буде корисна для проектування мікромереж для віддалених місць в країнах, які характеризуються нестабільним електропостачанням.

Використання розосереджених джерел енергії для створення мікромереж завжди зіштовхується з проблемами акумулювання енергії, сезонності її генерування. Одним із шляхів вирішення цих проблем є застосування мінітеплоелектростанцій.

В перспективі на основі газогенераторного котла планується реалізувати міні-ТЕЦ, блок-схема якої представлена на рис. 1.9

Для того, щоб міні-ТЕЦ швидко себе окупила, можна використовувати газогенераторний котел удосконаленої будови.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА): доступ до електроенергії є невід'ємним елементом сталого розвитку людства, і згідно з останніми даними до 2011 року 1,6 млрд. людей, тобто більше 20%, не мали доступу до електроенергії. Бідні країни і навіть регіони країн, що розвиваються, можуть опинитися в зоні виникнення бідності, соціальної нестабільності і низького рівня розвитку, якщо не мають доступу до сучасних комерційних джерел енергії.

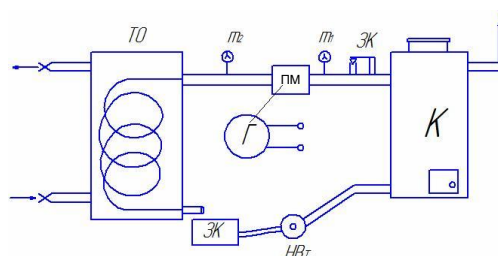


Рис. 1.9. Схема міні-ТЕЦ: К – котел; ЗК – зливний клапан; М – манометр; ПМ – парова машина; Г – генератор; ТО – теплообмінник; ЗБ – збірник конденсату; НВТ – насос високого тиску

Індекс розвитку людства безпосередньо пов'язаний з індексом розвитку електроенергетики, що було доведено протягом тривалого часу з урахуванням стану розвитку різних країн Південної Азії і Африки на південь від Сахари. Аналогічний випадок був виявлений у віддалених районах Гімалаїв, хоча люди і мають доступ до електроенергії, але ця електроенергія має погані показники якості і можливі тривалі перебої в її постачанні. Дуже часто поновлювані джерела мають ізольований і децентралізований характер, що змушує будувати «offgrid» апарат керування і децентралізовано задовольняти місцеві потреби в електроенергії. Ця децентралізована система називається розосередженою системою генерації електроенергії, тобто електроенергія генерується з місцевих поновлюваних енергоресурсів і може бути використана для задоволення потреб певного типу (кластера) навантажень. Мікромережа може включати в себе генерацію з більш ніж одного типу розподілених джерел енергії в залежності від наявності різних поновлюваних ресурсів для забезпечення стабільного та надійного енергозабезпечення локальних навантажень. Мікромережа може працювати або в islanded режимі (режимі «енергетичного острова») або паралельно з мережею. Установка поновлюваних джерел енергії на основі мікромережі в сільській місцевості або в невеликих галузевих масштабах допоможе зменшити залежність від якості і надійності розподільних мереж, а також дозволяє уникнути втрат електроенергії, пов'язаних з передачею і розподілом потужності [28-30]. Є можливість розробити гібридні мікромережі з локально доступними поновлюваними джерелами енергії, які легко можуть бути встановлені в цих областях, і забезпечити надійне електропостачання.

Це буде сприяти підвищенню рівня життя та розвитку промисловості АПК, тому що електропостачання буде постійним, навіть при відсутності базової інфраструктури, такої як дороги, водопостачання, каналізація та зв'язок. Багато подібних досліджень вже було зроблено і розглянуто енергетичні можливості майже всіх країн світу. Переваги запропонованих мікромереж полягають в можливості автономного живлення і майже повна

відмова від централізованого електропостачання. Вже використали концепцію створення мікромереж Вішакхапатнам (Vizag) район Андхра-Прадеш з метою генерування електроенергії, саме з відновлюваних джерел енергії.

Була розроблена мікромережа, що містить декілька джерел генерації, щонайменше, одне з яких є поновлюваним, а інші дають можливість акумулювати енергію протягом певного часу. За результатами цього дослідження стало зрозуміло, що ринок сонячних панелей зростає у зв'язку з кліматичними умовами, характерними для Індії. Провівши дослідження, можна спрогнозувати збільшення кількості встановлених панелей для мікромереж, але в залежності від кліматичних умов пропонується використовувати малі ГЕС, ВЕС, біогазові установки і навіть дизель-генератори, і тільки комплексне їх поєднання дозволяє забезпечити електроенергією важкодоступні регіони країни.

В Україні ситуація з електропостачанням не набагато краща, основною проблемою є аварійні відключення або незадовільні показники якості електроенергії, які викликані низькими темпами оновлення електрообладнання підстанцій і ліній електропередач. Створення мікромереж теж може стати вирішенням багатьох проблем. Фінансово вигідним створення мікромереж може бути підприємствам АПК, чий потужності, як правило, більш доцільніше розташовувати ближче до баз сировини, і відповідно далі від якісного електропостачання.

1.3. Аналіз ефективності генерації електроенергії на основі сонячної енергії у Вінницькій області

За даними інформаційного агентства УНІАН за підсумками 2017 року очікується введення в експлуатацію 500-600 МВт потужностей, отриманих від відновлюваних джерел енергії. В Україні з січня по вересень 2017 року було введено 201,9 МВт нових потужностей відновлюваної енергетики, що майже в чотири рази більше, ніж за аналогічний період минулого року.

Таким чином, загальна встановлена потужність, що генерується за рахунок відновлюваної енергетики, з початку цього року в нашій країні виросла на 18% і становить тепер 1320 МВт. При цьому частка відновлюваної енергетики в загальному балансі поки що займає 1,6 %.

Тому актуальними є дослідження у сфері підвищення надійності електропостачання підприємств АПК якісною електроенергією з відновлювальних джерел енергії. Якщо в Україні зараз близько 1% електроенергії виробляється відновлюваними джерелами, то на Поділлі, і зокрема у Вінницькій області виробляється уже не 1%, а 8-9% електроенергії в основному сонячними станціями. Інтегрування відновлюваних джерел в нашу електричну систему і застосування їх для тепло- та електропостачання потужних сільськогосподарських комплексів і є предметом наших досліджень, тому що наявні електричні системи проектувалися в часи, коли відновлювані джерела енергії були непопулярні. Тому є ряд технічних проблем, а саме узгодження роботи застарілих електричних мереж, від яких живляться сільськогосподарські підприємства з режимами роботи відновлюваних джерел енергії. Зараз актуальна адаптація відновлювальних джерел енергії в умови з одного боку економічно-ринкові, а з іншого – суто технічні. Створення сприятливих умов для розбудови СЕС вимагає вирішення низки технічних та організаційних завдань.

У роботі були розраховані параметри необхідної сонячної установки з акумуляторами для однокімнатної квартири із загальним енергоспоживанням 115 Вт/год без витрат електроенергії на опалення для кліматичних умов Вінницької області. Враховуючи, що термін служби автономної сонячної електростанції становить 10-15 років, а акумуляторів, що входять до її складу – до 5 років, перехід на автономну систему живлення в масштабі однієї квартири або будинку є невиправданим, тому що термін окупності склав 10,5 років. А якщо до цього додати витрати на ремонт і експлуатацію, то ці витрати ще зростуть. Як правило, СЕС доцільно ставити там, де централізоване електропостачання неможливе або ненадійне.

