

## ВІДГУК

офіційного опонента к.т.н., доцента кафедри електромеханіки факультету електроенерготехніки та автоматики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" Цивінського Сергія Станіславовича на дисертаційну роботу дисертаційну роботу Панчика Михайла Вікторовича «Розробка методу та засобів контролю монолітності осердя статора потужного турбогенератора під час пресування», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 152 "Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка"

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність дослідження визначається потребою в забезпеченні надійної та безаварійної роботи генеруючого обладнання АЕС, ТЕЦ та ТЕС ОЕС України. Надійна та ефективна експлуатація генеруючого обладнання є запорукою стабільного функціонування всієї об'єднаної енергетичної системи України. Серед існуючого різноманіття генеруючого обладнання найбільш потужними є турбогенератори. В значній мірі енергетичні та експлуатаційні характеристики, а також стабільність та надійність функціонування турбогенератора залежить від рівномірності щільності пресування його осердя по колу та довжині статора, яка визначає монолітність осердя. Початковий стан спресованості осердя задається в процесі виготовлення осердя. Одним із шляхів контролю якості виготовлення осердя є контроль щільності та рівномірності пресування пакетів осердя під час його збирання та пресування. На даний час існуючі методи та засоби контролю, що використовуються для контролю якості щільності пресування осердя статора через різні причини не можуть бути використані для забезпечення підвищення якості виготовлення осердя статора на заводі виробнику, шляхом оперативного контролю процесу пресування, а також для виявлення місць з недостатнім пресуванням та подальшим їхнім усуненням. При цьому важливим є врахування особливостей технологічного процесу пресування, забезпечення незмінності конструкції вже існуючого обладнання, що застосовується в технологічному процесі пресування осердя статора.

Тому наукове завдання, яке вирішене у роботі Панчика М.В., яке полягало у розробці метода забезпечення неперервного контролю щільності пресування осердя статора потужного генератора під час пресування на етапі його виготовлення та створення інформаційно-вимірвальних засобів, які його реалізують є безумовно актуальним.

**Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень.**

*Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:*

– вперше розроблено метод, що забезпечує оперативний контроль монолітності осердя статора потужного турбогенератора в N точках поперечного перерізу під час його пресування шляхом автоматизованого вимірювання тиску в кожній точці, що дозволило підвищити достовірність визначення місцезнаходження дефектів осердя, які зумовлені недоліками технології виготовлення;

– вперше запропоновано використання оптичних, тензометричних та ємнісних вимірювальних перетворювачів та силосприймаючого елемента у вигляді плоскої мембрани з жорстким центром задля забезпечення вимірювання тиску пресування, що дозволило забезпечити автоматизацію контролю тиску пресування осердя і зменшити витрати часу на виготовлення осердя;

– набув подальшого розвитку алгоритмічний апарат забезпечення функціонування компонентів, призначених для утворення, збирання, оброблення й отримання інформації в системі контролю щільності пресування осердя статора турбогенератора під час його пресування.

*Практична цінність* результатів роботи полягає у тому, що:

– розроблено структурні схеми, виготовлено та експериментально перевірено експериментальні зразки вимірювальних каналів систем контролю щільності пресування осердя статора турбогенератора під час пресування, що дозволило автоматизувати процес контролю щільності пресування осердя статора під час його пресування та зменшити вплив людського фактору на достовірність контролю та якість виготовлення осердя статора;

– розроблено та виготовлено експериментальні зразки компонентів (ємнісного сенсору та спеціальної мембрани) системи контролю щільності пресування осердя статора потужного турбогенератора та проведено його випробування;

– впроваджено як моделі та компоненти засобів контролю зусиль пресування осердя статора під час пресування на підприємстві ДП "Завод "Електроважмаш" (зараз АТ "Українські енергетичні машини") (м. Харків) для підвищення ефективності контролю тиску пресування осердя статора турбогенератора ТГВ-250-2ПТЗ, що дало змогу підвищити якість виготовлення осердя статора турбогенератора завдяки реалізації автоматичного контролю технологічного процесу пресування (Акт впровадження, 2019 р., Протокол випробувань, 2019 р.);

– впроваджено в комплекті технічної документації результати дослідження вимірювальної комірки зусилля пресування, як елемент засобів випробувань захисту на ТОВ «Політон-Україна», що дозволило підвищити ефективність проведення випробувань елементів систем гнучкого захисту промислових об'єктів (Акт впровадження, 2021 р.).

