

№ 67-72-14/1
Big 13.03.20.

1

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Пастух Олени Романівні на тему «Режими та характеристики енергоблоку електростанції з додатковим робочим трансформатором власних потреб», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертації.

Надійність функціонування енергоблоків електростанцій залежить від надійності їх власних потреб (ВП) як у нормальних експлуатаційних, так і в аварійних режимах. В основному ефективність роботи агрегатів ВП визначається рівнем напруги на шинах власних потреб, який забезпечується узгодженими діями системи збудження генератора і робочих трансформаторів ВП з РПН, що здійснюється в автоматичному режимі. Надійність електропостачання ВП також забезпечується пускорезервними трансформаторами, які живляться від електроенергетичної системи (ЕЕС). Коли виникають проблеми в ЕЕС – короткі замикання, пониження напруги, то електропостачання ВП забезпечується тільки її робочими трансформаторами. Під час втрати робочого трансформатора або відмов РПН втрачається енергоблок, що може призвести до обмеження електропостачання та значних збитків. Оскільки виконання графіків навантаження в ОЕС України стає все складнішим, то необхідно шукати нові схеми-технічні вирішення систем живлення власних потреб енергоблоків.

Метою дисертаційної роботи Пастух О. Р. є підвищення ефективності функціонування енергоблоків електростанцій шляхом забезпечення рівня напруги на шинах власних потреб, достатнього для надійної роботи їх електроприймачів як під час нормальної експлуатації, так і під час аварійних режимів в електричних мережах енергосистем, що і визначає її актуальність.

Результати, що сприяють досягненню поставленої мети, авторка отримала, виконуючи дослідження в рамках науково-дослідних робіт, що виконувалися на кафедрі електроенергетики та систем управління та її попередників "Моделювання, аналіз, синтез і оптимізація електроенергетичних й енергозабезпечувальних систем та інтелектуалізація управління ними", а також держбюджетними та госпдоговірними темами "Розвиток системного підходу до синтезу та моделювання електроенергетичних об'єктів" (№ державної реєстрації 0119U100362), "Розроблення теоретичних засад створення високоефективних електротехнічних та електромеханічних систем і їх елементів для об'єктів з динамічним навантаженням та їх моделювання" (№ державної реєстрації 0198U007856), "Теоретичні засади оптимізації режимів роботи та автоматизація проектування електротехнічних і електромеханічних систем з динамічним навантаженням" (№ державної реєстрації 0101U000875), "Моделювання, аналіз, оптимізація й синтез електроенергетичних об'єктів і активних електричних мереж, їх систем керування, автоматики, захисту й діагностики станів та створення тренінгових систем" (№ державної реєстрації 0107U008816) та «Проведення патентного пошуку, обґрунтування обсягу та країн патентування,

підготовка патентної документації зі схемно-технічних вирішень електричної частини підвищеної надійності потужних ТЕС» (госпдоговірна робота з ВАТ "Західенерго", № 6593).

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам. В *першому розділі* розглянуто вимоги до систем живлення ВП енергоблоків та їх елементів, проведено класифікацію за різними ознаками, а також сформульовано узагальнюючі функціональні властивості та ввідмічено недоліки основних схем. Сформульовано задачі для дослідження: розробити узагальнену математичну модель двообмоткового трансформатора, придатну для аналізу усталених режимів за різного з'єднання його обмоток; розвинути методи вибору параметрів основного електроустаткування системи живлення ВП з додатковим робочим трансформатором для забезпечення достатнього рівня напруги на їх шинах; виконати аналіз статичної та динамічної стійкості режимів блоків з додатковим робочим трансформатором ВП та без нього; переконатися в тому, що додатковий робочий трансформатор забезпечує достатній рівень напруги на шинах ВП під час аварійних режимів у мережі ЕЕС.

