

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Балійчука Олексія Юрійовича  
**«Підвищення терміну служби допоміжних машин електропоїздів  
змінного струму»**,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

**Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними та галузевими науковими програмами.**

В Україні значна частка роботи по перевезенню пасажирів на приміських напрямках виконується електропоїздами. Основу експлуатаційного парку складають електропоїзди Ризького вагонобудівного заводу (Латвія) різних років побудови. На дорогах, які електрифіковано змінним струмом, обслуговування ведеться в основному електропоїздами серії EP9M. Більшість електропоїздів вже відпрацювала свій встановлений заводом-виготовлювачем ресурс. Однак, враховуючи економічну ситуацію в країні, адміністрацією Укрзалізниці впроваджуються організаційно-технічні заходи із продовження терміну служби електропоїздів. В ході цих заходів виконуються капітальні ремонти, і заміни тягових двигунів, механічного обладнання, допоміжних машин, які відпрацювали свій ресурс. Основними причинами заміни допоміжних машин є несправності, які пов'язані із пробоем ізоляції. В свою чергу пробій ізоляції виникає з причини її старіння і стрімкого скорочення терміну служби при дії високих температур.

Перегрів цих машин відбувається при живленні енергією нижчої якості, ніж в промислових мережах. Це обумовлено, як конструктивними і принциповими особливостями джерела живлення, так і специфічними умовами роботи за рівнем напруги електропоїздів, що працюють на ділянках, які електрифіковано змінним струмом.

Питанню підвищення якості електричної енергії для живлення допоміжних машин присвячена значна кількість робіт, але в них чітко не визначено граничних значень показників якості електричної енергії, при яких не спостерігається перевищення допустимих значень температури обмоток статора допоміжних машин, і не запропоновано інших заходів, крім як заміни фазорозщеплювача статичним перетворювачем, по підвищенню якості живлячої допоміжні машини електроенергії. З урахуванням вищевказаного, дослідження автора, які направлено на визначення меж допустимих значень показників якості електроенергії та розробки мікропроцесорних систем контролю за якістю електричної енергії та захисту допоміжних машин від перевантаження з метою продовження їх терміну служби є безумовно актуальними і відповідають нагальним потребам галузі.

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

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаної літератури та додатків. Основний текст роботи викладено на 131 сторінці. Дисертація містить 64 рисунка, 29 таблиць, 87 найменувань літературних джерел, розміщених на 9 сторінках та 6 додатків на 35 сторінках. Повний обсяг дисертації складає 175 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі досліджень, наведено основні наукові положення, що виносяться на захист, а також подано відомості про апробацію та публікації результатів досліджень.

У **першому розділі** проведено аналіз умов роботи допоміжних машин на рухомому складі змінного струму, сучасного стану систем живлення і захисту допоміжних машин на електропоїздах серії EP9M, в ході чого встановлено, що в якості допоміжних машин електропоїздів серії EP9M застосовуються серійні загальнопромислові асинхронні двигуни серії АИР та АОМ, живлення яких відбувається від електромашинного перетворювача – фазорозщеплювача. На базі результатів лабораторного дослідження зроблено висновок, що існуюча система захисту допоміжних машин не здатна виключити можливість виникнення надмірних перегрівів їх обмоток статорів через недостатню точність спрацьовування теплового захисту.

**Другий розділ** дисертаційної роботи присвячено кількісній оцінці впливу показників якості електричної енергії на додатковий перегрів обмоток статора допоміжних машин. Отримано аналітичний вираз для відтворення функціональної залежності між коефіцієнтом несиметрії напруги на виході фазорозщеплювача та електричним навантаженням на ньому. Встановлено, що серед всіх показників якості електричної енергії найбільшого впливу на перегрів статорних обмоток завдає несиметрія живлячої напруги та відхилення напруги від номінального значення. Оцінено сумарний вплив названих показників якості електричної енергії за умови одночасної їх дії, що дало змогу визначити орієнтовні межі граничних значень несиметрії та відхилення напруги за умови нормального нагріву обмоток допоміжних машин.