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Тематика та розділи цієї дисертації входили до складу наукових робіт, які були виконані в Інституті електродинаміки НАН України. Результати досліджень здобувача отримані в процесі виконання

наукових робіт: «Розробка наукових засад створення нових та удосконалення існуючих методів і засобів вимірювання контрольно-діагностичних параметрів обладнання електростанцій» (шифр «ПАРАМЕТР»), 2017 – 2021 р.р., №ДР 0116U007285; «Створення автоматизованих багатоканальних систем контролю в електроенергетиці» (шифр «ТОРЕЦ»), 2019 – 2021 р.р. №ДР 0119U001215 ; «Розвиток елементів теорії, розроблення нових методів розрахунку та створення засобів для підвищення надійності та енергоефективності режимів і технологічних процесів в електроенергетичних та електротехнічних системах» (шифр «РЕЖИМ-1»), 2022 – 2023 р.р., №ДР 0122U000136; «Розроблення нових математичних моделей та методів дослідження електрофізичних процесів і полів в електротехнічному обладнанні для вирішення задач надійної експлуатації та діагностування» (шифр «Комплекс-5»), 2021 – 2025 р.р., №ДР 0121U107443; «Розроблення вдосконалених електромеханічних і електромагнітних систем електричних станцій та методів їх діагностування» (шифр «Агрегат-3»), 2022 – 2024 рр., №ДР 0122U000840.

#### **Оцінка публікацій здобувача.**

Викладені в дисертаційній роботі результати дослідження отримали достатній рівень апробації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 11 наукових праць, 5 статей у наукових фахових виданнях України (з них 1 стаття у виданні, що входить до категорії А, 1 стаття у науковому фаховому виданні, яке входить до ОЕСР та/або ЄС).

Апробацію матеріалів дисертації засвідчено у 6 публікаціях матеріалів конференцій, серед яких 2 доповіді на конференції з індексацією у Scopus. Отримано два патенти України на винахід.

**Структура та зміст дисертації.** Структура дисертації побудована відповідно до мети та задач дослідження. Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, результатів та висновків логічне та аргументоване. Дисертація написана в науковому стилі та оформлена відповідно до чинних умов.

Дисертаційна робота Панчика М.В. викладена на 197 сторінках машинописного тексту, складається із вступу, 4-х розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 156 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 9 таблицями та 122 рисунком. Список використаних джерел містить 89 найменування, з них 57 кирилицею та 32 латиницею.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, розкрито сутність і стан науково-технічної проблеми, що досліджується, наведено обґрунтування доцільності проведення досліджень, відображено зв'язок роботи з науковими програмами та планами НДР Інституту електродинаміки НАН України, сформульовано мету і завдання досліджень, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, наведено апробації роботи та публікації її результатів у наукових виданнях.

У першому розділі проведено порівняльний аналіз існуючих методів визначення щільності пресування осердя статора. Обґрунтовано, що застосування систем неперервного контролю дозволяє автоматизувати процес пресування та отримати достовірну інформації про нерівномірність розподілу тиску пресування по колу, довжині та в радіальному напрямку для кожного пакету осердя статора. Це дозволяє покращити якість виготовлення та своєчасно усунути недоліки у його виготовленні, запобігти виникненню аварій та подовжити термін безпечної експлуатації турбогенератора.

У другому розділі за результатами виконаних досліджень розроблено новий метод неперервного визначення стану спресованості осердя статора потужного турбогенератора під час його складання і пресування. Проведено розробку засобів, що його реалізують методом на основі оптичних, тензометричних та ємнісних вимірювальних перетворювачів.

Третій розділ роботи присвячено розробці програмних засобів забезпечення функціонування компонентів, призначених для утворення, збирання, оброблення й отримання інформації в системі контролю щільності пресування осердя статора турбогенератора під час його пресування.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень ємнісного сенсору та вимірювальної комірки з ним, що дозволило реалізувати макет системи контролю рівномірності щільності пресування осердя статора турбогенератора під час його виготовлення, а також результати його натурних випробувань під час контролю щільності пресування осердя статора турбогенератора ТГВ-250-2ПТЗ на АТ «Завод «Електроважмаш» (зараз АТ "Українські енергетичні машини").

Висновки по дисертаційній роботі підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаної літератури із 89 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та закордонні публікації за темою дисертаційних досліджень.