Другий розділ присвячено питанням визначення та порівняльної оцінки основних характеристик електроустаткування ВП енергоблока, який через РУ вищої напруги видає потужність в ЕЕС. Для дослідження режимів і характеристик схем конкретних енергоблоків розвинуто методи вибору параметрів їх основного електроустаткування та запропоновано підхід до визначення потужностей основного і додаткового трансформаторів живлення системи ВП. Отримано аналітичні вирази, які дають змогу здійснювати якісний і кількісний аналіз взаємозалежності значень коефіцієнта трансформації додаткового трансформатора ВП і рівня напруги на шинах системи живлення ВП під час зовнішніх трифазних к.з. Показано, що завжди існує діапазон коефіцієнта трансформації, коли виконуються умови сомо запуску. На прикладі енергоблоку з ТГВ-200 М встановлено, що схема з робочим і додатковим робочими трансформаторами власних потреб за техніко-економічними показниками може бути альтернативою до традиційних схем.

В *третьому розділі* розглянуто особливості математичного моделювання схеми живлення ВП з додатковим трансформатором ВП і комп'ютерного симулювання характерних експлуатаційних режимів з допомогою ПК ДАКАР. Розроблена узагальнена математична модель двообмоткових трансформаторів, яка на відміну від наявних дає змогу методологічно коректно будувати заступні схеми за довільних способів з'єднання їх обмоток.

В *четвертому розділі* проведено порівняльний аналіз властивостей схем живлення ВП з додатковим трансформатором ВП і традиційної під час характерних обтяжених та аварійних режимів і процесів в прилеглий мережі з двоковою лінією електропередачі 220 кВ. Запропоновано підхід до визначення потужностей основного і додаткового трансформаторів ВП енергоблоків електростанцій, що дає змогу досліджувати такі схеми з реальним електроустаткуванням та забезпечувати як їх експлуатаційні режими, так і вимоги щодо достатнього рівня напруги на шинах власних потреб під час аварійних

режимів у мережі ЕЕС. Розроблено відповідну методику обчислення втрат потужності у системах живлення ВП електростанцій з додатковим трансформатором власних потреб. Реалізовано узагальнену математичну модель двообмоткового трансформатора, яка використовується в програмному комплексі ДАКАР у вигляді окремого модуля для аналізу усталених експлуатаційних та перехідних режимів ЕЕС. Встановлено за результатами математичного моделювання, що під час обтяжених режимів енергоблоку з додатковим робочим трансформатором власних потреб можна забезпечити вищий рівень напруги на їх шинах не знижуючи запасу статичної стійкості, порівняно з енергоблоками з традиційними схемами. Обґрунтовано і підтверджено результатами комп'ютерного симулювання, що застосування додаткового робочого трансформатора ВП забезпечує зниження несиметрії напруг на їх шинах в умовах несиметрії напруг на шинах генератора. Підтверджена ефективність застосування додаткового робочого трансформатора ВП для забезпечення рівня напруги, достатнього для надійної роботи їх електроприймачів як під час нормальних експлуатаційних режимів, так і під час аварійних режимів у мережі ЕЕС.

Таким чином, Пастух О. Р., провівши сукупність наукових досліджень, спираючись на сучасні методи досліджень і технічні засоби, розв'язала поставлені нею задачі і досягла поставлену в роботі мету – підвищення ефективності функціонування енергоблоків електростанцій шляхом забезпечення рівня напруги на шинах власних потреб, достатнього для надійної роботи їх електроприймачів як під час нормальних експлуатаційних режимів, так і під час аварійних режимів у мережі ЕЕС.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна. В дисертації Пастух О.Р. отримала такі результати, які мають суттєву наукову новизну:

- запропоновано підхід до визначення потужностей основного і додаткового трансформаторів живлення системи власних потреб енергоблоку електростанції;
- розроблено узагальнену математичну модель двообмоткового трансформатора;
- встановлено, що під час обтяжених режимів енергоблоку з додатковим робочим трансформатором забезпечується вищий рівень напруги на шинах власних потреб і не знижується запас статичної стійкості.

Положення і висновки відносно суті проблеми, принципів і методів побудови математичних моделей в роботі обґрунтовані та базуються на законах електротехніки, теорії лінійних та нелінійних електричних кіл і методах математичного моделювання. Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Можна стверджувати, що наведені в дисертаційній роботі Пастух О.Р. висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані та відповідають дійсності. Достовірність їх забезпечена коректністю використання математичного апарату та наукових положень.