В статті авторів StamatiaGkialaFikari, SaraGhaemSigarchian, Harold R. Chamorro зазначено, що автономні гібридні силові системи в поєднанні з відновлюваними джерелами енергії та накопичувачами енергії можуть здійснювати вагомий вплив на якість життя в країнах, що розвиваються. Підключення до основної електричної мережі не завжди є доцільним та надійним, заважаючи доступу місцевих жителів до послуг, що впливають на їхню діяльність, здоров'я, благополуччя, освіту та фінансовий розвиток. У статті розглянута ідея створення автономної гібридної енергетичної системи для віддаленого селища населенням близько 100 мешканців в Кенії, щоб дослідити її потенціал і оцінити вибрану операційну стратегію з погляду ефективності і надійності обслуговування споживачів. Припускається, що автономна гібридна енергетична система електрифікує село поблизу міста Гарніса в Кенії. На рис. 2.10 показана схема гібридної автономної електромережі з розосередженими джерелами енергії (вітрова електрична станція, сонячна електрична станція і дизель-генератор)

В Україні теж є села з фактичною невеликою кількістю населення, наприклад с. Лікіцари Перечинського району (Закарпаття), Бур'яни – село в Гайсинському районі Вінницької області з населенням 105 чоловік, Бурдії – село в Тульчинському районі Вінницької області, населення якого становить 40 осіб, та інші.

Впровадження перевірених моделей електропостачання такого типу споживачів з внесенням коректив, які враховують кліматичні особливості місцевості і графіки навантаження споживачів, та зменшують випадки пошкодження або неефективну роботу СЕС, дасть змогу отримати позитивний результат.

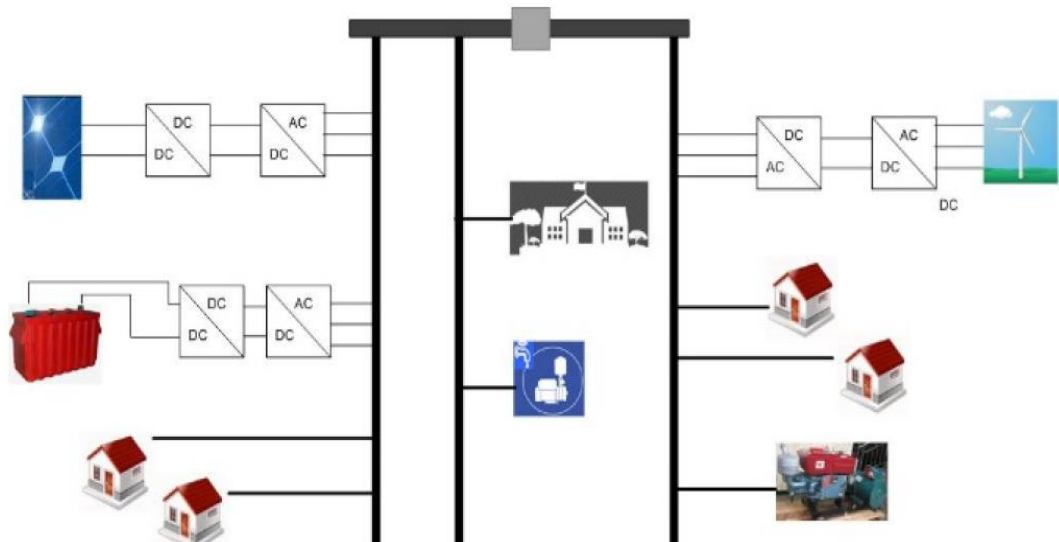


Рис. 1.10. Схема гібридної автономної електромережі з розосередженими джерелами енергії (вітрова електрична станція, сонячна електрична станція і дизель-генератор, який працює на біопаливі) і споживачами у вигляді побутового сектора, станції очищення води і школи.

Тому дослідження роботи сонячних електричних станцій в умовах Вінницької області є актуальним. Уже встановлені сонячні панелі у Вінницькій області як правило знаходяться у приватній власності, тому проводити дослідження на них не кожен господар дозволить.

Це все можливо при наявності сонячної панелі в лабораторії. Зараз потужності сонячної панелі вистачає для забезпечення світлодіодного освітлення коридору 2 поверху 3 навчального корпусу Вінницького національного аграрного університету, у планах – під'єднання інформаційного табло. Тип сонячної панелі TALESUN TP-660P-260 [13].

Зовнішній вигляд сонячної панелі і місце встановлення та підключення вимірювальної апаратури зображено на рис. 1.12. Конструктивні розміри і будова сонячної панелі TALESUN TP-660P-260 показана на рис. 1.12 [14].



Рис. 1.12. Зовнішній вигляд сонячної панелі і місце встановлення та підключення вимірювальної апаратури

Графіки генерації для СЕС по Вінницькій області (рис. 1.13 і рис. 1.14). Були проаналізовані заміри 3 і 4 липня. По осі ординат у відносних одиницях показана генерація відносно встановленої по осі абсцис години з 8:00 до 17:00.

Аналіз графіків на рис. 1.13 і рис. 1.14 свідчить про те, що навіть у похмурий день сонячна панель працює досить ефективно.

Система моніторингу параметрів режиму роботи сонячної панелі.

Вимірювання напруги в системі моніторингу роботи сонячної панелі важливо здійснювати у режимі реального часу, оскільки це дозволяє контролювати продуктивність модулів, з яких складається сонячна панель, а також є найточнішим способом визначення збоїв у роботі системи [15]. Напруга постійного струму вимірюється за допомогою простої схеми розподілу напруги, що призводить до зниження напруги до вимірюваного діапазону.

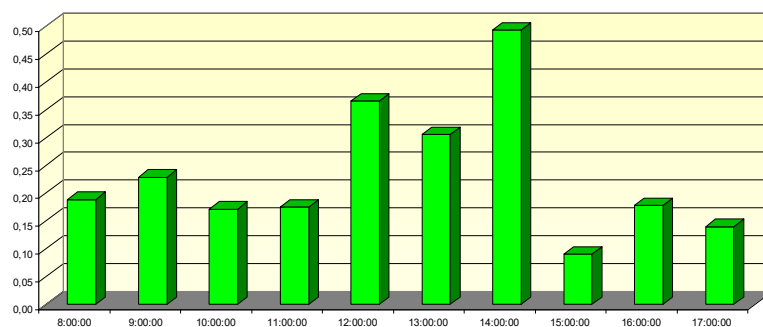


Рис. 1.13. Орієнтовна генерація у відносних одиницях від встановленої з 8:00 до 17:00 в хмарний день (3 липня)

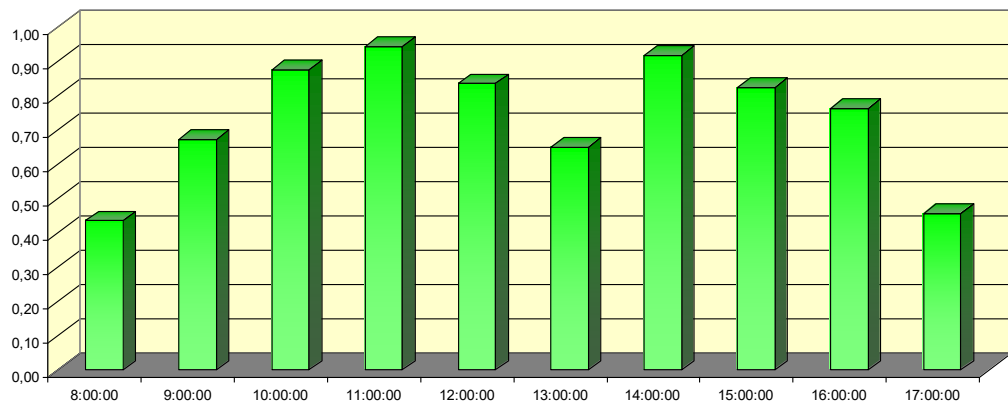


Рис. 1.14. Орієнтовна генерація у відносних одиницях від встановленої з 8:00 до 17:00 в ясний день (4 липня)

Багато сонячної радіації, поглиненої модулем сонячної панелі, не перетворюється в електричну енергію, а натомість призводить до збільшення температури модуля [34-36], що призводить до збільшення струму короткого замикання приблизно на 0,1% на 1 °C та зменшення напруги приблизно на 2 мВ на 1°C. Тому параметр «температура» є важливим параметром для вимірювання, щоб передбачити продуктивність системи сонячної панелі. Збір даних здійснюється контролером, який використовується для збору даних з різних датчиків перед відправленням їх на центральний комп'ютер. Дані з датчиків складаються з аналогових сигналів, які контролер потім перетворює на цифрові дані для зберігання, аналізу та презентації.