Додатки до дисертаційної роботи містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

У цілому структура, обсяг та оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 152 "Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка".

#### **Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України**

Матеріал дисертації викладено логічно і обґрунтовано, усі розділи мають свою специфіку, яка у сукупності свідчить про цілісність та завершеність дисертаційної роботи. Таким чином, представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яка написана науковою мовою. Зміст, структура, послідовність та повнота розв'язаних задач цілком відповідають як темі роботи, так і

затвердженим вимогам до написання дисертаційних досліджень МОН України.

**Відповідність дисертаційної роботи спеціальності.** Дисертація за змістом повністю відповідає спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка», за якою вона представлена до захисту.

**Наукове значення та практична цінність роботи** полягають в тому, що на підставі виконаних досліджень вирішено актуальну науково-технічну задачу із розробки метода неперервної оцінки щільності пресування осердя статора турбогенератора під час його виготовлення та апаратно-програмні засоби, що його реалізують.

Використання створених засобів контролю дозволить забезпечити оперативне визначення величини пресування та місця з недостатньою спресованістю для подальшого їхнього усунення, що дає змогу забезпечити необхідну якість виготовлення осердя статора і у свою чергу – збільшення надійності експлуатації потужних турбогенераторів.

*Обґрунтованість отриманих наукових положень* дисертації підтверджується використанням загальноприйнятих методів досліджень, відсутністю протиріч між результатами розрахунків, багаточисленних експериментальних досліджень та натурних випробувань.

*Новизна одержаних технічних рішень* захищена патентами України на винахід № UA 125321 від 16.02.2022 "Пристрій для контролю осердя статора потужного турбогенератора" та № UA 125916 від 06.07.2022 "Пристрій для контролю осердя статора потужного турбогенератора".

**Зауваження щодо результатів, змісту та оформлення дисертації:**

1. В дисертації сформульована науково-прикладна задача, яка полягає у розробці метода та засобів неперервного контролю щільності пресування пакетів осердя турбогенератора під час його збирання для досягнення заданої монолітності. Але в дисертаційній роботі відсутня оцінка достовірності контролю щільності пресування із використанням запропонованого методу та засобів, а також не наведено порівняння характеристик запропонованих засобів із використання оптичних, тензорезистивних та ємнісних первинних вимірвальних перетворювачів.

2. В роботі значна увага приділяється розробці первинних вимірвальних перетворювачів та їх алгоритмічно-програмного забезпечення, але відсутнє порівняння розроблених компонентів з відомими аналогами.

3. В роботі запропоновано засоби вимірювання щільності пресування осердя статора на основі комірок Брегга. Чи проводились їх експериментальні дослідження в лабораторних умовах чи на реальних об'єктах?

4. Чи можливо використання розроблених засобів контролю під час роботи турбогенератора?

5. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються стилістичні та граматичні помилки.

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву вагомі результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи М. В. Панчика.

### **Загальний висновок опонента по дисертаційній роботі.**

Детальний аналіз матеріалу дисертаційної роботи та опублікованих наукових праць дає змогу стверджувати, що дисертаційна робота Панчика Михайла Вікторовича «Розробка методу та засобів контролю монолітності осердя статора потужного турбогенератора під час пресування» містить усі ознаки завершеної наукової роботи. В ній отримано нові науково обґрунтовані теоретичні результати, що дають змогу підвищити ефективність виготовлення осердя статора, що у свою чергу дозволяє забезпечити збільшення надійності експлуатації потужних турбогенераторів.

Дисертаційна робота Панчика М.В. є самостійно виконаним науковим дослідженням. Матеріал дисертації викладено послідовно, стиль викладання доказовий, чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу дисертації в цілому тісно пов'язані з її змістом і відображають суть виконаних досліджень. Публікації автора повністю висвітлюють наукові положення і результати наукових досліджень.

Враховуючи актуальність теми дисертаційної роботи, а також отримані достовірні наукові результати, що мають наукову і практичну значимість, та враховуючи достатню повноту висвітлення основних положень дисертаційної роботи в опублікованих працях, вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії ...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022 р., а її автор Панчик Михайло Вікторович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії із спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка.

Офіційний опонент,  
доцент кафедри електромеханіки  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
к.т.н., доцент

Сергій Цивінський

підпис Цивінського С.С. засвідчую  
Вчений секретар  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
к.т.н., доцент



Валерія ХОЛЯВКО