

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Гунько Ірини Олександрівни «Оптимальне керування режимами електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії з використанням Smart Grid технологій», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – Електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертації.

Останні роки функціонування енергетики України характеризується розбудовою в розподільних електричних мережах відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Стрімке зростання кількості таких ВДЕ перетворює розподільні електричні мережі в локальну електричну систему викликаючи появу низки нових задач, серед яких: узгодження графіків навантаження споживачів і генерування ВДЕ, оптимальне керування потоками потужності з метою зменшення втрат електроенергії і покращення її якості та інші. На сьогодні актуальним є оптимальне інтегрування ВДЕ в електричні мережі енергосистем. Метою дисертаційної роботи Гунько І. О. є зменшення втрат електроенергії в локальних електричних системах шляхом узгодженого керування генеруванням сонячних електростанцій та малих гідроелектростанцій. Зокрема, автором розроблено метод коригування потоків потужності в локальних електричних системах з ВДЕ шляхом оптимального керування потужністю генерування малих гідроелектростанцій та розвинуто математичну модель нормального режиму локальної системи з сонячними електростанціями і гідроелектростанціями для оцінювання впливу останніх на втрати активної потужності в електричній мережі, що дозволяє визначити зони нечутливості систем автоматичного керування джерел живлення і встановити порядок коригування ними поточкорозподілу в електричній мережі.

Дисертаційне дослідження виконано згідно з науковим напрямком кафедри електричних станцій та систем Вінницького національного технічного університету, зокрема за держбюджетними темами «Оптимізація функціонування електричних мереж енергосистем в умовах зростання навантаження споживачів та децентралізації їх живлення» (№ держреєстрації 0110U002161) та «Інтелектуалізація електроенергетичних систем з відновлювальними джерелами енергії на основі принципу Гамільтона-Остроградського» (№ держреєстрації 0113U003138). Автор брала участь у виконанні цих робіт як виконавець.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам.

В *першому розділі* з метою ефективного використання ВДЕ було проаналізовано технічний стан обладнання, що експлуатується в розподільних мережах напругою 10 кВ на прикладі Ямпільських розподільних електричних мереж. Автором оброблені та систематизовані статистичні дані

пошкоджуваності обладнання в цьому підприємстві за два останніх роки. По результатах дослідження можна зробити висновок, що в цілому показники надійності на порядок гірші аналогічних показників в розвинутих закордонних країнах. Отже, і споживач, і виробник електроенергії (власник ВДЕ) зацікавлені у покращенні надійності електропостачання. Обґрунтовано задачі, що вирішуються в дисертаційній роботі.

В *другому розділі* автором розроблено математичну модель для визначення впливу режимів роботи ВДЕ (наприкладі, сонячних електростанцій) на технічний стан обладнання розподільних електричних мереж, а зокрема на найбільш пошкоджуване обладнання, таке як, трансформатори напруги, муфти кабельних ліній та розрядники. Для розрахунку усталеного режиму розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами енергії математична модель за методом вузлових напруг адаптована до форми вихідних даних таких мереж, а також до задач, що розв'язуються. Метод і відповідний алгоритм дозволяють розраховувати режими, коли схема мережі замкнена і розімкнена, але частина ліній (ті, що з ВДЕ) є лініями з двостороннім живленням. Причому окремі лінії електропередачі можуть об'єднувати декілька різнотипних розосереджених джерел енергії.

В *третьому розділі* автором розроблено алгоритми визначення впливу розподіленого генерування на функціонування локальної електричної системи і формування умов оптимальності її режимів. На прикладі Ямпільських розподільних електричних мереж проведено розрахунок раціонального місця секціонування мереж з розосередженими джерелами енергії з урахуванням умов надійності електропостачання та мінімальних втрат активної потужності в мережі. З метою дослідження ефективності використання окремої гідравлічної електростанції для керування потоками потужності, автор використовує апарат теорії чутливості оптимальних рішень. Висока оцінка ефективності окремих розосереджених джерел енергії в оптимальному керуванні режимами локальних електричних систем може бути підставою для подальшого вивчення можливості збільшення їх потужності, а також розширення регулюючих здатностей.

В *четвертому розділі* проведено комп'ютерне моделювання усталених та перехідних режимах роботи, в програмних середовищах ГрафСканер та PSCAD. Результати моделювання свідчать, що необхідно узгоджено керувати різнотипними розосередженими джерелами енергії, була доведена можливість використання малих ГЕС для коригування потоків потужності та з метою зменшення втрат активної потужності в локальних електричних системах. Вдосконалено автоматизовану систему керування роботою. Зокрема працюючу АСК розширено блоками «Оцінка впливу розосереджених джерел енергії на режим розподільних електричних мереж» та «Коригування потужності розосереджених джерел енергії».

На підставі аналізу змісту дисертації можна зробити висновок, що Гунько І. О. розв'язала поставлені нею задачі і досягла поставлену в роботі мету –

розробила методи і засоби зменшення втрат електроенергії в розподільних електричних мережах завдяки узгодженому керуванню генерацією сонячних електричних станцій і малих ГЕС.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна.

В дисертації Гунько І. О. отримала такі результати, які мають суттєву наукову новизну:

– розроблено метод керування потоками потужності в локальній електричній системі з відновлюваними джерелами електроенергії для зменшення в ній втрат електроенергії, регулюючи потужність генерування малих гідроелектростанцій;

– розширено математичну модель нормального режиму локальної електричної системи з сонячними електростанціями і гідроелектростанціями для оцінювання впливу останніх на втрати в ній потужності;

– розвинуто метод визначення оптимального місця секціонування розподільної електричної мережі з врахуванням функціонування в ній розосереджених джерел електроенергії.

