

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ФЕРА ВОЛОДИМИР АНДРІЙОВИЧ

УДК 621.313.322

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
РОБОТИ МАЛИХ ГЕС
З АСИНХРОННИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник

кандидат технічних наук, доцент
Зінь Мирослав Михайлович,
доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент
Федак Сергій Ігнатович,
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2018 р. о 17:00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

Секретар

екзаменаційної комісії № 38

Коцорко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах постійного зростання дефіциту та підвищення вартості енергоресурсів використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є одним з напрямків забезпечення екологічної та енергетичної безпеки України. Використання нетрадиційних джерел енергії (НДЕ) в електроенергетичних системах (ЕЕС) є тим резервом, що за певних умов може забезпечити суттєву економію енергоресурсів. Економія енергоресурсів досягається в результаті використання відновлюваних джерел первинної енергії та децентралізації вироблення електроенергії і, як наслідок, зменшення витрат на її транспортування та розподіл.

В останні десятиліття у світі спостерігається стійкий інтерес до проблеми використання поновлюваних джерел енергії. Це викликано, у першу чергу, бажанням знизити негативний вплив енергетики на навколишнє середовище. В енергобалансі всіх розвинених країн світу зростає частка відновлювальних джерел електроенергії (ВДЕ). Наприклад, в країнах Євросоюзу розглядається можливість доведення цієї частки в 2020 р. до 20 %. Наряду з вітроенергетикою значна роль тут відводиться гідроелектростанціям (ГЕС), зокрема малим ГЕС (МГЕС).

Для України проблема розбудови та експлуатації малих ГЕС не є новою. Пік будівництва МГЕС в Україні мав місце у повоєнні роки, а до кінця 50-х років у країні експлуатувалося 956 станцій на малих річках. Однак, зростання енергоємності промислового виробництва і, як наслідок, підвищення концентрації виробництва електроенергії на великих теплових, гідравлічних, а також атомних електростанціях в умовах практичної відсутності екологічних вимог та заниженої вартості первинних енергоносіїв призвело до занепаду малої гідроенергетики. Наслідком цього стало фактично повне її руйнування.

Останнім часом в Україні появилось розуміння необхідності відновлення існуючих та будівництва нових малих ГЕС. Проте темпи розвитку малої гідроенергетики на сьогодні стримуються цілим рядом факторів. Основними проблемами в відновленні та експлуатації малих ГЕС є:

- відсутність, як правило, будь-яких документів по будівлях, спорудах, обладнанню та водних ресурсах;
- відсутність серійного обладнання, виходячи з чого практично кожна мала ГЕС потребує індивідуального підходу та відповідно індивідуального замовлення обладнання, а це завжди призводить до підвищених капіталовкладень та експлуатаційних видатків;
- великий термін повернення вкладених коштів (за наявної тарифної політики більше 7 років) та відсутність механізму пільгового кредитування зі ставкою менше 9 % річних з обсягом кредиту до 5 млн. грн.

У ряді країн для перетворення енергії в галузі відновлюваної енергетики знайшли широке застосування асинхронні генератори (АГ) змінного струму. Досвід показує, що для ГЕС з малими встановленими потужностями вони мають істотні переваги порівняно з синхронними. Це пов'язано у першу чергу, з низькою вартістю, простотою конструкції та експлуатації у нормальних режимах, стійкістю до зовнішніх аварій, значним ресурсом. Вказані переваги знайшли практичне підтвердження під час експлуатації ряду МГЕС з асинхронними генераторами на

території України. Але дані генератори мають ряд недоліків: неможливість регулювання напруги та споживання реактивної потужності, виникнення коливань активної потужності при певних ковзаннях ротора, накиди реактивної потужності під час пуску агрегату. Для компенсації впливу зазначених факторів необхідно на етапі формування технічних умов закладати в проект додаткове обладнання, що збільшує вартість МГЕС.

З погляду на складність та особливості режимного характеру каскадів МГЕС, як об'єктів керування, очевидно, що визначення та своєчасна реалізація керувальних впливів для забезпечення оптимальних режимів їх роботи у відповідності зі змінами зовнішніх впливів можливі лише за допомогою автоматизованих систем керування (АСК), з поступовим підвищенням міри автоматизації. Визначення оптимальних параметрів окремих МГЕС у цьому випадку може здійснюватися за допомогою різноманітних методів оптимізації. Але найбільш адекватне розв'язання даної задачі забезпечують методи та підходи, які дозволяють отримати стійкі функціональні зв'язки між контрольованими параметрами та параметрами керування, що визначені базуючись на фізичних процесах перетворення енергії на малих ГЕС, а також передачі та розподілу електроенергії в ЕЕС.

