

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Шевчука Віталія Вадимовича**

на тему

**«Методи і засоби визначення наявності спотворення якості електроенергії  
в системах електропостачання»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 – Електрична інженерія

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена сучасними викликами в галузі електроенергетики, які виникають у зв'язку з глобальними тенденціями розвитку енергетичної інфраструктури. Зокрема, стрімке впровадження відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції, призводить до значного зростання частки нестабільних і децентралізованих джерел у загальному енергетичному балансі. Це створює додаткові складнощі для підтримання стабільної якості електроенергії в мережах.

Крім того, сучасні промислові підприємства використовують все більше потужних нелінійних споживачів електроенергії, таких як випрямлячі, інвертори, а також інше обладнання на основі силової електроніки. Це призводить до появи гармонійних спотворень, флікерів, асиметрії напруги та інших аномалій, які негативно впливають на роботу чутливого обладнання та можуть спричинити аварійні ситуації.

В умовах децентралізації систем електропостачання і переходу до концепції Smart Grid, виникає необхідність у розробці нових підходів до моніторингу та забезпечення якості електроенергії. Звичайні методи, які використовувалися раніше, стають менш ефективними, оскільки вони не враховують усі особливості сучасних електромереж. Таким чином, з'являється потреба у вдосконаленні існуючих методів і засобів оцінювання та корекції спотворень якості електроенергії.

Зниження якості електроенергії може мати серйозні економічні наслідки, включаючи збільшення витрат на експлуатацію електрообладнання, скорочення його терміну служби, збої в роботі промислових процесів, а також підвищення аварійності в мережах. Це особливо актуально для промисловості, де навіть короточасні перебої в електропостачанні можуть призвести до значних збитків.

Таким чином, розробка та впровадження ефективних методів моніторингу та аналізу якості електроенергії, які враховують специфіку сучасних децентралізованих енергосистем і нестабільних джерел енергії, є надзвичайно актуальним завданням. Вирішення цієї проблеми сприятиме підвищенню надійності та ефективності роботи енергетичних систем, зменшенню втрат та забезпеченню стабільного електропостачання для різних споживачів.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Модифіковано метод визначення характеристик динамічної поведінки вектора напруг під час їх провалу введенням порівняльного аналізу реального сигналу та нормованого шаблону, що дозволило враховувати третю характеристику (стрибок фазового кута) при проведенні випробувань електрообладнання на несприйнятливості до провалів напруги, короткочасних переривань та змінень напруги.

2. Розроблено метод ідентифікації провалів напруги в трифазних електричних мережах за рахунок застосування методології просторового вектору в комплексній площині та сегментації провалів напруги по кожній фазі, що дозволило проводити автоматичне виявлення провалів напруги для побудови системи моніторингу якості електричної енергії в електричних мережах.

3. Розроблено метод класифікації провалів напруги шляхом визначення характеристик просторового еліпса - мала-велика напіввісі, кут їх повороту та напруги нульової послідовності, що використовуються для автоматичного визначення появи часу падіння/зростання напруги електричної мережі, класифікації провалів та остаточної характеристики наявного порушення якості електричної енергії.

Достовірність наукових результатів забезпечується використанням сучасних методів аналізу та моделювання, а також проведенням експериментальних досліджень, які підтверджують теоретичні висновки. Новизна роботи полягає у розробці нових методів ідентифікації та класифікації спотворень якості електроенергії, що дозволяє підвищити точність моніторингу та покращити ефективність електропостачання.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача **Шевчука В.В.** повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка** та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми **Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.**

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям – підвищення якості електроенергії та зменшення впливу спотворень на електричні мережі.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота **Шевчука Віталія Вадимовича** є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

#### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана **українською** мовою.

Викладення матеріалу є послідовним і доступним, використовується загальноприйнята наукова термінологія, що забезпечує легкість сприйняття тексту. Стиль мовлення відповідає вимогам академічного письма, що робить роботу зрозумілою для широкого кола спеціалістів у галузі електроенергетики.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 119 сторінок.

**У вступі** розглянуто актуальність обраної теми дослідження, яка пов'язана з нагальними викликами в сфері забезпечення якості електроенергії, що виникають через інтеграцію відновлюваних джерел енергії та зростання кількості нелінійних навантажень у мережах. Визначено мету дисертації — розробка та вдосконалення методів моніторингу та оцінки якості електроенергії, а також сформульовано основні завдання, такі як аналіз існуючих методів, розробка нових підходів до ідентифікації спотворень, і оцінка їх впливу на електрообладнання. Вступ також включає об'єкт та предмет дослідження, методологію, наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів.

**Перший розділ** присвячений детальному аналізу спотворень якості електричної енергії. Розглянуто, як провали напруги, гармонійні спотворення, флікери та інші аномалії впливають на функціонування електрообладнання. У цьому розділі також проведено огляд сучасних методів та інструментів для

виявлення та оцінки таких спотворень. Окремо розглянуто сучасні підходи до визначення характеристик провалів напруги в різних типах мереж, що підкреслює важливість адаптації методик до специфічних умов експлуатації.

**Другий розділ** зосереджений на характеристиках провалів напруги, зокрема на їх тривалості та глибині, які мають значний вплив на чутливе електрообладнання. У цьому розділі представлено розроблені методи модифікації визначення динамічної поведінки векторів напруг, які дозволяють підвищити точність оцінки та забезпечити надійний контроль за якістю електроенергії. Особлива увага приділяється розробці методів, що враховують динамічний характер провалів напруги, що є критичним для сучасних децентралізованих енергетичних систем.