У **третьому розділі** роботи наведено результати дослідження впливу показників якості електричної енергії на перегрів обмоток статора допоміжних машин з урахуванням реального навантаження, вираженого коефіцієнтом запасу за потужністю цих машин отриманих за допомогою вдосконаленої математичної теплової моделі асинхронного двигуна. Результати досліджень представлено у вигляді характеристик, що встановлюють залежність між коефіцієнтом несиметрії живлячої напруги, коефіцієнтом запасу за потужністю та перегрівом обмотки статора при певному значенні напруги живлення. Уточнено гранично допустимі значення показників якості електричної енергії при реальному навантаженні допоміжних машин за умов їх нормального нагріву.

**Четвертий розділ** присвячено розробці принципів схем запропонованих автором пристроїв для контролю якості живлячої електроенергії і теплового захисту допоміжних машин на основі сучасної цифрової елементної бази. Визначено параметри елементів, що входять до структури пристрою контролю якості живлячої енергії, при яких буде забезпечено гранично допустиме значення показників якості електричної енергії визначене раніше за умов нормального нагріву допоміжних машин.

Запропоновано метод визначення допустимої тривалості протікання струму перевантаження по обмотці статора, визначено за допомогою нього робочі характеристики нового пристрою теплового захисту допоміжних машин.

Окремим пунктом оцінено ефект від впровадження результатів дослідження у вигляді збільшення реального терміну служби допоміжних машин до гарантованого заводом-виробником строку.

У **висновках** представлено основні результати досліджень, проведених у роботі та надано рекомендацій щодо вибору гранично допустимих значень показників якості електричної енергії, а також терміну часу протікання струмів перевантаження обмотками статора допоміжних машин за умови нормального нагріву допоміжних машин.

У **додатках** представлено акти впровадження результатів дослідження, довідки стосовно статистики виходу з ладу допоміжних машин, методику і результати лабораторного випробування теплового захисту на точність спрацьовування, а також допоміжні розрахунки, виконаних за стандартними загальноприйнятими методиками.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Наукова новизна результатів отриманих при виконанні дисертаційної роботи полягає у наступному:

1. Вперше:

- обґрунтовано закономірність впливу якості живлячої енергії на процеси нагрівання допоміжних машин електропоїздів змінного струму, що дозволяє розробити рекомендації по підвищенню працездатності вказаних машин;
- розроблено метод, який передбачає визначення температури нагрівання обмоток статора допоміжних асинхронних машин з урахуванням впливу несиметрії живлячої напруги і її відхилення від номінального значення, що дає можливість більш точно визначити температуру нагрівання цих обмоток в реальних умовах експлуатації;

2. Розроблено математичну модель теплового стану допоміжних машин, яка відрізняється від існуючих моделей врахуванням якості живлячої енергії з точки зору теплових процесів, що дає можливість оцінити реальне нагрівання ізоляції обмотки статора і, відповідно, реальний термін її служби;

3. Знайдені раціональні співвідношення між коефіцієнтом запасу допоміжних машин і коефіцієнтом несиметрії живлячої напруги з точки зору

визначення раціонального значення ємності симетруючої конденсаторної батареї, що дозволяє знизити додатковий перегрів обмоток статора допоміжних машин від низької якості живлячої енергії.

4. Запропоновано новий принцип захисного пристрою від перегріву обмоток статора, який відрізняється від існуючих тим, що одночасно контролює і значення струму і час, за який не відбудеться недопустимого нагрівання цих обмоток. Визначено співвідношення між струмом і часом при цьому.

