

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Пересунька Ігоря Ігоровича

«Формування енергоорієнтованих пускових характеристик синхронного електропривода

вентиляторів головного провітрювання шахт»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи.

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Вентилятори головного провітрювання (ВГП) шахт є найбільш енергоємними та найбільш енергозатратними споживачами електричної енергії залізрудних шахт. Більш того, згідно з технологією видобутку руд, глибини підземних горизонтів постійно збільшуються. Збільшується і їх протяжність. В теперішній час видобуток руди ведеться на горизонтах 1500...1700 метрів, а їх протяжність перевищує 3...3,5 кілометри. Спостерігається дефіцит повітря в підземних виробках. Для ліквідації такого явища необхідні нові потужності вентиляторів а значить значні потужності їх електромеханічних систем. Для зменшення темпів росту електроенерговитрат необхідно обґрунтування та розробка нових енергоефективних заходів для функціонування електроприводів даних комплексів, в тому числі у пускових режимах.

Дисертація присвячена розв'язанню актуального наукового завдання розроблення і обґрунтування методів формування пускових характеристик синхронних двигунів (СД) електроприводів вентиляторів ,спрямованих на підвищення їх енергоефективності.

Основний зміст роботи базується на результатах досліджень, що проводились на кафедрі автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та транспорті Криворізького національного університету у відповідності до наукового напрямку “Розроблення комплексу заходів по енергозбереженню на підприємствах залізрудної промисловості”. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до “Програми наукових досліджень і розробок Міністерства освіти і науки України за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки” у рамках науково-дослідних робіт № 30-114-21 “Інтеграція розумних технологій побудови електроенергетичних систем у контексті підприємств гірничо-металургійної галузі”. Результати дисертаційної роботи одержано під час виконання НДР “Розроблення комплексу заходів по енергозбереженню на підприємствах залізрудної промисловості” (№ НДР 0114U003457); НДР “Розроблення енергозберігаючих заходів на підприємствах гірничодобувної промисловості” (№ НДР 0115U003180); НДР

“Спосіб зниження струмів витоку в електричних комбінованих мережах залізрудних шахт” (№ НДР 0116U1788); НДР “Аспекти теорії та практики оцінки електроенергетичної конкурентноспроможності залізрудних підприємств” (№ НДР 0118U006520).

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 221 сторінок, з яких основний зміст викладений на 182 сторінках друкованого тексту, містить 96 рисунків, 8 таблиць. Список використаних джерел складається з 125 найменувань.

У *вступі* дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми наукового пошуку, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію і публікації.

У *першому* розділі проведено аналіз режимів функціонування електроприводів вентиляторів головного провітрювання на залізрудних підприємствах із підземним способом добутку залізрудної сировини.

Автором показано, що підвищення енергоефективності ВГП має значний потенціал у зниженні енерговитрат даних видів енергоємних споживачів електроенергії залізрудних шахт. При цьому вектор вирішення проблеми лежить у системі пуску СД цих видів електромеханічних комплексів. Підтверджено, що основною версією забезпечення економікоенергетичного функціонування ВГП є використання в їх комплексах систем електропривода із плавним пуском, з необхідним діапазоном зміни частоти обертання СД при незначному зменшенні к.к.д. вентилятора.

Виходячи з цього в розділі наведені встановлені основні вимоги до системи електропривода ВГП.

В *другому розділі* розглянуто особливості пуску СД та умови надійного втягування їх в синхронізм. Зазначено, що має місце ускладнення конструкції ротора, оскільки необхідно вбудовувати пускову короткозамкнену обмотку, яка в перехідних процесах виконує роль демпферної, для згладжування коливань. При цьому обмотка збудження СД також використовується при пуску, для чого до неї на час пуску підключають зовнішній резистор. Це захищає обмотку збудження також від надвисокої напруги в процесі пуску.

При зниженні напруги живлення в електричній мережі розглянуто умови регулювання збудження СД. Акцентовано увагу, що в синхронному електроприводі при короткому замиканні у високовольтній мережі живлення, доцільно застосування резисторного гасіння поля для швидкого і надійного розбудження синхронної машини.

