

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на 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-вимірювальна техніка2

### **Актуальність теми дисертації**

Актуальною проблемою для об'єднаної енергетичної системи України є забезпечення надійного та безпечного функціонування потужних турбогенераторів теплових і атомних електростанцій.

Забезпечення високих показників надійності роботи потужних турбогенераторів неможливе без суворого дотримання заданих параметрів під час виготовлення їх конструктивних вузлів. Одним із основних вузлів турбогенератора є осердя статора. Механічною властивістю осердя статора, що характеризує його працездатність, є надана йому під час виготовлення початкова щільність пресування, тобто монолітність. Недотримання заданого значення та рівномірності щільності спресованості по всьому об'єму осердя статора є потенційною причиною небезпечних ушкоджень турбогенераторів. У більшості випадків відхилення від заданих параметрів відбувається через нерівномірність листів шихтованого заліза по товщині, нерівномірність лакового покриття тощо. Це призводить до нерівномірності пресування осердя та його окремих пакетів, тобто виникають місцеві зменшення монолітності. Виявлення місць зменшення монолітності пов'язано з вирішенням складної комплексної науково-прикладної задачі одночасного врахування особливостей конструкції осердя, технології його складання та пресування, процесів, які їх супроводжують.

З огляду на вищезазначене, вважаю, що дисертаційна робота Панчика М.В., яка присвячена вирішенню науково-прикладного завдання розроблення методу забезпечення неперервного контролю монолітності (щільності пресування) осердя статора потужного генератора під час пресування на етапі його виготовлення та створення відповідних інформаційно-вимірювальних засобів є важливою та актуальною.

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

Дисертаційна робота виконувалась у відділі електричних та магнітних вимірювань та відділі теоретичної електротехніки та діагностики електротехнічного обладнання Інституту електродинаміки Національної академії наук України (ІЕД НАН України), зокрема в рамках п'яти НДР, в яких здобувач безпосередньо приймав участь як виконавець:

- 1) «Розробка наукових засад створення нових та удосконалення існуючих методів і засобів вимірювання контрольно-діагностичних параметрів обладнання електростанцій» (2017–2021 рр., №ДР 0116U007285);

- 2) «Створення автоматизованих багатоканальних систем контролю в електроенергетиці» (2019–2021 рр., №ДР 0119U001215);
- 3) «Розвиток елементів теорії, розроблення нових методів розрахунку та створення засобів для підвищення надійності та енергоефективності режимів і технологічних процесів в електроенергетичних та електротехнічних системах» (2022–2023 рр., №ДР 0122U000136);
- 4) «Розроблення нових математичних моделей та методів дослідження електрофізичних процесів і полів в електротехнічному обладнанні для вирішення задач надійної експлуатації та діагностування» (2021–2025 рр., №ДР 0121U107443);
- 5) «Розроблення вдосконалених електромеханічних і електромагнітних систем електричних станцій та методів їх діагностування» (2022–2024 рр., №ДР 0122U000840).

Під час виконання цих робіт автором створено метод неперервного контролю монолітності (щільності пресування) осердя статора потужного генератора під час пресування на етапі його виготовлення та засоби, що його реалізують на основі оптичних, тензометричних та ємнісних вимірювальних перетворювачів, розроблено алгоритмічний апарат забезпечення функціонування засобів контролю монолітності осердя статора під час пресування у складі системи контролю виготовлення осердя статора потужного турбогенератора, а також проведенні експериментальні дослідження розроблених засобів.

#### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх достовірність і новизна**

В дисертаційній роботі розроблено новий метод та засоби, що його реалізують оцінювання щільності пресування осердя статора турбогенератора під час його виготовлення. 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, як наслідок, збільшення надійності експлуатації потужних турбогенераторів (ТГ).

*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».*

**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;

– удосконалено силувимірювальну комірку з пластичними деформованими елементами шляхом застосування силосприймаючого елемента у вигляді плоскої мембрани з жорстким центром і автоматичних вимірювачів тиску пресування, що дозволяє підвищити точність, роздільну здатність і забезпечити проведення неперервного контролю щільності пресування осердя статора під час пресування;

– 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 монолітності (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 монолітності осердя статора ТГ під час пресування, що дозволило автоматизувати процес контролю монолітності пресування осердя статора під час його пресування та зменшити вплив людського фактору на достовірність контролю та якість виготовлення осердя статора;

– розроблено апаратно-програмне забезпечення системи контролю із сегментованою мережею вимірювальних комірок на базі технології «Energy Harvesting» та оптичних ліній з використанням фотовольтаїчних елементів, як основний спосіб зв'язку для передачі даних;

– визначено технічні характеристики вимірювальних компонентів (ємнісного сенсору та спеціальної мембрани) системи контролю, що дозволило забезпечити необхідний рівень чутливості визначення монолітності (щільності пресування) осердя статора потужного ТГ;

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

– впроваджено 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 ТГ завдяки реалізації автоматичного контролю технологічного процесу пресування (акт впровадження та 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.).

## **Оцінка об'єму та змісту дисертації**

Дисертація Панчика М.В. є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка викладена на 197 сторінках. Дисертація 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 рисунками. Список використаних джерел містить 89 найменувань, 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 ІЕД 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 наведено аналітичний огляд наявних науково-технічних джерел та патентної інформації щодо технології виготовлення осердя статора, існуючих методів контролю та діагностування стану спресованості осердя статора ТГ, визначено коло проблем підвищення якості виготовлення осердя статора.