Існує безліч баз даних, доступних для використання на смартфоні на основі Android: база даних SQLite, база даних Sybase SQL Anywhere, база даних OracleDBLite, база даних IBM DB2 Everywhere. Існує три основних типи серверів, які можна запустити на смартфонах на базі Android (рис. 1.15). Щоб запуститись як сервер, пристрій Android повинен знати протоколи для обміну інформацією. Кожен протокол – це набір правил підключення, які виконуються всіма комп'ютерами або програмами для підключення до сервера. Три типи – веб-сервер, файловий сервер, медіа-сервер [14-16].

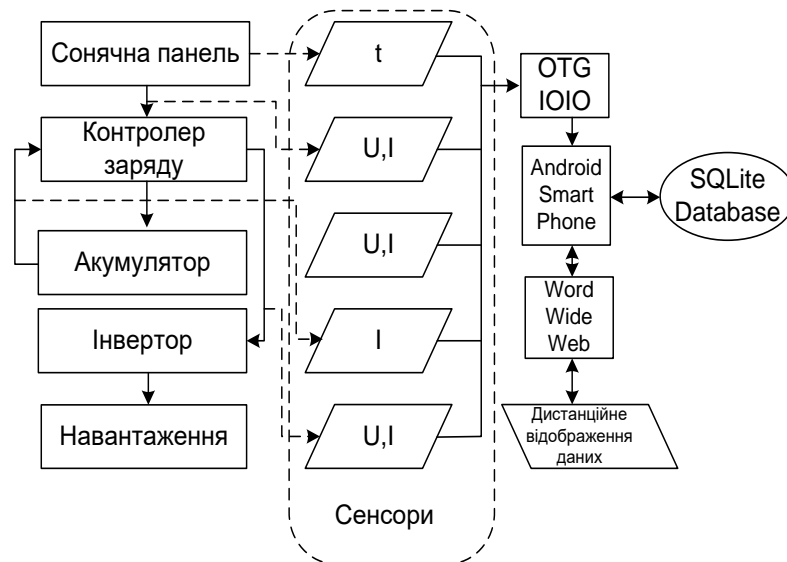


Рис. 1.15. Схема системи моніторингу параметрів режиму роботи сонячної панелі

Датчики напруги та струму між модулем сонячної панелі та контролером заряду вимірюють потужність, вироблену сонячною панеллю. Датчики напруги та струму між контролером заряду (функцією заряджання) та батареєю вимірюють потужність, акумулюються. Датчик струму між акумулятором та регулятором заряду (функція завантаження) у поєднанні з датчиком напруги між акумулятором та контролером заряду (функція зарядки) буде вимірювати потужність, що видає акумулятор [16]. Датчики напруги та струму між контролером заряду (функція завантаження) та інвертором потужності вимірюють потужність, яка генерується батареєю за допомогою силового інвертора. Зібрані аналогові дані будуть оброблені та оцифровані контролером ІОІО OTG. Цифрові дані будуть передані на смартфон (Android), де вони будуть зберігатися в базі даних SQLite. Смартфон (Android) також буде працювати як сервер, і збережені дані будуть доступні через Internet.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ ЛОПАТЕЙ ГІДРОАГРЕГАТУ Г1 САНДРАКСЬКОЇ ГЕС

З інформації, представленої головним конструктором з турбогенераторів, Кобзарем Костянтином Олександровичем та заступником начальника відділу проектування гідрогенераторів заводу «ЕЛЕКТРОВАЖМАШ», Шутемом Олександром Юрійовичем [17], можна зробити висновок, що забезпечення безаварійної роботи турбогенераторів та гідрогенераторів залишається повністю не вирішеним завданням протягом усього періоду експлуатації електричних машин [17, 18]. З огляду на те, що більшість електростанцій покривають пікові навантаження мережі, то вихід з ладу одиничної потужності може призвести до значних збоїв у енергосистемі в цілому. У роботах [19-21] детально описані основні елементи конструкцій турбо- та гідрогенераторів, а також принципи їх проектування. Конструкція електричних генераторів повинна задовольняти вимогам [22], а відповідність генераторів вимогам стійкості до механічних зовнішніх чинників (в тому числі сейсмостійкості) повинні бути підтверджені розрахунками згідно [23, 24]. Машини повинні допускати тривалу роботу з номінальною потужністю та максимальним навантаженням, що перевищує номінальне в кілька разів, а проміжок часу критичного режиму може становити до 5 хв., при відхиленнях напруги $\pm 5\%$ й частоти $\pm 2\%$ номінальних значень, при цьому, Під час критичних режимів напруга, що виникає при перевантаженні елементів статора та ротора генератора, не повинна перевищувати межі текучості, для забезпечення надійної роботи конструкції.

Як показує досвід, а також посилені вимоги до конструкцій роторів електрогенераторів, вузли та деталі повинні забезпечувати міцність вала генератора на крутильні коливання, які повинні підтверджуватися розрахунковим шляхом з подальшою експериментальною перевіркою.

Генератори повинні без пошкоджень й залишкових деформацій витримувати протягом 2 хв. аварійне підвищення частоти обертання на 20 % більше номінальної. На замовлення споживача можуть виготовлятися генератори, що допускають аварійне підвищення частоти обертання до 30 % більше номінальної. Існуючі методики дають великі похибки. Тому необхідно провести глибокий аналіз.

Особливістю енергетичного виробництва є безпосередній, тісний зв'язок між його елементами. Порушення в процесі виробітку, передачі або розподіленні електричної енергії можуть викликати порушення електропостачання цілого району, області і навіть суміжних областей. Діяльність людей в наші дні пов'язана з широким застосуванням електричної енергії, і порушення енергопостачання тягне за собою порушення роботи агропромислових підприємств, транспорту і ускладнюють побут населення. Тому першою вимогою Правил технічної експлуатації до робітників електричних станцій і електричних мереж є “забезпечення безперебійного електропостачання споживачів і надійної роботи обладнання”.

Ефективне та безпечне виробництво електроенергії є важливим чинником успішного розвитку будь-якої країни. Для України це питання на сьогодні набрало надзвичайної ваги, і від правильного його вирішення в цілому та за різними її аспектами безпосередньо, залежатиме в недалекому майбутньому її існування та безпека.

Зараз на електричних станціях, в експлуатації знаходиться велика кількість, турбо та гідрогенераторів які відпрацювали чимало років. Але заміна відпрацьованого електричного обладнання на нове для подальшої надійної та безперебійної, а також безпечної передачі електроенергії ускладнена відсутністю коштів. Тому актуальною стає задача розробки нових технічних умов використання [25].

2.1 Загальні відомості про будову генераторів

Для вироблення електроенергії на сучасних електричних станціях застосовуються синхронні генератори трифазного змінного струму. Вони поділяються на турбогенератори, що приводяться в обертання паровими або газовими турбінами, та гідрогенератори, у яких приводом є гідравлічна турбіна.