Розглянуто частотне регулювання синхронного електропривода.

У *третьому розділі* представлений аналіз базоутворюючих систем пуску і збудження СД.

Формалізовано вимоги до систем пуску і збудження синхронного електропривода, на відповідність яким проаналізовані відомі системи і способи управління ними, виконано порівняння і вибір варіантів для процесу подальших досліджень.

Обґрунтовані і прийняті багаторівневі перетворювачі напруги, оскільки саме ці види дозволяють керувати високим рівнем вихідної напруги з найкращим спектром гармонік напруг і струмів.

Доведено, що для електроприводів ВГП підходить топологія перетворювання напруги живлення СД з допомогою послідовного з'єднання Н-мостів.

Обґрунтовано спосіб почергового циклічного управління високовольтним IGB транзисторним перетворювачем із ШІМ напруги одним інверторним блоком, що дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії перетворювача і формувати оптимальну інтегральну криву вихідної напруги.

Запропоновано спосіб роздільної зміни величини і частоти напруги живлення СД, що дозволяє зменшити рівні перехідних струмів більше ніж при ступінчатому частотному регулюванні.

У *четвертому розділі* наведені результати моделювання перехідних процесів в СД з різними системами пуску електромеханічного комплексу ВГП шахт.

Обґрунтовано, що саме шляхом модельних досліджень можна проаналізувати та оптимізувати для реальних умов ВГП способи регулювання режимів їх функціонування. Проведення експериментальних досліджень в умовах діючих установок вентиляторів головного провітрювання вкрай обмежено, а нерідко взагалі заборонено правилами безпеки та технічної експлуатації.

У процесі моделювання досліджено перехідні процеси при прямому пуску і покроковій зміні величини напруги та частоти СД з вентиляторним навантаженням. Розглянуто особливості моделювання перехідних процесів в СД з врахуванням насичення сталі. Визначено енергоспоживання при пуску СД.

В *висновках* наведено формулювання розв'язаної наукової задачі та узагальнення отриманих наукових та практичних результатів.

*Додатки* містять інформацію про впровадження результатів, список опублікованих праць за темою дисертації, відомості про апробацію результатів дисертації та результатів розрахунків. Приведені експериментальні дані добового споживання активної енергії ВГП

залізорудних шахт Криворізького регіону та результати порівняльного аналізу систем пуску СД в складі електромеханічних комплексів.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

1. Розвинуто теорію електроприводу у напрямку електроприводів з синхронними двигунами шляхом наукового обґрунтування методів формування перехідних процесів пуску, що забезпечило вдосконалення їх систем пуску та підвищення енергоефективності.

2. Розроблено метод, що передбачає використання в обмотках кола статора синхронного двигуна IGB транзисторного багаторівневого перетворювача частоти для енергоефективного частотного пуску з функціонуванням на проміжних пускових позиціях, що дозволяє мінімізувати похідні негативні фактори впливу перехідних пускових струмів в обмотках статора двигуна, а також нормалізувати роботу електропривода вентилятора головного провітрювання при глибоких просадках напруги живлення високовольтної мережі.

3. Запропоновано метод роздільного регулювання величини і частоти вихідної напруги багаторівневого перетворювача частоти при квазічастотному пуску синхронного електропривода, що обмежує до допустимих значень пускові струми.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи,** сформульованих в дисертаційній роботі, базується на детальному аналізі інформаційних джерел за даною проблематикою, чіткій постановці мети і задач дисертації, коректному використанні теорій електроприводу, електричних машин, напівпровідникових перетворювачів енергії, сучасних методів дослідження, а також у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

**Практичне значення отриманих результатів роботи** полягає у розробленні енергоефективних систем пуску синхронних двигунів головного провітрювання залізорудних шахт, в тому числі з використанням циклічного почергового управління блоками IGB транзисторного перетворювача частоти, що дозволяє формувати струми і напруги їх живлення близькими до синусоїдальних, імітаційних моделей для розрахунку пускових режимів. Практичні результати забезпечують підвищення енергоефективності електромеханічних комплексів вентиляторів головного провітрювання шахт. Результати дисертаційної роботи впроваджено в ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж», а також використовуються в навчальному процесі Криворізького національного університету на кафедрі автоматизованих електромеханічних систем у промисловості та транспорті.