### **Цінність отриманих результатів дисертаційної роботи.**

Основна практична значимість отриманих результатів полягає в можливості суттєво підвищити термін служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму; створити уніфіковані мікропроцесорні системи захисту допоміжних машин у режимах роботи із низькими показниками якості електричної енергії та перевантаження; зменшити експлуатаційні витрати при експлуатації електропоїздів змінного струму при використанні названих уніфікованих мікропроцесорних систем.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи впроваджено у ПрАТ «Київський електровагоноремонтний завод ім. Січневого повстання 1918 року» (м. Київ) та у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.**

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджується:

- коректною постановкою задач досліджень;
- використанням типових положень методу найменших квадратів при визначенні аналітичних виразів за практично отриманими залежностями;
- застосуванням при математичному моделюванні основ теорії подібності;
- актами впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес та на підприємстві галузі електротранспорту;

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 13 наукових працях, у тому числі: 4 – статті у фахових наукових виданнях, в тому числі 2 роботи, опубліковані у виданнях, що входять до переліку міжнародної науково-метричної бази даних Index Copernicus; 1 – патент на корисну модель; 8 – у тезах доповідей та матеріалах конференцій.

Автореферат і основні положення дисертації є ідентичними за змістом.

## Зауваження по дисертації.

### 1. Щодо наукової новизни отриманих результатів:

1.1 «...обґрунтовано закономірність впливу якості живлячої енергії на процеси нагрівання допоміжних машин.... що дозволяє розробити рекомендації по підвищенню працездатності вказаних машин» - на наш погляд:

– це некоректне формулювання, точніше підійде «встановлена закономірність». Крім того, самі закономірності впливу параметрів якості енергії на температуру обмоток обґрунтовані були набагато раніше до дисертанта авторами робіт [1, 39];

– у дисертації ніде немає досліджень процесу нагрівання, скрізь залежно від якості енергії та інших факторів проводяться дослідження усталеної температури як статичної величини;

– працездатність електричних машин не можна підвищити. Можна запобігти зниженню працездатності.

1.2 «Розроблено метод, який передбачає визначення температури нагрівання обмоток статора допоміжних машин з урахуванням впливу несиметрії живлячої напруги і її відхилення від номінального значення...» - метод суперпозиції є загальновідомим методом з курсу ТОЕ, саме так виглядають всі перетворення автора. Чим відрізняється його метод від методу суперпозиції?

1.3 «Знайдені раціональні співвідношення між коефіцієнтом запасу допоміжних машин та коефіцієнтом несиметрії...» - між тим автором поняття коефіцієнта запасу використовується невірно. В електротехніці загальноприйнято, що запас за потужністю відраховується від точки номінального режиму. В автора всі машини апріорі недовантажені, отже, при подальшому підвищенні навантаження вони тепер «перевантажені». Слід було б використовувати інший термін, щоб уникнути плутанини; співвідношення в дисертації представлені фрагментарно, для напруги 160, 205, 220, 245, 260, для різних двигунів окремо, у вигляді окремих таблиць, формул. А варто було б вивести один аналітичний вираз, що дозволяє визначити величину перегріву функції всіх розглянутих в роботі факторів.

1.4 «Запропоновано новий принцип захисного пристрою...» - Викликає сумнів новизна принципу захисного пристрою для відключення допоміжних машин. По суті МП-пристрій імітує роботу того ж реле струму, тільки з годинно-часовою характеристикою, налаштованої так, щоб вона співпадала з годинно-часовою характеристикою двигуна. Будь-який промисловий перетворювач частоти має електронний захист від перевантажень двигуна, яка зовні працює аналогічно: більше перевантаження – менше час спрацьовування.