У *другому* розділі на основі принципів раціональної організації виробничого процесу та аналітичного огляду представлено результати розробки методу контролю монолітності осердя, як величини рівномірності щільності пресування осердя статора та засобів, що його реалізують на основі оптичних, тензометричних та ємнісних вимірювальних перетворювачів. Проведено дослідження із визначення характеристик вимірювальних перетворювачів та силосприймаючого елемента, які призначені для реєстрації питомого тиску пресування.

*Третій* розділ роботи присвячено розробці принципів побудови системи неперервного контролю монолітності осердя статора турбогенератора під час його пресування на етапі виготовлення. Наводяться результати розробки програмних компонентів та алгоритмів функціонування апаратно-програмного забезпечення системи контролю.

У *четвертому* розділі представлено результати експериментальних досліджень компонентів системи неперервного контролю монолітності (щільності пресування) осердя статора потужного генератора, а також результати натурних випробувань макетного зразку системи неперервного контролю щільності пресування осердя статора турбогенератора ТГВ-250-2ПТЗ на АТ «Завод «Електроважмаш».

У *загальних висновках* до дисертаційної роботи показано, що вирішено важливе науково-практичне завдання розробки принципів функціонування, побудови, теоретичних досліджень та експериментальної перевірки засобів неперервного контролю монолітності (щільності пресування) осердя статора турбогенератора під час його виготовлення.

Вцілому, структура, обсяг та оформлення дисертації відповідають чинним вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

### **Повнота публікацій матеріалів досліджень**

За результатами досліджень опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях України (з них 1 стаття у виданні, що входить до категорії А та індексується в Scopus), 6 тез доповідей в збірках матеріалів міжнародних конференцій.

Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і були схвалені на таких міжнародних науково-технічних конференціях: XVII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні системи. Методи моделювання та оптимізації» (Кременчук, 11–12 квітня 2019 р.); XIX Міжнародна науково-практична конференція «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті» (Київ, 14–15 травня 2020 р.); X Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи» (Київ, 18 – 19 травня 2021 р.); XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (МСТП-2021)» (Одеса, 3-7 червня 2021 р.); 2019 IEEE Ukraine International conference «On electrical and computer engineering (UKRCON-2019)» (Lviv, 2– July, 2019); International conference «Modern electrical and energy system (MEES-2021)» (Kremenchuk, November 15–17, 2017).

Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень доповідались та обговорювались на: наукових семінарах відділу електричних та магнітних вимірювань, відділу теоретичної електротехніки та діагностики електротехнічного обладнання, а також на літній школі ІЕД НАН України.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що у науково-технічних виданнях є достатньо повна інформація про результати досліджень, що викладені в дисертації здобувача.

### **Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

В роботі відсутні порушення академічної доброчесності, оскільки в ній викладені власні результати досліджень автора, а використані результати з інших джерел мають відповідні посилання.

### **Відповідність дисертаційної роботи спеціальності**

Дисертація за змістом повністю відповідає спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», за якою вона представлена до захисту.

**Мова, якою написана дисертація**, є технічно грамотною, доступною для сприйняття фахівцями в даній галузі.

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

1. У розділ 3 дуже ретельно розглядаються питання побудови програмно-алгоритмічного забезпечення вторинного вимірювального перетворювача, тому частину відповідних викладок доцільніше було б перемістити в додатки, зосередившись в основному тексті на узагальнюючих рішеннях, що використані автором під час реалізації алгоритмів.

2. В роботі наведено розрахунки лише окремих складових похибок ємнісних вимірювачів, що не дозволяє об'єктивно оцінити загальну похибку.

Крім того, крім того для інших типів вимірювальних перетворювачів(оптичних та тензорезистивних), які запропоновано такі оцінки не наведено.

3. Відсутність в дисертації інформації з порівняння запропонованого методу та засобів, що його реалізує, із відомими засобами контролю щільності пресування осердя статора під час виготовлення ускладнює розуміння переваг і недоліків запропонованого методу неперервного контролю в реальних умовах експлуатації.

4. У роботі доцільно було б розглянути питання щодо техніки безпеки під час застосування розроблених засобів контролю щільності пресування.

5. При застосуванні математичного апарату автор використовував в основному детерміновані постановки задач. Разом з тим, при функціонуванні основного об'єкту досліджень проявляється стохастична компонента, тому наведені результати аналітичних виразів коректніше трактувати як математичне сподівання досліджуваних величин.

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

Зазначені зауваження не піддають сумніву вагомість отриманих результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Панчика М.В.

### **Висновок**

Дисертаційна робота Панчика М.В. «Розробка методу та засобів контролю монолітності осердя статора потужного турбогенератора під час пресування» є завершеною, самостійно виконаною працею, в якій отримано нові теоретичні та практичні результати, що слугують основою для забезпечення високої надійності та безвідмовності потужних турбогенераторів. За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертаційна робота відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування», а її автор, Панчик Михайло Вікторович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Офіційний опонент,  
заступник директора  
з науково-організаційної роботи  
Інституту проблем моделювання в енергетиці  
ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
д.т.н., с.н.с.



Володимир АРТЕМЧУК