**Третій розділ** присвячений розробці нових методів ідентифікації та класифікації провалів напруги на основі трифазного підходу з використанням вейвлет-перетворення просторового вектора. Запропонована методика дозволяє підвищити точність виявлення та класифікації різних типів спотворень, що значно покращує можливості моніторингу якості електроенергії у складних мережах. Цей підхід є інноваційним і пропонує нові можливості для ефективного управління якістю електроенергії в умовах підвищених вимог до стабільності постачання.

**Четвертий розділ** охоплює результати тестування електрообладнання на несприйнятливості до різних типів спотворень, таких як провали напруги, короткочасні переривання та зміни напруги. У цьому розділі також проаналізовано вплив стрибків фазового кута на роботу захисних пристроїв, таких як електромагнітні реле. Окремо розглянуто підхід до вибору автоматичних вимикачів, що дозволяє забезпечити надійність електропостачання навіть у складних умовах експлуатації. Результати тестування підтверджують ефективність запропонованих методів і підкреслюють їхню практичну значимість для підвищення надійності енергосистем.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 0 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 0 патентів на винахід, що

пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосуються наукових результатів дисертації; 0 патентів України на корисну модель; 0 одноосібних монографій, що рекомендовані до друку Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та пройшли рецензування, 1 розділ колективної монографії.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікації здобувача є високим, оскільки публікація в журналі, індексованому у базах даних Scopus свідчить про високу якість та наукову значущість проведених досліджень.

Здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності, що підтверджується відсутністю плагіату у публікаціях. Всі використані в роботі ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела, що свідчить про самостійне проведення наукових досліджень і дотримання етичних норм у науковій діяльності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. В першому розділі є надлишкова інформація, яку можна було б скоротити, замінивши посиланнями на доступні джерела. І навпаки, огляд літературних джерел варто було б розширити для того, щоб переконливіше обґрунтувати проблему якості електричної енергії.
2. В роботі не проведено на належному рівні огляд літературних джерел по напрямку якості електричної енергії в розподільних електричних мережах. Перш за все це стосується огляду робіт вітчизняних вчених – Кузнецова В.Г., Шидловського А.К., Жаркіна А.Ф., Новського В.О., Жежеленка І.В., Бурбело М. Й. Роботи наведених науковців є фундаментальними та їх ігнорування занижує цінність роботи.
3. Завади електромагнітної сумісності змінюються за часом, маючи нестационарні і стаціонарні випадкові компоненти. Не зрозуміло, як у роботі враховувалася ця обставина.
4. На підставі виконаного аналізу літературних джерел дисертаційної роботи слід проводити дослідження щодо впливу провалів напруги на безвідмовність систем електропостачання, викликаних зовнішніми та внутрішніми факторами, з урахуванням того, що вони носять випадковий характер. Тому у роботі доцільно було б аналізувати провали напруги на основі ймовірнісних підходів.
5. Висновки до розділу 2 є банальними, які й так зрозумілі без проведення досліджень: «Провали напруги є важливою проблемою якості електроенергії, оскільки вони існують у мережах усіх класів напруг, а їх вплив відчувають усі

електроприймачі. Провали напруги можуть спричиняти порушення в роботі, які супроводжуються значними матеріальними збитками». С. 61.

6. В роботі не знайшло відображення дослідження впливу провалів напруги на мікропроцесорні системи керування електроприводами, які у край чуттєві до такого погіршення якості електроенергії. Особливо цікаво було б проаналізувати наслідки технологічних збоїв на металургійних підприємствах, де висока вартість простоїв устаткування і витрат на відновлення технологічного процесу.

7. Адекватність розроблених методів обґрунтовано, але відсутній аналіз їх на чутливість до зміни вихідних даних. Це варто було б зробити. Тут можна було б отримати цікаві результати. Хоча автор розуміє це: існуючі методи визначення характеристик провалів напруги (тривалості та глибини) є корисними для кількісної оцінки і порівняльного аналізу. Однак, їх обмеження полягає у тому, що вони не враховують різницю між різними типами провалів напруги та не охоплюють всі можливі особливості, що можуть впливати на роботу різного електрообладнання. С. 108.

8. Як відомо, групові провали від повторного включення навантаження більш небезпечні, ніж окремі провали, тому що в результаті їх появи здійснюється накопичувальний ефект. Провали тривалістю менше 3 секунд мають місце в електричних мережах, де пристрої автоматичного включення резерву трансформаторної підстанції виконані на стороні 0,4 кВ з часом спрацьовування 0,2 секунди. Як у цих умовах будуть працювати запропоновані методи?

9. В роботі автором запропоновано метод ідентифікації провалів напруги в трифазних електричних мережах за рахунок застосування методології просторового вектору в комплексній площині та сегментації провалів напруги по кожній фазі, але не отримано жодного патенту чи авторського свідоцтва на запропонований метод чи спосіб за допомогою якого цей метод реалізується.

10. 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 напруги). Зловживається прийменниковим сполученням «за» там, де потрібно «під час», «коли». Вживається «так як» замість «оскільки».

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

## Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії **Шевчука Віталія Вадимовича** на тему «**Методи і засоби визначення наявності спотворення якості електроенергії в системах електропостачання**» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі **14 – Електрична інженерія**.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Шевчук Віталій Вадимович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань **14 – Електрична інженерія** за спеціальністю **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**.

### Офіційний опонент:

Докторант відділу оптимізації  
систем електропостачання  
Інституту електродинаміки НАН України  
кандидат технічних наук, ст. дослідник



Владислав КУЧАНСЬКИЙ

### Підпис засвідчую

Вчений секретар  
Інституту електродинаміки НАН України



Марина ГУТОРОВА

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року