Положення і висновки щодо методів і засобів керування режимами електричних мереж та побудови математичних моделей в роботі достатньо обґрунтовані. Вони базуються на теорії подібності і моделювання, лінійного та нелінійного програмування, матричної алгебри, декомпозиції та об'єктно-орієнтованого аналізу.

Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані і відповідають дійсності. Достовірність їх досягається коректністю використання математичного апарату та наукових положень. Перевірка ефективності розроблених методів та алгоритмів проводилася на основі аналізу результатів моделювання з допомогою сертифікованих пакетів програм розрахунку режимів електричних мереж. Як вихідні дані для обчислювальних експериментів використовувалася інформація реальних електричних мереж.

Основні результати дослідження **достатньо апробовані**. Вони доповідались на науково-технічних конференціях і опубліковані в 16-ти роботах. З них 7 статей у фахових наукових виданнях, які входять до переліку ДАК, стаття в періодичному іноземному виданні, 7 в інших виданнях, патент України на корисну модель. Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок, що в них в повному об'ємі опубліковані матеріали дисертації. Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї і висновки. У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, розкриті новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень.

Практична цінність отриманих результатів.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблено алгоритми і програми керування потоками потужності в розподільній електричній мережі, секціонованій за умов надійності згідно діючої методики. Корегування потоків

потужності в мережі здійснюється зміною потужності генерування малих гідроелектростанцій. Розроблений підхід може бути поширений і на сонячні електростанції, які оснащені керованими інверторами. Вдосконалено структурну схему автоматизованої системи керування джерелами електроенергії в локальній електричній системі, що дозволяє узгоджувати графіки генерування потужності та споживання її електроприймачами.

На основі отриманих у роботі результатів вдосконалено комплекс програм інтелектуальної підтримки роботи диспетчера розподільних електричних мереж, який передано для дослідної експлуатації в ПАТ «Вінницяобленерго». Результати роботи впроваджено також у навчальний процес Вінницького національного технічного університету.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в наукових та проектних організаціях, які займаються дослідженнями та розробкою методів і засобів впровадження відновлюваних джерел енергії в електричних мережах енергосистем.

Зауваження по роботі.

1. В першому та подальших розділах дисертаційної роботи є загальновідома інформація, щодо якої можна було б обійтися посиланнями на літературні джерела. Наприклад, щодо структурної схеми СЕС.

2. В розділі 3.1.1. для визначення розрахункового значення очікуваного недовідпуску електричної енергії для розподільних електричних мереж без комутаційних апаратів використовується середньорічна тривалість відновлення електропостачання споживачам при стійких пошкодженнях та планових відключеннях, віднесена до 1 км довжини лінії, 0,93. Не зрозуміло яким чином було отримане це значення.

3. В роботі при визначенні оптимального місця секціонування та часу використання комутаційних апаратів секціонування мереж, не враховується електроенергія, генерована кожною гідравлічною та сонячною електростанціями за поточний період з моменту останнього перемикання до прогнозованого наступного перемикання, що призводить до зростання втрат активної потужності в наступному після перемикання періоді.

4. В роботі проведено розрахунок лише одного режиму роботи мережі (максимальних навантажень), бажано було б прорахувати ще режим мінімальних навантажень та інші режими.

5. В роботі наведені графіки короткочасних перехідних процесів, тривалістю 0,12 с. Однак відсутні графіки, більш затяжних перехідних процесів.

6. Бажано було б зазначити, як часто потрібно змінювати конфігурацію схеми з метою зменшення втрат електроенергії.

7. Не роз'яснено як в умовах діючого закону про «зелені тарифи» зацікавити власників ГЕС працювати за рекомендованим в роботі режимом,.

8. У виразі (2.16) дисертації для дослідження впливу потужності генерування ВДЕ на втрати потужності в розподільних електричних мережах, пишеться, що $\Delta \dot{S}_B$ – вектор втрат у вітках схеми, визначаються потужностями \dot{S}_H , $\dot{S}_{ГЕС}$ і $\dot{S}_{СЕС}$. Проте, в авторефераті в цьому ж виразі (3) запропоновано, замість \dot{S}_H використовувати \dot{S}_i без додаткових пояснень.

9. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. В дисертаційній роботі велика кількість скорочень (КАСМ, РДЕ, СЕС, ЛЕС, СТ, СП, ЦЖ, ГВ, СВ та інші), більшість з них не є загальноприйнятими, не всі наведені в переліку умовних позначень. Це суттєво ускладнює роботу з текстом. У роботі зустрічаються граматичні помилки, але кількість їх допустима.

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Гунько І.О.

Висновки.

Зміст дисертації Гунько Ірини Олександрівни відповідає спеціальності 05.14.02, за якою вона подана до захисту. Дисертаційна робота має значну наукову цінність, є закінченою науково-дослідною роботою, яка присвячена вирішенню важливої і складної проблеми для електроенергетики – зменшення втрат електроенергії в електричних мережах та розбудови в них відновлюваних джерел енергії. Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам пп. 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., №656). Її автор, Гунько Ірина Олександрівна, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – Електричні станції, мережі та системи.

Доцент кафедри електричних мереж і систем,
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
кандидат технічних наук, доцент