1.5 «Зменшити експлуатаційні витрати... при використанні уніфікованих МП систем захисту допоміжних машин» - у середньому замінюють на рік близько 300 шт. допоміжних двигунів. Напевно, це частина від усього парку допоміжних двигунів. Тому твердження, що оснащення кожного двигуна

уніфікованими МП-системами знизить експлуатаційні витрати, можливо, і правильно, але автором не враховувалися первинні капітальні вкладення, величина яких може зробити строк окупності неприйнятно великим

## **2. За текстом дисертаційної роботи**

2.1 Не зрозуміло, як виконувались у роботі дослідження впливу якості електроенергії на термін служби ізоляції обмоток статора (стор. 16, четвертий розділ);

2.2 Матеріал досліджень роботи зорієнтований на фазорозщеплювач 1РФ – Д5, що, на погляд опонента, дещо звужує галузь використання результатів досліджень;

2.3 У роботі не вказаний можливий вплив на перевищення температури таких факторів, як охолодження машини при експлуатації тощо;

2.4 У першому розділі, на думку опонента, не був проведений в достатньому обсязі аналітичний огляд стану досліджень та розробок за темою дисертації;

2.5 На стор. 21 опис до фазорозщеплювача не зовсім відповідає схемі рис. 1.8. Наприклад, виводи С1, С2 і С3 відсутні на цьому рисунку;

2.6 Текст рукопису рясніє непотрібною інформацією, яка потім ніде не використовується. Наприклад, на стор 22 «Трифазна обмотка статора укладається в 48 напіввідкритих паза статора...»;

2.7 Стор. 31. «При такому перевантаженні реле спрацює через 40 сек. При затягуванні процесу пуску можливе протікання... буде викликано короткочасне перегрівання ізоляції обмотки статора». Важко уявити собі, щоб справний вентилятор провітрювання салону настільки довго розганявся. Напевно момент інерції турбіни не настільки значний. Інша справа – зниження напруги при пуску, але про це в дисертації ані слова. Тим більше, зниження напруги живлення сприяло б зниженню пускового струму;

2.8 При розрахунку ємності батарей симетруючих пристроїв слід було б провести перевірку на виникнення резонансів в ланцюзі з ємностями і індуктивностями допоміжних машин;

2.9 Стор. 60 п. 6. В роботі отримані цікаві результати з двигуном АОМ-32-4, вони сильно відрізняються від всіх інших розглянутих двигунів, в тому числі і від двигуна тієї ж серії АОМ-22-2. Результати настільки відрізняються, що можна підозрювати помилку, тим більше вони ніяк не пояснюються дисертантом;

2.10 На сторінках 125, п. 2 «Запропоновано структуру та принципову схему пристрою для контролю якості електричної енергії». У дисертації про цей прилад нічого немає, тільки про прилад теплового захисту допоміжних машин, який тільки контролює величину струму, і більше нічого.

## **3. Зауваження щодо змісту автореферату**

3.1 Бажано було б навести в авторефераті структуру пристрою для контролю якості електроенергії в мережі живлення допоміжних машин;

3.2 В п.8 Висновків перше речення залишилось незавершеним.

### Загальний висновок.

Приведені зауваження дещо знижують враження від дисертаційної роботи як наукового дослідження, проте не впливають на її загальну позитивну оцінку. Дисертаційна робота Балійчука О.Ю. «Підвищення терміну служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму» є теоретично і практично закінченим науковим дослідженням. Тема роботи актуальна та відповідає сучасним питанням розвитку галузі залізничного транспорту. Матеріал роботи викладено грамотно, з логічним та послідовним поданням матеріалу.

Зазначене вище дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота «Підвищення терміну служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму» відповідає вимогам п.9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів...», а її автор, **Балійчук Олексій Юрійович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

### Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри автоматизованих  
електромеханічних систем в промисловості  
та транспорті ДВНЗ «Криворізький  
національний університет»

О.М. Сінчук

Підпис *О.М. Сінчук*

ЗАСВІДЧУЮ:

Учений секретар  
ДВНЗ «Криворізький національний  
університет»  
*Тарасюк М.А.*

2014 р.