Досвід розробки та експлуатації засобів АСК малими ГЕС підтверджує, що задачі автоматизації оптимального керування необхідно розв'язувати виходячи з системного підходу, а застосування програмованих мікропроцесорних систем істотно спрощує створення технічного забезпечення автоматизованих систем керування, оскільки вони надають можливість розвивати діючі системи керування і доповнювати їх необхідними функціональними задачами.

Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації малих ГЕС з асинхронними генераторами в електричних мережах за рахунок оптимізації їх параметрів та застосування засобів автоматичного керування.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі основні завдання:

- дослідження шляхів і засобів підвищення ефективності експлуатації малих ГЕС у електричних системах;
- дослідження задач, пов'язаних з підвищенням енергетичної ефективності каскадів ГЕС, та формування умов оптимальності їх режимів;
- розроблення загальної концепції автоматизації вироблення електроенергії каскадом малих ГЕС, а також структури автоматизованої системи керування (АСК) малими ГЕС;
- дослідження економічних та технічних факторів, що визначають якість експлуатації генераторного обладнання на малих ГЕС.

Об'єкт дослідження – малі ГЕС з асинхронними генераторами.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення ефективності роботи малих ГЕС з асинхронними генераторами в електричних мережах енергосистем.

Методи досліджень. Для аналізу та розв'язання поставлених задач використані статистичні методи обробки. Для розробки алгоритмів і програм аналізу режимів МГЕС та їх впливу на режими роботи ЕМ, а також формування алгоритмів оптимального керування каскадами ГЕС використовувалися матрична алгебра. Для розробки структурних схем АСК ГЕС було використано основні положення теорії автоматичного керування.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Обґрунтовано доцільність використання для малих ГЕС асинхронних генераторів, визначено діапазон номінальних потужностей асинхронних генераторів, що відповідає їх ефективному використанню на малих ГЕС України і дозволяє більш обґрунтовано приймати рішення з визначення складу основного обладнання для них.

2. Доведено, що вплив малих ГЕС з АГ на перетоки реактивної потужності в електричних мережах є практично стабільним, що дозволяє обґрунтувати можливість його оптимальної компенсації на станціях статичними джерелами реактивної потужності без застосування засобів автоматичного керування.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Встановлено граничну потужність ефективного використання асинхронних генераторів на малих ГЕС у режимі паралельної роботи з ЕЕС, а також сформульовано рекомендації щодо вибору асинхронних машин для використання їх в генераторному режимі.

2. Розроблено алгоритм оцінки додаткових втрат електроенергії, зумовлених впливом генерації малих ГЕС на режими роботи розподільних електричних мереж, що дозволяє враховувати вказаний фактор під час формування диспетчерських графіків ведення режиму ГЕС.

3. Розроблено структурну схему АСК каскадом малих ГЕС та обґрунтовано послідовність її впровадження, що дає можливість в умовах обмежених капіталовкладень забезпечити технічні передумови для переходу від ручного до автоматизованого керування добовими режимами роботи станцій в каскаді.

Особистий внесок магістранта:

– аналіз поточного стану малої гідроенергетики України та виявлення переліку основних проблем на шляху розбудови малих ГЕС;

– обґрунтування доцільності автоматизації малих ГЕС як засобу підвищення їх ефективності та розробка структури автоматизованої системи керування каскадами малих ГЕС;

– обґрунтування можливості компенсації споживання реактивної потужності асинхронними генераторами на малих ГЕС з використанням нерегульованих конденсаторних установок.

Публікації. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на XI Міжнародній студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (26-27 квітня 2018 року, м. Тернопіль).

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 9 розділів, висновків та списку використаних джерел. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 118 аркушів формату А4, графічна частина – 6 аркушів формату А1.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні

задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

В першому розділі проведено літературний огляд за напрямком магістерської роботи, зокрема, подано: стан та загальну характеристику проблеми; аналіз досвіду застосування асинхронних генераторів для потреб малої гідроенергетики; вибір асинхронних машин та забезпечення ефективності їх експлуатації у генераторному режимі.

В основній частині приведено моделювання режимів роботи каскаду малих ГЕС з асинхронними генераторами, описано особливості їх роботи в електричних мережах енергосистем.

В спеціальній частині описано використання САПР при проектуванні малих ГЕС з асинхронними генераторами.

В частині «Обґрунтування економічної ефективності» виконано оцінку економічної ефективності роботи малих ГЕС з асинхронними генераторами.

В частині «Охорона праці» описано загальні принципи організації пожежної безпеки та електробезпеку й захисне заземлення електрообладнання.

В частині «Безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто дослідження стійкості роботи підприємств електроенергетики в надзвичайних ситуаціях та аварії на гідротехнічних спорудах.