Для обох видів генераторів у нормальному режимі виконується відповідність між їхньою частотою обертання n , хв^{-1} , яка відповідає кількості обертів агрегату за хвилину, та частотою електричної мережі f , Гц. Ця залежність записується так:

$$n = \frac{60f}{p} \quad (2.1)$$

де p – число пар полюсів обмотки статора генератора. Парові та газові турбіни, що призводять до обертання турбогенератори, мають значні частоти обертання 3000 і 1500 хв^{-1} . Виходячи з того, що нормальна частота електричного струму в електричних мережах складає 50 Гц. Синхронні турбогенератори теплових електричних станцій мають два полюси на статорі. На АЕС в деяких випадках частота обертання генераторів складає 1500 хв^{-1} , такі генератори мають чотири полюси.

Турбогенератори виконуються з горизонтальним валом. Конструктивно турбогенератор має дві основні частини: нерухому (статор) і рухому, що обертається всередині статора (ротор). На нерухомій частині розташована трифазна обмотка змінного струму, закладена в пази заліза статора, що складається з окремих пластин електротехнічної сталі.

На роторі генератора розташована обмотка збудження, на неї подається постійний струм від спеціальних пристроїв, що називаються збуджувачами.

Ротор турбогенератора являє собою циліндр виконаний зі сталі високої міцності (так звана «бочка ротора»). Вздовж циліндра ротора профрезовані пази, в які закладена обмотка збудження, виготовлена зі штабової міді, штаби якої ізолюються від сталених частин ротора за допомогою мікалентної ізоляції.

Для того щоб при високій швидкості обертання під дією відцентрових сил штаби не переміщувалися, в пазах їх закріплюють металевими клинами. Загальний вигляд сучасного турбогенератора та його складової зображено на рис. 2.1.

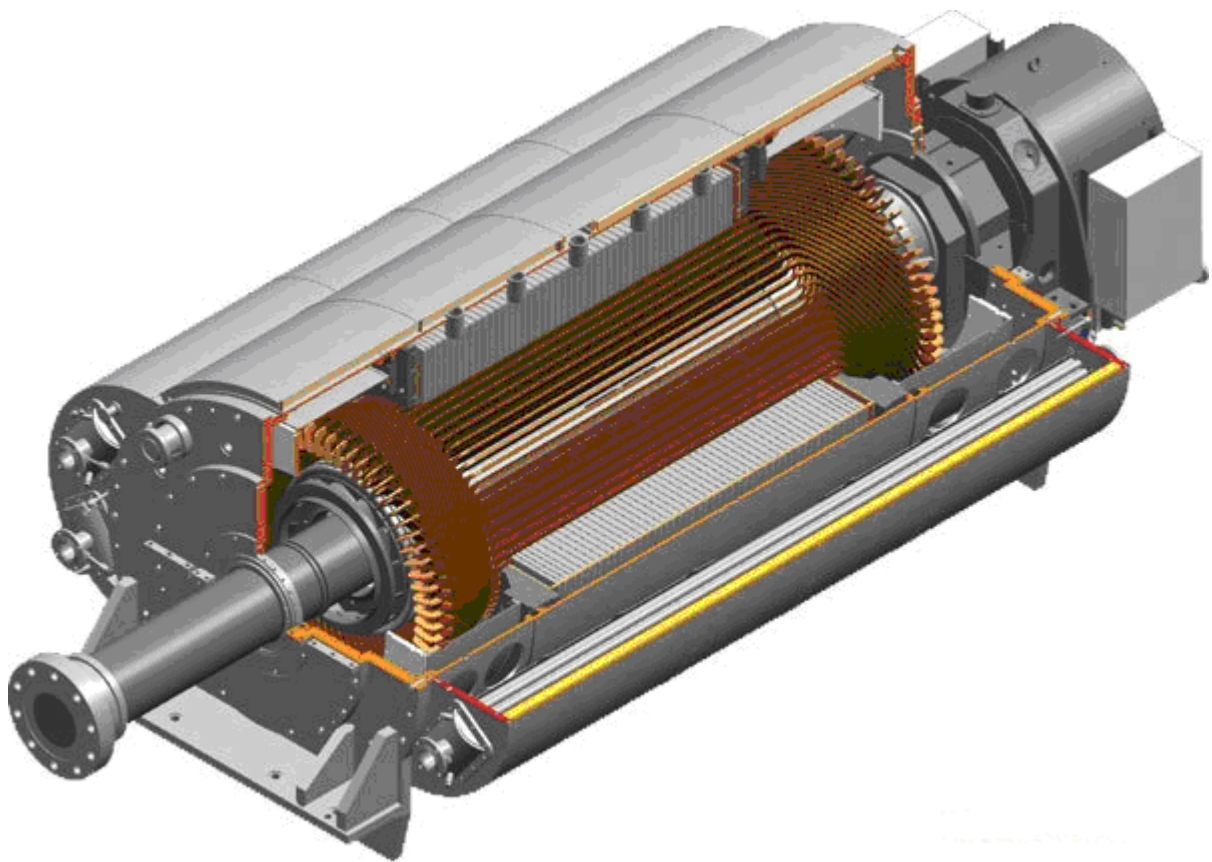


Рис. 2.1 – Загальний вигляд турбогенератора

Гідравлічні турбіни мають здебільшого відносно малу частоту обертання ($60 - 600 \text{ хв}^{-1}$). Частота обертання тим менша, чим менший напір води і чим більша потужність турбіни. Через усе це гідрогенератори є тихохідними і великими за розмірами машинами з великою кількістю полюсів. Вони мають явнополюсні ротори (рис. 2.2) і переважно вертикальне

розташування вала. Діаметри роторів потужних гідрогенераторів досягають 14-16 м, а діаметри статорів – 20-22 м. Котушки обмоток збудження закріплюються на полюсах.