**Апробація результатів дисертації** підтверджується тим, що основні положення доповідались на міжнародних науково-технічних і науково-практичній конференціях.

**Повнота викладання матеріалів в опублікованих працях.** За матеріалами дисертації опубліковано 16 робіт, з яких 1 монографія, 4 статті у наукових фахових виданнях, 1 стаття у періодичному виданні, що внесено до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus, 4 статті у наукових журналах і збірниках наукових праць, 5 – у матеріалах конференцій, отримано 1 патент України на корисну модель.

Наукові публікації в цілому відображають зміст дисертації.

**Автореферат в повній мірі відображає** зміст та основні положення дисертації.

### **Оцінка мови, стилю, оформлення дисертації.**

Дисертація написана технічно грамотно і оформлена в цілому акуратно. Ілюстрації інформативні і виконані відповідно діючим стандартам.

### **Зауваження по дисертаційній роботі.**

1. Такі теорії, як теорія синтезу електромеханічних систем (п.1 наукової новизни), теорія аналізу та синтезу синхронних двигунів (висновки по роботі) відсутні. Тому на цих теоріях недоцільно акцентувати увагу.
2. Дисертаційна робота має безумовно наукову новизну, але деякі з пунктів новизни сформульовані недостатньо чітко:  
з п.3 необхідно виключити “досліджено електромеханічні процеси” ; у п.4 незрозуміла суть методу “ в новому форматі”
3. Більшість висновків по розділах дисертації подано як перелік зробленого без відповідного обґрунтування.
4. Розділи дисертаційної роботи містять матеріали інших авторів, на які є посилання. Ці матеріали необхідно було б винести у перший розділ, додатки або доповнити їх своїми науковими результатами. Це в першу чергу відноситься до другого розділу, в 3-му розділі – це підрозділи 3.3.3, 3.6, тощо, а в 4-му – підрозділи 4.5, 4.8.
5. Незрозуміло ,як вибирались співвідношення між частотою і напругою при покроковій їх зміні .
6. Автор відносить напругу та струм до параметрів електричної машини.
7. Незрозуміло ,яку модель в координатах струму статора - потокозчеплення ротора має на увазі автор (у висновках по розділу 4).
8. Деякі рисунки дисертації проаналізовано на недостатньому рівні ( рис.4.15- 4.20, тощо ).
9. Мають місце орфографічні помилки і неточності, не зовсім чіткі позначення кривих на рисунках.

Зауваження не стосуються основних положень і результатів дисертаційної роботи, не знижують її наукової і практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок по роботі.

### Висновок

Дисертаційна робота Пересунька Ігоря Ігоровича «Формування енергоорієнтованих пускових характеристик синхронного електропривода вентиляторів головного провітрювання шахт» за змістом відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи.

Дисертація є завершеною роботою, в якій розв'язано актуальне наукове завдання розроблення та обґрунтування методів формування пускових характеристик синхронних двигунів електроприводів вентиляторів головного провітрювання шахт, спрямованих на покращення їх енергоефективності.

За актуальністю вибраної теми, достовірністю і обґрунтованістю висновків, новизною досліджень, значенням отриманих результатів для науки і практики дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а здобувач Пересунько Ігор Ігорович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент  
завідувач відділу електромеханічних систем  
Інституту електродинаміки  
Національної академії наук України,  
доктор технічних наук, професор

Л.І.Мазуренко

підпис

*Мазуренко Л.І.*

свідчую:

Інституту електродинаміки  
Нац. Академії наук України



*Л.І.Мазуренко*