В частині «Екологія» обґрунтовано актуальність охорони навколишнього середовища та описано екологічні проблеми використання малих ГЕС.

У загальних висновках описано прийняті в роботі технічні рішення та організаційно-технічні заходи, які забезпечують виконання завдання на проектування; оригінальні технічні рішення, прийняті автором в процесі роботи; технічні рішення, що можуть бути впроваджені у виробництво; техніко-економічні показники та їх порівняння з базовими.

В графічній частині приведено креслення, ілюстрації, графіки, діаграми та таблиці, що доповнюють пояснювальну записку дипломної роботи магістра.

ВИСНОВКИ

1. Спираючись на результати теоретичних та практичних досліджень техніко-економічних аспектів проектування й експлуатації малих ГЕС в Україні, показано можливість й доцільність застосування асинхронних генераторів для перетворення енергії на таких станціях. В якості генераторів на малих ГЕС можуть використовуватися асинхронні двигуни, що випускаються серійно. Аналіз експлуатаційних видатків для малих ГЕС з різними типами генераторів дозволив встановити діапазон номінальних потужностей асинхронних генераторів, що відповідає їх ефективному використанню – 0,1–1,4 МВт. Останнє дозволяє більш обґрунтовано приймати рішення щодо проектування електричної частини малих ГЕС.

2. Сформовані умови оптимальності режиму роботи каскаду малих ГЕС з урахуванням електричних та гідравлічних зв'язків можуть бути використані для формування диспетчерських графіків або законів керування для окремих ГЕС.

Реалізація цих умов дозволяє визначати оптимальну послідовність керувальних впливів для окремих малих ГЕС у каскаді і максимально ефективно використовувати водні ресурси.

3. В діапазоні робочих навантажень асинхронних генераторів на малих ГЕС споживання реактивної потужності ними є практично незмінним. Це вказує на те, що потужність статичних джерел реактивної потужності на станції може бути оптимізована і вони можуть бути без засобів автоматичного керування. Якщо компенсуючу установку, встановлену на малій ГЕС з АГ, планується використовувати для компенсації реактивної потужності і в електричних мережах, то її потужність і доцільність оснащення її автоматичним регулятором необхідно визначати в кожному конкретному випадку, виходячи з балансу реактивної потужності.

4. Показано, що запропоновані в роботі алгоритми оцінки додаткових втрат потужності від адресних перетоків в електричних мережах можуть бути ефективно використані для планування значення втрат електроенергії при роботі ГЕС з конкретним споживачем. Показано, що втрати потужності від адресних перетоків у випадку застосування асинхронних генераторів на малих ГЕС є переважно меншими порівняно з використанням синхронних генераторів.

5. Розроблено метод оцінки впливу малих ГЕС з генераторами різного типу на втрати потужності у розподільних електричних мережах, що дає можливість більш обґрунтовано вибрати схему приєднання станції до електричних мереж. Зокрема показано, що доцільним є приєднання ГЕС безпосередньо до розподільних електричних мереж 10 (6) кВ, а не до шин живильних підстанцій 110 (35) кВ.

6. Запропоновано трирівневу ієрархічну автоматизовану систему керування малими ГЕС та розроблено алгоритми її функціонування з використанням локальних САК. Це дозволяє забезпечити децентралізацію функцій керування за спільним критерієм оптимальності, забезпечує високу надійність та ефективність системи і, разом з тим, дає істотне скорочення капітальних витрат на її розробку та впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Фера В.А. Застосування асинхронних генераторів для потреб малої гідроенергетики [Текст] // Тези доповіді на XI Міжнародній студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (26-27 квітня 2018 року, м. Тернопіль). – Тернопіль, ТНТУ, 2018. – С. 119-120.

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі наведено нове вирішення актуальної задачі підвищення ефективності проектування та експлуатації малих ГЕС з асинхронними генераторами в розподільних електричних мережах, що полягає у виборі оптимальної потужності генераторів і компенсуючих установок, автоматизації керування й оптимізації роботи станцій в каскаді та в складі електричної мережі і

дозволяє найефективніше використовувати водні ресурси, зменшувати собівартість та збільшувати обсяги виробленої електроенергії.

Ключові слова: ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, МАЛА ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, АСИНХРОННИЙ ГЕНЕРАТОР, ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА

ANNOTATION

The master's thesis presents a new solution to the actual problem of increasing the efficiency of designing and operating small HPPs with asynchronous generators in distribution electrical networks, which consists in choosing the optimal power of generators and compensating plants, automating the control and optimization of stations in the cascade and in the composition of the electrical network, and allows the most efficient to use water resources, to reduce the cost price and increase the volume of produced electricity.

Key words: ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, SMALL HYDRO POWER PLANT, ASYNCHRONOUS GENERATOR, ELECTRICAL NETWORK