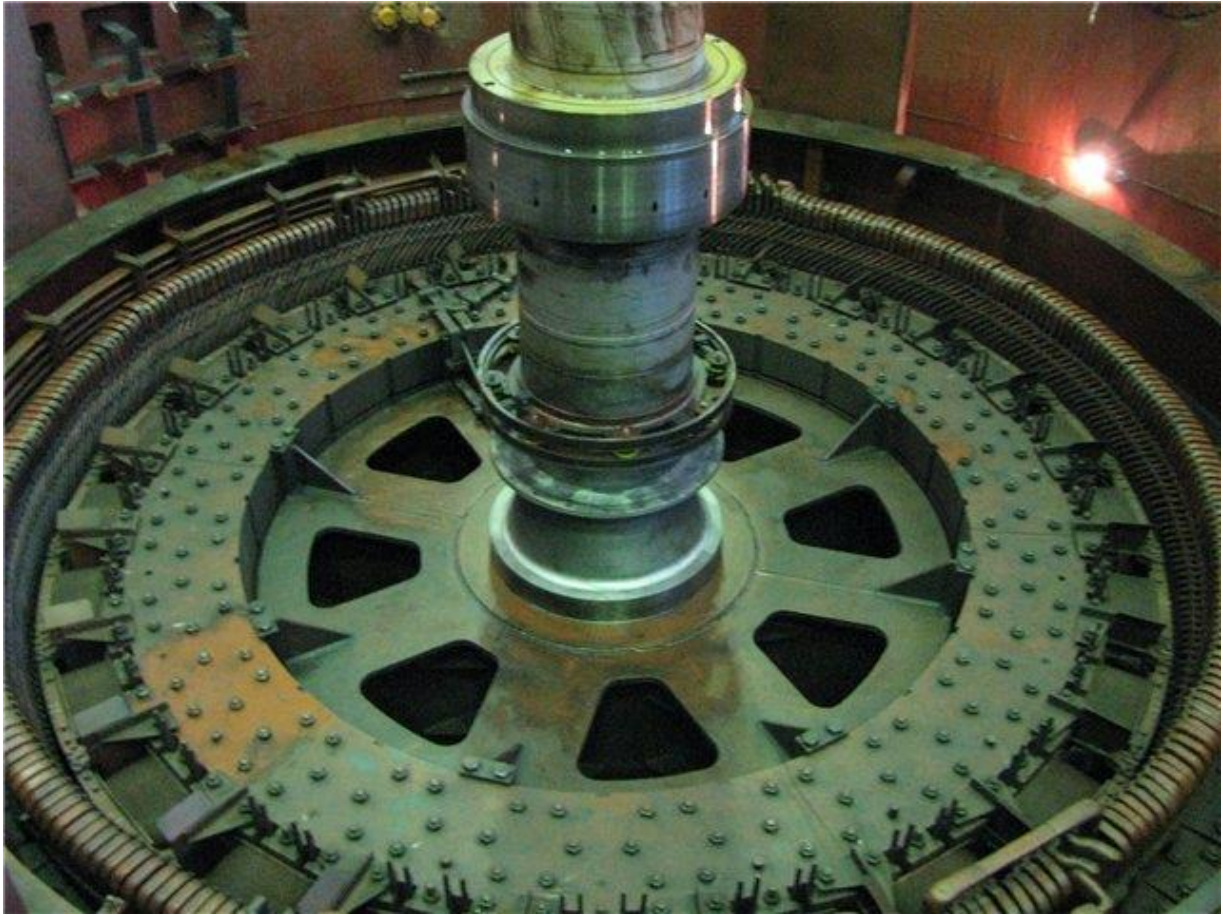


Рис. 2.2 – Ротор гідрогенератора

Статор гідрогенератора нічим не відрізняється від конструкції статора турбогенератора, на відміну від останнього він виконується роз'ємним, тому що через великі габарити його дуже важко транспортувати. І тому він розділяється на однакові частини (від 2 до 6), що дозволяє перевозити його до місця будівництва потужної ГЕС на спеціальних платформах поїздів або за допомогою автотранспорту. Сучасний вертикальний гідрогенератор зображено на рисунку 2.3.



Рис. 2.3 – Загальний вигляд потужного гідрогенератора

Останнім часом на ГЕС з низькими напорами застосовують горизонтальні гідрогенератори, які нічим не відрізняються від конструкцій турбогенераторів відповідних потужностей. Кожний генератор має відповідні величини напруги та струму статора і ротора, повної і активної потужностей та коефіцієнта корисної дії і $\cos \varphi$. Ці величини носять загальну назву номінальних параметрів генератора.

Принцип роботи синхронних генераторів базується на законі електромагнітної індукції Фарадея, згідно з яким у провіднику, що перетинає магнітне поле, наводиться ЕРС, пропорційна швидкості перетинання цього поля провідником, що рівнозначно швидкості зміни магнітного потоку Φ .

На відміну від однофазного синхронного генератора в трифазному генераторі на статорі розташовано три обмотки, кожна з яких зсунута відносно іншої на 120° .

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕС НА РОБОТУ РОЗПОДІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Використання відновлюваних джерел енергії

Кількість енергосистем з джерелами живлення розподіленої генерації, тобто енергосистем, до складу яких входять джерела розосередженого генерування (РГ), постійно збільшується. При цьому до джерел живлення РГ відносяться генератори малої потужності, у тому числі відновлювані джерела енергії з паралельно приєднаним до них навантаженням, які можуть працювати як автономно, так і паралельно з основною енергосистемою. Причому кількість таких джерел постійно збільшується. В країнах ЄС прийнята програма, яка передбачає до 2020 р. збільшення потужностей відновлюваних джерел енергії до 20 % від загальної встановленої потужності енергосистем. У цілому зростання використання відновлюваних джерел енергії в Європі складає близько 25 % на рік. Це пов'язано не тільки з загальною потребою у забезпеченні електроенергії, але й з проблемою підвищення надійності енергопостачання [17-19].

Використання РГ передбачає можливість генерування електроенергії в основну мережу поряд з забезпеченням електроенергією споживачів, які знаходяться у безпосередній близькості до джерела РГ, що зменшує втрати електроенергії при її передаванні.

Впровадження в енергосистемах джерел РГ змінює характеристики енергосистеми і створює певну кількість технічних проблем. Мова йде про проблеми, пов'язані з забезпеченням надійності функціонування та безпеки обслуговування, погіршенням показників якості електроенергії. Змінюються правила керування і планування режимів роботи енергосистем та РГ [20, 21].

Попри позитивні цілі, які несе інтеграція РГ до енергосистеми, це

призводить до зміни властивостей енергосистем. Зокрема, значно ускладнюється процес її керування. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці та впровадженні більш точних і жорстких стандартів експлуатації енергосистем з РГ.

Сучасна типова розподільна мережа середньої і низької напруг має вертикальну радіальну структуру. Електроенергія передається від знижувального трансформатора по радіальній мережі до споживача. При підключенні джерел РГ перетоки потужності у розподільні мережі можуть змінювати напрямки і, у крайньому випадку, протікати в зворотному напрямку до шин знижувального трансформатора [22-24]. Крім того, лінії електропередачі середньої або низької напруги, які традиційно мають вертикально-радіальну структуру і одне джерело енергії, перетворюються в лінії електропередачі з приєднанням багатьох джерел живлення та випадковим законом генерації електроенергії. Отже, виникає проблема реконструкції енергосистеми з урахуванням впливу джерел РГ на енергосистему.

3.2 Вплив розосередженого генерування на параметри режимів роботи енергосистеми

Крім того, поява джерел РГ змінює інші властивості енергосистеми. Що стосується вітроенергетичних установок (ВЕУ), то вони використовують асинхронні двигуни, які є споживачами реактивної потужності, мають пульсуючий нерівномірний режим генерації. Таким чином, слід передбачити, що споживачі, які використовують енергію ВЕУ, повинні мати резервні потужності у розмірі до 50 % від потужності ВЕУ. Крім того, змінюється співвідношення активної і реактивної потужностей в мережі. Установка емнісної компенсації реактивної потужності змінює частотні характеристики енергосистеми та склад вищих гармонік. Швидкі коливання вихідної потужності ВЕУ призводять до появи шкідливого ефекту “флікера” в

основній енергосистемі. Сонячні установки працюють лише вдень, мають пульсуючий нерівномірний режим генерації [25]. Їх інвертори генерують в електромережу вищі гармоніки.

У самих установках РГ, приєднаних до енергосистеми, мають місце проблеми, пов'язані з забезпеченням стійкості і надійності роботи, що потребує встановлення додаткової апаратури автоматики. Певною мірою на стійкість роботи установки РГ впливає режим роботи навантаження та співвідношення між потужністю, що споживається навантаженням РГ, та потужністю, яка передається в енергосистему. Маються на увазі, в першу чергу, особливості роботи асинхронних двигунів, приєднаних до джерел РГ [26, 27].

Слід зауважити, що гідроелектростанції мають нерівномірний сезонний характер генерації, а асинхронні генератори є споживачами реактивної потужності. Підключення компенсаторів реактивної потужності змінює частотну характеристику енергосистеми. Таким чином, після відновлення з'єднання джерела РГ, яке працювало автономно, з основною енергосистемою, змінюється частотна характеристика енергосистеми та виникають певні перехідні процеси. Такі збурення в енергосистемі можуть призвести до помилкової роботи пристроїв релейного захисту основної енергосистеми, ускладнення процесу керування енергосистемою, зменшення її стійкості. У споживачів такі збурення в енергосистемі можуть погіршувати показники якості напруги, частково зменшувати надійність постачання електроенергії.