**ВІДГУК**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу**  
**Балійчука Олексія Юрійовича на тему**  
**«Підвищення працездатності допоміжних машин електропоїздів**  
**змінного струму», яка представлена на здобуття наукового ступеня**  
**кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт**

На розгляд представлені: дисертаційна робота, автореферат та копії друкованих робіт автора за темою досліджень. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел із 87 найменувань (9 сторінок), шести додатків (35 сторінок). Загальний обсяг дисертації – 175 сторінок, 64 рисунка, 29 таблиць.

**Актуальність теми.**

Основним видом рухомого складу, яким виконуються приміські пасажирські перевезення на залізницях України є електропоїзди. Інвентарний парк Укрзалізниці складається з електропоїздів виробництва кількох підприємств різних років побудови. На теперішній час це 1547 секцій. На ділянках Укрзалізниці, які електрифіковано змінним струмом, основним видом моторвагонного рухомого складу (МВРС) є електропоїзди серії EP9M. Електропоїзди змінного струму серії EP9M в багатьох випадках вже відпрацювали свій встановлений термін служби. При експлуатації електропоїздів названої серії розповсюдженою проблемою є передчасний вихід з ладу допоміжних машин. При цьому найбільш високий відсоток (21%) виходу з ладу припадає на вентилятори салонів пасажирських приміщень, де в якості приводних двигунів застосовуються загальнопромислові асинхронні двигуни старої серії АОМ.

Застосування в бортовій мережі фазорозчеплювача створює умови для погіршення якості бортової трифазної напруги в порівнянні з промисловими мережами. Це призводить до погіршення умов експлуатації, перегріву обмоток та виходу з ладу ізоляції. Крім того неспрацювання теплового захисту та відсутність сучасних релейних систем створює додаткові проблеми при експлуатації допоміжних машин електропоїздів.

Зрозуміло, що встановлення електронних перетворювачів типу керований або некерований випрямляч – автономний інвертор з згладжуючим фільтром дозволить спростити систему живлення допоміжних машин. Проте, на даний час, статичні перетворювачі на електропоїздах серії



EP9M не знайшли належного застосування в наслідок того, що до теперішнього часу не оцінена їх ефективність. Також при роботі вони здійснюють істотний вплив на пристрої радіозв'язку та автоматичної локомотивної сигналізації.

Таким чином, в умовах модернізації і продовження терміну служби МВРС актуальним є проведення досліджень з метою розробки рекомендацій з підвищення терміну служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму при існуючій системі живлення. Завдяки цьому дисертаційну роботу слід вважати актуальною і своєчасною.

Таким чином, дисертаційна робота Балійчука О.Ю. спрямована на вирішення наукової задачі, яка полягає у підвищенні терміну служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму серії EP9M шляхом зниження температури перегріву до гранично допустимих значень ізоляції обмоток статорів за рахунок контролю якості електричної енергії, якою живляться допоміжні машини і відповідає за критерієм актуальності п. 9 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р.

Дисертація виконувалась відповідно до державних програм та науково-дослідних робіт:

- Підвищення надійності двигунів компресорів електропоїздів серій EP1, EP2 (№ ДР0106U006497);

- Державна цільова економічна програма енергоефективності й розвитку сфери виробництва енергоресурсів з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2012-2015 роки (1 березня 2010 р. № 243 зі змінами внесеними згідно з Постановами КМ № 447 від 27.04.2011, № 929 від 11.11.2015);

- Програма оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 роки (Постанова Кабінету Міністрів України від 1 серпня 2011 р. N 840);

- Підвищення надійності роботи електромашинного перетворювача електропоїзду ЕПЛ2Т у режимі рекуперативного гальмування (№ ДР 0115U000031).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність** представлених у дисертаційній роботі підтверджується адекватно обраними методами досліджень, використання

типових положень методу найменших квадратів, основ теорії подібності, математичного моделювання, принципів виконання інженерного експерименту, а також актами впровадження отриманих результатів. Припущення та спрощення, які прийняті при виконанні досліджень, допустимі при вирішенні задач, що розглянуті в даній роботі.