Основні результати дослідження **достатньо апробовані**. Вони доповідались на науково-технічних конференціях і опубліковані в 12-ти роботах, зокрема 9 у фахових виданнях України, з яких 1 у виданні, включеному до міжнародних

науково-метричних баз Scopus та РИНЦ, та 2 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій. Аналіз публікацій дозволяє зробити висновок, що в них в повному обсязі опубліковані матеріали дисертації. Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї та висновки. У авторефераті розкрито внесок дисертантки в даний науковий напрям, розкриті новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень.

Практична цінність отриманих результатів. Дисертаційна робота Пастух О.Р. містить як в теоретичному, так і в практичному плані нові рішення щодо моделей і методів аналізу способів підвищення ефективності функціонування енергоблоків електростанцій. Зокрема, розроблено методику порівняльної оцінки техніко-економічних показників електричної частини енергоблоку з додатковим трансформатором ВП і енергоблоку з традиційними схемами ВП, яка може бути використана в проектних рішеннях під час реконструкції діючих чи спорудження нових електростанцій. Розроблено математичну модель та алгоритм двообмоткового трансформатора, який використано в програмному комплексі ДАКАР у вигляді окремого модуля для аналізу усталених експлуатаційних режимів та перехідних процесів ЕЕС. Результати роботи використані також у навчальному процесі кафедри електроенергетики та систем управління та під час виконання студентами наукових досліджень і магістерських кваліфікаційних робіт. Впровадження результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в наукових та проектних організаціях, які займаються дослідженнями та розробкою методів і засобів підвищення ефективності функціонування енергоблоків електростанцій.

Зауваження по роботі

1. В першому розділі є надлишкова інформація, яка доступна в навчальних посібниках та підручниках і яка не є обов'язковою для обґрунтування завдань на дослідження.

2. В п. 1.3 стверджується «що надійність пристроїв РПН є відносно низькою». Низька експлуатаційна надійність пристроїв РПН не через конструктивні недоліки, а через невміння їх налагодження персоналом. За якісної експлуатації трансформатори з РПН успішно «розв'язують» регулювання напруги на шинах станції системою збудження і на шинах ВП.

3. Щодо використання трансформаторів з розщепленою вторинною обмоткою в системі ВП електростанцій. Вони призначені для обмеження струмів к.з. в схемах ВП. Використання їх збільшує вартість схеми ВП, тому що вони дорожчі. Проте використання дешевшого двообмоткового трансформатора призводить до збільшення струмів к.з. і приходиться встановлювати вимикачі з більшою комутаційною здатністю, тобто дорожчих.

4. До схеми з додатковим трансформатором ВП (рис. 1.5). Через первинну обмотку такого трансформатора протікає струм навантаження генератора, відповідно на такий струм вона повинна розраховуватися. Природно, що виникає запитання: не за дорого?

5. Адекватність розроблених моделей обґрунтовано, але відсутній аналіз їх на чутливість до зміни вихідних даних. Це варто було б зробити. Тут можна було б отримати цікаві результати.

6. Не проведений порівняльний аналіз рівнів струмів під час коротких замикань на шинах РУВП в схемах ЕБ з ДРТВП і традиційній.

7. Результати фізичного моделювання (п. 3.4) порівнюються з результатами математичного моделювання і відмічається хороше їх спів падіння. Після цього для більшої переконливості варто було б хоча б для традиційної схеми ВП порівняти через критерії подібності результати фізичного моделювання з результатами оригіналу – блоку 200 МВт.

8. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. У роботі зустрічаються граматичні помилки, стилістичні неточності та описки, але кількість їх допустима. Путаються такі поняття як «величина» і «значення» (величина струму, величина потужності), оцінка, де йдеться про оцінювання. Зловживається прийменниковим сполученням «за» там, де потрібно «під час», «коли». Вживається «так як» замість «оскільки».

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

Висновки

Зміст дисертації Пастух Олени Романівни відповідає спеціальності 05.14.02, за якою вона представлена до захисту. Дисертаційна робота має значну наукову цінність, є закінченою науково-дослідною роботою, яка присвячена вирішенню важливої і складної проблеми для електроенергетики – підвищення ефективності функціонування енергоблоків електростанцій енергосистем. Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “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 авторка, Пастух Олена Романівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Завідувач кафедри електричних станцій та систем
Вінницького національного технічного університету,
доктор технічних наук, професор



[Signature] П. Д. Лежнюк

Підпис *[Signature]*
ПОСВІДЧУЮ
Зав. канцелярією *[Signature]*