Встановлені у віддалених точках енергосистеми джерела РГ підвищують рівень напруги у місці встановлення. Це є позитивною рисою РГ по відношенню до якості електроенергії. У той же час РГ можуть створювати негативні явища, генеруючи додаткові гармоніки.

У країнах ЄС при проектуванні використовують нормовані значення відхилення параметрів якості електроенергії, пов'язані з підключенням нового джерела РГ. До них належать максимальне відхилення напруги у

стаціонарних режимах, значення флікера, значення рівнів гармонік [28, 29].

Таким чином, інтеграція РГ до енергосистеми має як позитивний, так і негативний вплив на якість електроенергії і потребує проведення відповідного аналізу [30].

Збільшення частки РГ у загальній потужності енергосистеми призводить до виникнення нової властивості енергосистеми – підвищується її надійність завдяки можливості розділення енергосистеми на окремі райони в аварійних ситуаціях. Але реалізація такої властивості потребує певної модернізації енергосистеми [31].

Для підвищення техніко-економічної ефективності сумісної експлуатації РДЕ і розподільних електричних мереж необхідно розв'язати такі основні завдання, що дозволять збільшити виробництво електроенергії ВДЕ, зменшити втрати електроенергії в розподільних електромережах, покращити якість і надійність електропостачання споживачів [32-40].

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАЛИХ ГЕС ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АПК

Високі тарифи на електроенергію для підприємств АПК, безперервне зростання територіально рознесених і віддалених від електричних мереж сільськогосподарських об'єктів малої потужності, розташованих недалеко від водних потоків, призводить до потреби вирішення завдання створення недорогих та ефективних автономних автоматизованих мікро- та малих ГЕС з метою задоволення побутових і виробничих потреб електроенергії [41]. Висока енергетична щільність потоків води, широкі можливості регулювання їх енергії та відносна тимчасова стабільність режиму стоку більшості ріків дозволяють використовувати прості та дешеві системи генерації та стабілізації параметрів виробленої електроенергії. Екстраполяція відомих рішень створення мікро-ГЕС на область малих напорів та витрат водних потоків показала, що найбільш перспективними в зазначеному вище діапазоні є електростанції з водоналивними колесами (ВК) та асинхронними самозакипливими генераторами (АСГ). ВК прості по конструкції, мають низьку вартість, високі коефіцієнти корисного дії (ККД), надійні та прості в експлуатації, але їх використання як неорганізованих гідромонтерів у мікро-ГЕС значно підвищує вимоги до системи стабілізації величини і частоти виробленої напруги. Однак сучасні досягнення в області електромашинобудування, конденсаторного виробництва, напівпровідникової та трансформаторської техніки дозволяють створювати надійні та недорогі автономні автоматизовані мікро-ГЕС, що забезпечують отримання високоякісної електроенергії при мінімальних вимогах до гідродвигуна.

Використання малих гідроенергетичних установок мають багато переваг в порівнянні з великомасштабним виробництвом гідроенергії. ГЕС було визначено як гарну альтернативу генерації звичайної електроенергії для

багатьох країн, що розвиваються по всьому світу. Використання малих ГЕС має значні економічні переваги. Однак на їх надійну роботу впливають різні технічні та економічні фактори. У даній роботі представлено економічний аналіз та розвиток малих гідроелектростанцій. Світ вступає на новий етап з виробництва енергії. Основна увага приділяється скороченню викидів CO₂, підвищенню енергетичної безпеки та покращенню стійкості і надійності. Однак реалізація цього потребує додаткових коштів, які частково буде сплачувати споживач.

Тому генерація енергії повинна бути економічно обґрунтованою. Попит на нафтогазові ресурси продовжує зростати, і чітко прослідковується невизначеність, щодо довготривалої можливості використання нафти та газу, причиною якої є не тільки екологічні проблеми а й політичні конфлікти. На додаток до цього, після подій у Фукусімі, багато країн відмовилось від найдешевшої електроенергії. Крім того, проблеми з утилізацією відходів та зняття з експлуатації все ще існують, а витрати продовжують зростати. Хоча вугілля є дешевою альтернативою, викиди парникових газів надзвичайно високі, і це не може бути рішенням для розвитку довгострокової енергетики. Тому глобальне виробництво енергії має значно більше використовувати нові джерела поновлюваних джерел енергії та зосереджуватись більше на енергоефективності. Однак більшість відновлюваних джерел не є економічно життєздатними, що робить їх дуже непривабливими для країн, що розвиваються. Гідроенергетика є економічно вигідним джерелом відновлюваної енергії. Також гідротехнічна технологія є досить надійною і перевіреною для довгострокової енергетики. На розвиток глобального виробництва гідроенергії впливає відсутність потенційних об'єктів, значні капітальні витрати, тривалий періоду окупності тощо. Проте ці проблеми вирішуються з розвитком малих гідроенергетичних потужностей, які останнім часом набирають обертів. Зокрема, існує великий інтерес до запуску мікро-, міні- та малих ГЕС. Економічна привабливість мікро-, міні- та малих ГЕС багато в чому залежить від обраного місця та його гідрологічних

характеристик. Розмір системи та параметри проектування повинні бути ретельно вибрані для оптимізації економічної експлуатації електростанції. Зазвичай надійна і економічно вигідна експлуатація річкових електростанцій вимагає ефективного використання усього діапазону потоку води.

Проблеми і перспективи малої гідроенергетики України розглянуті в доповіді Нікіторовича А.В. «Малые гидроэлектростанции Украины: прошлое, настоящее, будущее», зокрема зазначено, що у 70-ті - 80-ті роки з розвитком великих ТЕС, атомних і гідроелектростанцій, зростанням централізації енергопостачання, а також низькими цінами на паливо і електроенергію в відомствах і підприємствах, на балансі яких перебували МГЕС, інтерес до них зник, почалася їх консервація та стихійний демонтаж.

На думку автора розвиток малої гідроенергетики України передбачає: оновлення та реконструкцію існуючих і діючих міні-ГЕС; будівництво нових міні-ГЕС в районах децентралізованого енергопостачання; будівництво міні-ГЕС в регіонах централізованого енергопостачання на наявних перепадах водосховищ і видатків; нове будівництво з концентрацією напору.

В аналітичній доповіді «Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України» авторів Суходолі О.М., Сидоренко А.А., Бегуна С.В., Білухи А.А. зазначено що «активізації розвитку МГЕС останніми роками сприяло запроваджене в Україні з 2009 року стимулююче законодавство, зокрема введення стимулюючих «зелених тарифів» на закупівлю електроенергії від виробників чистої енергії, зокрема малих ГЕС. Даний стимулюючий механізм запроваджений державою значно підвищити інтерес приватних інвесторів до відновлення об'єктів малої гідроенергетики. Переважно робота з відновлення малих ГЕС була проведена в Вінницькій, Черкаській, Хмельницькій, Тернопільській та Житомирській областях».

Тому турбіна та генераторні агрегати повинні мати такі технічні параметри, що дозволять працювати з високою ефективністю у всьому діапазоні. На додаток до цього, для підтримки синхронізму потрібен механізм управління агрегату з різною швидкістю потоку. В даній роботі

визначено оптимальний розмір системи для економічної експлуатації річкової гідроелектростанції.

В статті авторів Anuradha Wijesinghe і Loi Lei Lai розглядається проект побудови малої ГЕС на острові Шрі-Ланка. Вибране місце для побудови ГЕС розташоване в вологій зоні високогір'я Шрі-Ланки. Це забезпечує високий рівень необхідних опадів, а середні опади на об'єкті проекту приблизно 4400 мм. Природний підйом землі використовується для збільшення ККД. На рис. 1 показана зміна потоку вибраної річки протягом року.