**Наукова новизна, що визначає рівень кандидатської дисертації, і практичне значення одержаних результатів** полягає в наступному:

1. Вперше:

- обґрунтовано закономірність впливу якості живлячої енергії на процеси нагрівання допоміжних машин електропоїздів змінного струму, що дозволяє розробити рекомендації по підвищенню працездатності вказаних машин;

- розроблено метод, який передбачає визначення температури нагрівання обмоток статора допоміжних асинхронних машин з урахуванням впливу несиметрії живлячої напруги і її відхилення від номінального значення, що дає можливість більш точно визначити температуру нагрівання цих обмоток в реальних умовах експлуатації.

2. Розроблено математичну модель теплового стану допоміжних машин, яка відрізняється від існуючих моделей врахуванням якості живлячої енергії з точки зору теплових процесів, що дає можливість оцінити реальне нагрівання ізоляції обмотки статора і, відповідно, реальний термін її служби.

3. Знайдені раціональні співвідношення між коефіцієнтом запасу допоміжних машин і коефіцієнтом несиметрії живлячої напруги з точки зору визначення раціонального значення ємності симетруючої конденсаторної батареї, що дозволяє знизити додатковий перегрів обмоток статора допоміжних машин від низької якості живлячої енергії.

4. Запропоновано новий принцип захисного пристрою від перегріву обмоток статора, який відрізняється від існуючих тим, що одночасно контролює і значення струму і час, за який не відбудеться недопустимого нагрівання цих обмоток. Визначено співвідношення між струмом і часом при цьому.

Основне практичне значення отриманих результатів полягає в можливості суттєво підвищити термін служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму; створити уніфіковані мікропроцесорні системи захисту допоміжних машин у режимах роботи з низькими

показниками якості електричної енергії та перевантаження; зменшити експлуатаційні витрати при експлуатації електропоїздів змінного струму при використанні названих уніфікованих мікропроцесорних систем.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи впроваджено у ПрАТ «Київський електровагоноремонтний завод ім. Січневого повстання 1918 року» (м. Київ) та у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

### **Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях**

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 13 наукових працях, у тому числі: 4 – статті у фахових наукових виданнях, в тому числі 2 роботи, опубліковані у виданнях, що входять до переліку міжнародної науково-метричної бази даних Index Copernicus; 1 – патент на корисну модель; 8 – у тезах доповідей та матеріалах конференцій.

Автореферат і основні положення дисертації є ідентичними за змістом.

### **Оцінка змісту дисертації і її завершеності**

Дисертація є завершеною науковою роботою виконаною на актуальну тему, написана державною мовою, з формально-логічним способом викладення матеріалу, що в достатній мірі характеризує загальний науковий рівень автора.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаної літератури та додатків. Основний текст роботи викладено на 131 сторінці. Дисертація містить 64 рисунка, 29 таблиць, 87 найменувань літературних джерел, розміщених на 9 сторінках та 6 додатків на 35 сторінках.

Повний обсяг дисертації складає 175 сторінок.

У **вступі** чітко сформульовано мету і задачі досліджень, обґрунтовано аспекти, що підтверджують актуальність теми дисертації, наведено основні наукові положення, що виносяться на захист, а також подано відомості про апробацію та публікації результатів досліджень.

**Перший розділ** дисертації присвячено аналізу умов роботи допоміжних машин на рухомому складі змінного струму, сучасного стану систем живлення і захисту допоміжних машин на електропоїздах серії EP9M. В результаті встановлено, що в якості допоміжних машин електропоїздів серії EP9M застосовуються серійні загальнопромислові асинхронні двигуни

серії АІР та АОМ, живлення яких відбувається від електромашинного перетворювача – фазорозчеплювача. Також встановлено, що існуюча система живлення і захисту допоміжних машин не здатна виключити можливості виникнення надмірних перегрівів їх обмоток статорів через недостатню точність спрацьовування теплового захисту і низьку якість електричної енергії, яка спричинена роботою фазорозчеплювача. Зокрема, точність спрацьовування штатного теплового захисту оцінена шляхом проведення лабораторних досліджень теплових реле ТРТІ-115.

У **другому розділі** дисертаційної роботи проведено дослідження по визначенню впливу показників якості електричної енергії на додатковий перегрів обмоток статора допоміжних машин. На основі отриманих з відповідних технічних джерел залежностей отримано аналітичний вираз для відтворення функціональної залежності між коефіцієнтом несиметрії напруги на виході фазорозчеплювача та електричним навантаженням на ньому. Встановлено, що серед всіх показників якості електричної енергії найбільшого впливу на перегрів статорних обмоток завдає несиметрія живлячої напруги та відхилення напруги від номінального значення. Оцінено сумарний вплив названих показників якості електричної енергії за умови одночасної їх дії, що дало змогу визначити орієнтовні межі граничних значень несиметрії та відхилення напруги за умови нормального нагріву обмоток допоміжних машин.

**Третій розділ** роботи містить результати дослідження впливу показників якості електричної енергії на перегрів обмоток статора допоміжних машин з урахуванням проектного запасу за потужністю цих машин за допомогою вдосконаленої математичної теплової моделі асинхронного двигуна. Результати досліджень представлено у вигляді характеристик, що встановлюють залежність між коефіцієнтом несиметрії живлячої напруги, коефіцієнтом запасу за потужністю та перегрівом обмотки статора при певному значенні напруги живлення. Користуючись даними залежностями автором уточнено гранично допустимі значення показників якості електричної енергії при реальному навантаженні допоміжних машин за умов їх нормального нагріву.

У **четвертому розділі** представлено принципові схеми запропонованих автором пристроїв для контролю якості живлячої електроенергії і теплового захисту допоміжних машин на базі сучасних мікроконтролерів. Визначено параметри елементів, що входять до структури пристрою контролю якості живлячої енергії, при яких буде забезпечено гранично допустиме значення

показників якості електричної енергії визначене раніше за умов нормального нагріву допоміжних машин. Показано метод визначення допустимої тривалості протікання струму перевантаження по обмотці статора, визначено за допомогою нього робочі характеристики запропонованого пристрою теплового захисту допоміжних машин.

Окремим пунктом оцінено вплив якості електричної енергії, що живить допоміжні машини на термін служби їх ізоляційного шару.

У **висновках** узагальнено результати досліджень, проведених у роботі та рекомендацій щодо вибору гранично допустимих значень показників якості електричної енергії, а також терміну часу протікання струмів перевантаження обмотками статора допоміжних машин за умови нормального нагріву допоміжних машин.

У **додатках** представлено акти впровадження результатів дослідження, довідки стосовно статистики виходу з ладу допоміжних машин, методичку і результати лабораторного випробування теплового захисту на точність спрацьовування, а також допоміжні розрахунки, виконані за стандартними загальноприйнятими методиками.

### **Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації**

1. Зазначено, що основні причини виходу з ладу допоміжних електричних машин – старіння ізоляції, на підставі чого зроблено такий висновок?

2. Автор стверджує що розчеплення фаз здійснюється при обертанні валу фазорозчеплювача. Виникає питання яким чином швидкість обертання валу фазорозчеплювача впливає на розчеплення фаз напруги живлення?

3. Проводячи аналіз схем живлення допоміжних машин, на мій погляд, слід було надати векторні діаграми, як інструментарій наочного представлення процесів симетрування.

4. У роботі розглядаються допоміжні машини електропоїздів серії EP9M. Навіщо проводити аналіз схем живлення вантажних електровозів і тим більше електропоїздів Siemens Velaro?