Рис. 4. 1 Зміни швидкості потоку протягом року по місяцям

3. Потужність та енергетичний потенціал

Загалом, гідротурбіни оптимізуються навколо робочої точки, визначеної його гідравлічною головкою, витратою витрати та швидкістю обертання л. Вибір гідроагрегату визначається типом річки. Внаслідок великого діапазону зміни швидкості потоку турбіна не зможе працювати у всьому діапазоні потоку. Тому для розрахунку потенціалу генерації електроенергії проекту обрано різні діапазони потоку. Ефективною вважається конструкція турбіни, що здатна працювати при мінімальному об'ємі потоку кожного діапазона і вибирається як одна п'ята частина максимального. На додаток до цього, екологічний викид $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ вибирається для підтримки навколишнього середовища між споживанням та електростанцією. Мінімальний коефіцієнт витрат для роботи турбіни становить $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$, а після виключення потоку навколишнього середовища мінімальна швидкість потоку для виробництва енергії складає $0,75 \text{ м}^3/\text{с}$. Загальна ефективність системи $72,2\%$ очікується на основі наявних на сучасних ринках гідроелектромашин. Номінальна вихідна

потужність для різних діапазонів потоку розраховується з наступного рівняння.

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

де η , ρ , g – коефіцієнти корисної дії (турбіни, генератора, механічної передачі)

P – потужність;

η – ефективність системи;

ρ – щільність води (кг/м^3);

g – гравітаційна стала;

Q – об'ємна витрата води ($\text{м}^3 / \text{с}$)

H – висота напора, м;

Пікове виробництво електроенергії для системи будь-якого розміру одержується з наступного рівняння:

$$E_{\max} = P_{\max} \cdot t$$

E_{\max} – максимальне значення електроенергії;

P_{\max} – максимальне значення потужності;

t – кількість годин на рік, коли система забезпечує максимальну генерацію.

Очікувана генерація енергії протягом року, як правило, є набагато меншою, ніж максимальна. Очікувана річна генерація енергії розраховується на основі щорічної зміни швидкості потоку. Орієнтовна середня генерація енергії на рік для будь-якої системи обчислюється з наступного рівняння:

$$E_{\text{avg}} = \frac{1}{100} \sum_{k=n_1}^{n_n} P_k \cdot t \{N_k - N_{k+1}\}$$

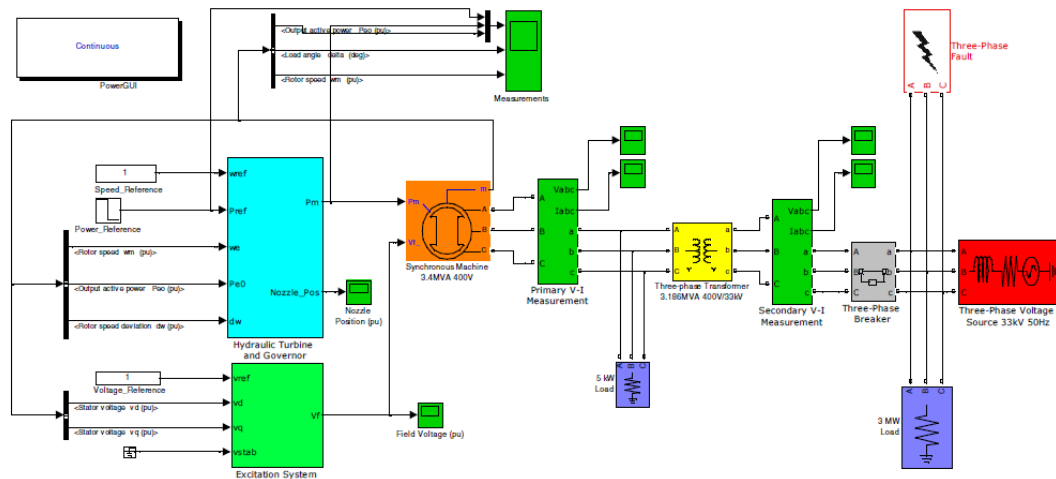
N_k - Абсолютна ймовірність заданої витрати.

Коефіцієнт потужності електростанції є показником використання її загального потенціалу. Він також відомий, як співвідношення середньої очікуваної генерації енергії до потенційної максимальної генерації енергії.

Коефіцієнт розраховується для кожного діапазону з використанням наступного рівняння:

$$C_f = \frac{1}{100} \left\{ \frac{\sum_{k=n_1}^{n_n} P_k \cdot t \{N_k - N_{k+1}\}}{P_{\max} \cdot t} \right\} \cdot 100\%$$

Незалежні малі електростанції мають юридичне зобов'язання підтримувати безпеку та якість електропостачання в межах нормативної бази. Основні компоненти розподільчих пристроїв включають основний вимикач, який використовується для підключення або відключення генератора від електромережі. Трансформатори приладів, силові трансформатори та трансформатори струму використовуються для перетворення високих напруг і струмів на більш контрольовані рівні для вимірювання. Заземлення здійснюється відповідно до вимог, встановлених оператором мережі. Вимірювальне обладнання (лічильники) встановлюються в точці підключення до розподільної мережі. Для удосконалення конструктивного виконання гідроагрегатів ГЕС і забезпечення ефективної роботи запропоновано використовувати імітаційну модель роботи ГЕС. Запропонована модель може використовуватись на етапі проектних робіт, а може адаптуватись і використовуватись в режимі реального часу. Основна перевага даного проекту це моделювання всіх режимів роботи гідроагрегатів як по прогнозованим та і реальним даним. Це дасть змогу зменшити шкідливий вплив всіх факторів, і підібрати оптимальні параметри роботи гідроагрегатів



Модель енергосистеми розроблена відповідно до розробленої раніше конструктивної специфікації. Набір інструментів розробки SimPowerSystems в середовищі Matlab / Simulink використовується для реалізації цього проекту. Розроблена модель являє собою модель замкнутого циклу, керований для підтримки швидкості обертання синхронізму. Швидкість ротора турбіни подвійно контролюється за допомогою спринклерного клапана та дефлекторного механізму, і обидві ці механізми об'єднуються в модель керування турбіною. Крім того, генераторна система збудження складається з механізму регулятора напруги, який забезпечує контроль за напругою на основі V_q та V_d компонентів напруги статора. Це дозволяє генератору підтримувати напругу на терміналі в широкому робочому діапазоні, підтримуючи синхронізм із сіткою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петрушенко О.Ю. Розв'язання двоїстої задачі оптимального керування нормальними режимами ЕЕС з застосуванням нейро-нечіткого моделювання / О.Ю. Петрушенко, Ю.В. Петрушенко, О.О. Рубаненко // Технічна електродинаміка. – 2012. – №2. – С. 36-37
2. Пат. № 51198 Україна, МПК⁸ Н02J3/24. Спосіб регулювання режиму роботи електроенергетичної системи [Текст] / Лежнюк П.Д., Рубаненко О.О. (Україна) ; заявник та патентовласник ВНАУ «Він. нац. тех. ун.-т». – № u200913258; заявл. 21.12.2009 ; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 4 с.
3. Лежнюк П. Д. Вплив ВДЕ на втрати активної потужності в ЛЕС/ П. Д. Лежнюк, О. О. Рубаненко, І. О. Гунько // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2015. – №3 (92). – С. 84-90.
4. Стаднік М. І. Аналіз ефективності генерації електроенергії на основі сонячної енергії в Вінницькій області / М. І. Стаднік, О.О. Рубаненко, С. В. Бондаренко // Збірник наукових праць ВНАУ: Серія техніка, енергетика, транспорт АПК – 2016. № 2 (94). – С. 104-114.
5. Стаднік М. І. Визначення рівня генерації електроенергії на сонячній електростанції відносно її встановленої потужності / М. І. Стаднік, О. О. Рубаненко, С. В. Бондаренко // Збірник наукових праць ВНАУ: Серія техніка, енергетика, транспорт АПК– 2016. № 3 (95). - С. 213-220.
6. Орел, И. Возобновляемая энергетика в Украине: шаг вперед, два шага назад. / И. Орел – 2017. – Электронный ресурс: <https://economics.unian.net/energetics /2178574-vozobnovlyae-maya-energetika-v-ukraine-shag-vpered-dva-shaga-nazad.html>
7. Lezhnyuk, P. Providing fixed level of electric energy supply quality in conditions of renovation of power distribution electrical networks with renewable energy sources / P. Lezhnyuk, V. Komar, S. Kravchuk, O. Nanaka // Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017 IEEE First Ukraine Conference. – 29 May-2 June 2017. doi:10.1109/UKRCON.2017.8100514 (Scopus)
8. Lezhnyuk, P. Impact of renewable sources of energy on the level of active

power losses in distribution networks / P. Lezhnyuk, V. Komar, Buslavets, O. // 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPS. Conference Proceedings.– 2016. doi: 10.1109/IEPS.2016.7521856 (Scopus)