5. На стор. 30 дана характеристика роботи системи захисту електродвигуна електронасоса. Незрозуміло, зазначені значення одержані Вами або взяті з літератури?

6. На стор. 22 раптом мова йде про якийсь статор з 48 пазами, чому не 56 або 36 пазів?

7. На стор. 53 представлена таблиця результатів розрахунку сумарного нагріву обмоток статора допоміжних машин електропоїздів серії EP9M при класі ізоляції В і різних коефіцієнтах несиметрії живлячої напруги. Однак,



автор не робить аналізу приведених результатів, особливо по двигуну АОМ-32-4. Якщо двигун АОМ-32-4 не підходить, то може варто було б вибрати інший АД з відповідними параметрами і рекомендувати його як заміну? Наприклад, заміна старих типів машин (АОМ 32-4) на сучасні 5А або навіть 4А або АІР призведе до зміни ситуації? Також з тексту роботи незрозуміло чому в найбільш важких умовах по перегріву знаходиться двигун АОМ-32-4. Автор не робить аналізу цієї проблеми.

8. Навіщо визначати коефіцієнт  $K$  для теплової моделі двигунів потужністю 11...250 кВт, якщо потужність допоміжних машин у електропоїзді ЕР9М не перевищує 5 кВт.

9. Не обґрунтовано належною мірою чому коливання напруги мережі і коливання навантаження ФР призводять до перегріву ізоляції і відповідно її пробою та виходу з ладу допоміжних машин.

10. Стор. 47 - вказані напруги 160, 205, 220, 225 і 260 В. При цьому на яку напругу розраховані допоміжні машини? Звідки ці напруги?

11. Стор. 71 - Чи можна вважати вірними вирази для  $\kappa_3 = P_H/P_C$  і  $\kappa_H = \frac{1}{\kappa_3}$  при будь якій потужності? Оскільки, якщо  $P_C = 0$  то  $\kappa_3 = \infty$ , що не вірно. Отже, необхідно було б дати обґрунтування по діапазону зміни  $P_C$ .

12. З роботи не ясно, чим запропонований пристрій симетрування відрізняється від існуючих? Чим обґрунтовано рішення підключати конденсатори за допомогою модульних контакторів?

13. На стор. 106 з'являються коефіцієнти  $k_{\text{поч}}$  та  $k$ , проте не дається розшифровка його призначення.

14. У чому вимірюється термін служби? Як інтерпретувати дані табл. 4.7? Тобто електродвигун може працювати і 1141 рік?

15. Посилання на додатки: Додаток Б - в одному місці це статистичні дані по виходу допоміжних машин з ладу (стор. 14), в іншому - програма випробувань (стор. 31). Додаток В - наводяться результати випробування реле, а повинні бути - таблиці з даними розрахунків. На мій погляд це помилки при оформленні роботи.

16. На мій погляд треба було при формулюванні задач 4 та 9 застосовувати терміни «розробка моделі чи алгоритму...», а не «створення».

### Загальні висновки

Не зважаючи на ряд зауважень, вважаю, що робота виконана на високому науковому рівні, містить наукову та практичну цінність й присвячена актуальному питанню удосконалення галузі залізничного

транспорту. Матеріал дисертації викладено грамотно, охайно, з логічним та послідовним поданням матеріалу.

Аналіз структури, змісту та обсягу дисертації «Підвищення терміну служби допоміжних машин електропоїздів змінного струму» дозволяє зробити висновок про її відповідність положенням п.9, п.11 та п.12 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання...», а її автор, **Балійчук Олексій Юрійович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт.

**Офіційний опонент**

**канд. техн. наук, доцент,**

**доцент кафедри**

**відновлюваних джерел енергії**

**Державного ВНЗ «Національний гірничий  
університет»**

**Д. В. Циценков**

**Підпис затверджую:**

**Вчений секретар**

**Державного ВНЗ «Національний гірничий  
університет»**



**О.А. Данилова**