9. Lezhnyuk, P. The influence of distributed power sources on active power loss in the microgrid / P. Lezhnyuk, V. Komar, I. Hunko and oth. // Przegląd Elektrotechniczny.– Volume 93 .– Issue 3.– 2017.– P. 107-112. doi: 10.15199/48.2017.03.25 (Scopus)

10. Гордієвський, В. Дослідження ефективності застосування фотовольтаїчних систем для потреб енергозабезпечення будинків. – 2017. – Електронний ресурс: r.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/10774/272.pdf?sequence=3

11. Іщук, Я. О. Дослідження ефективності використання вітрогенератора та сонячної батареї, як допоміжних джерел електричної енергії / Я. О. Іщук, С. А. Пандюк, Ю. К. Тодорцев // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – № 4/2(18). – С. 7-10.

12. Stamatia, G. F. Modeling and simulation of an autonomous hybrid power system / G. F. Stamatia, G. S. Sara, R. C. Harold // Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2017 52nd International 28-31 Aug. – 2017. – doi:10.1109/UPEC.2017.8231915

13. Venkataramanan, G. A larger role for microgrids / G. Venkataramanan, C. Marnay // IEEE power and energy magazine. – May / June 2008. – № 6. – P. 78-82. – doi: 10.1109/MPE.2008.918720

14. Паспорт сонячної панелі TALESUN TP660P 60 cell series – 2017. / Доступно за адресою: www.talesun.com

15. Бацала, Я. В. Удосконалення засобів контролю параметрів електроенергії відновлювальних джерел енергії / Я. В. Бацала, І. В. Гладь, О. І. Кіянюк // Нафтогазова енергетика. – 2015. – № 1(23). – С. 52-60.

16. Jackson, J. Energy monitoring of a SMME photovoltaic power system / J. Jackson, S.P D. Chowdhury // Conference: 2017 52nd International Universities Power Engineering – doi: 10.1109/UPEC.2017.8231989

17. Kobzar, K., Shut, O., Ovsiannykova, O., Senetskyi, O. and Tretiak, O. (2016), «Analysis of causes of turbogenerators and hydrogenerators damages by the method of determination of complicated stressed state of the parts», Bulletin of NTU «KhPI». Series: Power and heat engineering processes and equipment, no. 8(1180), pp. 136–142, ISSN 2078-774X, doi: 0.20998/2078-774X.2016.08.19.

18. Назояин, А. Л. Управление развитием дефектов на работающем генераторе [Текст] / А. Л. Назояин, В. И. Поляков // Электрические станции. – 2006. – № 1. – С. 49–52.

19. Алексеев, Б. А. Определение состояний (диагностика) крупных турбогенераторов [Текст] / Б. А. Алексеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2001. – 152 с. – ISBN 5-93196-097-X.

20. Алексеев, А. Е. Конструкция электрических машин [Текст] / А. Е. Алексеев. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 427 с.

21. Данилевич, Я. Б. Добавочные потери в электрических машинах [Текст] / Я. Б. Данилевич, Э. Г. Кашарский. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 214 с.

22. Кашарский, Э. Г. Потери и нагрев в массивных роторах синхронных машин [Текст] / Э. Г. Кашарский, Н. Б. Чемоданова, А. С. Шапиро. – Л.: Наука, 1968. – 200 с.

23. ГОСТ 533-85. Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы. Общие технические условия. – Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 17 с.

24. ГОСТ 17516.1-90. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам. Межгосударственный стандарт. – Введ. 01.01.93. – М.: Стандартинформ, 1993. – 46 с.

25. Комар В. О. Аналіз впливу розосередженого генерування на режим роботи розподільних електричних мереж / В. О. Комар, О. В. Кузьмик // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво» – Випуск 25. – 2014. – С. 108-113.

[Електронний ресурс] Режим доступу: <http://msd.in.ua/zagalna->

informaciya-pro-mali-ges/

26. Карамушка О. М. Мала гідроенергетика України. Стратегія та поточні проблеми розвитку. Погляд асоціації "Укргідроенерго" / О. М. Карамушка // Гідроенергетика України, – 2012. – № 4. [Електронний ресурс] Режим доступу:[http://www.uge.gov.ua/clients/ukrge/site.nsf/\(documents\)/3979CCE99B4E2449C2257AFC0046191F](http://www.uge.gov.ua/clients/ukrge/site.nsf/(documents)/3979CCE99B4E2449C2257AFC0046191F).

27. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 194 с.

28. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

29. Лагутін В. М. Власні потреби електричних станцій: навчальний посібник / В. М. Лагутін, В. В. Тептя, С. Я. Вишневський. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 102 с.

30. Рожкова Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.

31. А. В. Праховник Малая энергетика: распределённая генерация в системах энергоснабжения. – Київ "Освіта України" 2007. – 463 с.

32. Двоскин Л. Н. Схемы и конструкции распределительных устройств / Л. Н. Двоскин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 220 с.

33. Гук Ю. Б. Проектирование электрической части станций и подстанций / Ю. Б. Гук, В. В. Кантан, С. С. Петрова. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 312 с.

34. Кириленко О. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Випуск 24.– Київ. – 2009. – С. 3–7. – ISSN 1727–9895.

35. Кулик В. В. Дослідження ефективності сумісної експлуатації локальних електричних мереж з ВДЕ та систем централізованого електропостачання / В. В. Кулик, О. Б. Бурикин, Ю. В. Малогулко // Вісник

НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2014. – № 1 (16). С. 107-113.

36. Лежнюк П. Д. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії з використанням smart grid технологій / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук, І. В. Котилко // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології. – 2014. – № 2 (2). – С. 17–20.

37. Малі ГЕС в локальних електричних системах з розосередженим генеруванням / О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик // Гідроенергетика України. – 2011. – № 1. – С. 54–58.

38. Лежнюк П. Д. Вплив відновлюваних джерел енергії на функціонування розподільних електричних мереж / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, В. В. Кулик // Енергетика та електрифікація. – 2015. – № 1. – С. 8-12.

39. Гідроенергетика; Гідроелектростанція; Малі ГЕС України - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

40. Народенко А. А. Гідроенергетика: недоліки та переваги- [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://h.ua/story/356782/>

41. Разработка микро-ГЭС с асинхронными генераторами для сельскохозяйственных потребителей тема диссертации и автореферата по ВАК 05.20.02, кандидат технических наук Свит, Павел Петрович Наукова бібліотека дисертацій та авторефератів disserCat <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-mikrogges-s-asinkhronnymi-generatorami-dlya-selskokhozyaistvennykh-potrebitelei#ixzz5BRRIZA3e>