

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Ковалю Андрія Миколайовича «Система автоматизованого керування дводвигунним електроприводом похилого дифузійного апарата», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи

Актуальність теми. Робота Ковалю Андрія Миколайовича присвячена вирішенню важливої науково-технічної задачі підвищення надійності роботи дводвигунних електроприводів з нелінійними пружними зв'язками, яка постає в цукровій галузі при експлуатації похилих дифузійних апаратів. В умовах постійної інтенсифікації використання таких апаратів, що спостерігається останнім часом на багатьох підприємствах нашої країни, в системі електроприводу можуть виникати коливальні режими, які по суті є аварійними й призводять до зменшення надійності та ефективності виконання технологічних процесів. Безпосередньою причиною таких режимів є наявність пружних зв'язків між двигунами привода та особливості експлуатації ПДА, а також недосконалість існуючих систем автоматизованого керування приводом, пов'язаних з відсутністю у них засобів вимірювання та контролю механічних параметрів.

Тому аналіз динамічних властивостей такої системи привода на основі математичних моделей, що враховують наявність пружно-дисипативного зв'язку, нелінійним характером якого не можна знехтувати, та інші особливості роботи механічної частини ПДА, є актуальним завданням..

Дисертаційна робота Ковалю Андрія Миколайовича присвячена розв'язку саме такого наукового завдання.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає у поглибленні існуючих, розвитку та обґрунтуванню нових підходів до аналізу динамічних властивостей дводвигунних приводів похилого дифузійного апарата та вдосконаленні методів автоматизованого керування, що забезпечують його надійну та ефективну роботу.

До основних наукових результатів слід віднести.

1. Вдосконалено математичну модель дводвигунного електропривода похилого дифузійного апарата, яка від відомих відрізняється врахуванням

електромеханічних процесів пов'язаних з наявністю нелінійного пружно-дисипативного зв'язку між двигунами, що дозволяє досліджувати динамічні режими системи в умовах нерівномірного завантаження шнековалів, яке характерне для технологічного процесу в дифузійному апараті.

2. Вперше досліджено динамічні властивості дводвигунного електроприводу похилого дифузійного апарата з нелінійними пружними зв'язками, що дозволило визначити зони стійкості системи в залежності від основних параметрів його роботи для двох типів приводу: постійного струму та частотно-регульованого асинхронного.
3. Отримав подальший розвиток метод контролю механічних параметрів електропривода, який від відомих відрізняється додатковим вимірюванням відносного кута повороту валів двигунів, контроль за яким дозволяє забезпечити роботу системи електропривода похилого дифузійного в стійкій зоні.

Практична цінність результатів роботи полягає у розвитку теоретичної бази для розробки і проектування дводвигунного приводу похилого дифузійного апарата з нелінійними пружними зв'язками, розробці рекомендацій з налаштування параметрів систем керування, а також в розробці технічних та програмних засобів для їх дослідження і практичної реалізації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, їх достовірність. Ступінь обґрунтованості отриманих у дисертації наукових положень і висновків є достатнім та підтверджується проведенням досліджень із застосуванням відомих теоретичних аналітичних та чисельних методів, збігом теоретичних розробок з результатами комп'ютерного моделювання. Основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на загальновідомих фундаментальних положеннях математичного апарату теорії динамічних аналогій, числових методів розв'язання систем нелінійних диференціальних

рівнянь з використанням пакетів прикладних програм MATLAB та MathCad та фізичного моделювання.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності. Дисертаційна робота є завершеною працею. Повний обсяг дисертації складає 177 сторінку друкованого тексту та містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел з 138 найменувань і двох додатків. Основний зміст викладений на 143 сторінках друкованого тексту.

У **вступі** обґрунтовано доцільність та актуальність роботи, відзначено зв'язок роботи з науковими програмами та планами, сформульовано мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення результатів роботи, а також подані відомості про апробацію дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Огляд відомих систем керування приводом похилого дифузійного апарата та методів дослідження їх динамічних властивостей» дано огляд технологічних особливостей роботи похилого дифузійного апарата, як ланки безперервного цукрового виробництва. Розглянуто основні характеристики роботи та існуючі системи керування дводвигунними електроприводами, показано важливість врахування наявного пружного зв'язку в кінематичній схемі, нелінійним характером якого не можна нехтувати, на динамічні властивості системи привода, а також подано огляд існуючих математичних моделей таких систем та засоби дослідження їх динамічних режимів.

У **другому розділі** «Динамічні властивості дводвигунної системи привода похилого дифузійного апарата» розвинуто, на підставі теорії динамічних аналогій, математичні моделі системи електроприводу похилого дифузійного апарата, які враховують основні експлуатаційні характеристики роботи даного типу привода та нелінійний характер пружних зв'язків між двигунами. Засобами імітаційного моделювання встановлено, що пружний зв'язок між двигунами, який має нелінійний характер суттєво впливає на динамічні властивості системи, серед яких основною є стійкість. Визначено зони стійкості

системи дводвигунного електропривода постійного струму похилого дифузійного апарата в залежності від основних параметрів його роботи. Показано значний вплив напруги на двигунах, струму їх роторних обмоток, коефіцієнту нерівномірності завантаження шнековалів на стійкість системи приводу, при зростанні значень цих параметрів зона стійкості системи приводу значно зменшується. Обґрунтовано задачу розробки системи автоматизованого керування, яка б на відміну від існуючих забезпечувала контроль не лише електричних, але й механічних параметрів приводу, серед яких кут радіальної деформації шнековалів та швидкостей обертання валів двигунів.

У третьому розділі «Розробка системи автоматизованого керування електроприводом похилого дифузійного апарата» розроблено математичні моделі системи асинхронного приводу похилого дифузійного апарата з частотним регулюванням для двох варіантів живлення асинхронних двигунів: від спільного та індивідуальних перетворювачів частоти. Проведено дослідження динамічних властивостей системи засобами імітаційного моделювання та дано порівняльну характеристику їх відносно системи приводу постійного струму. Показано, що система приводу індивідуального асинхронного приводу при використанні скалярної системи синхронізації обертання двигунів володіє динамічними властивостями, які поступаються системі постійного струму лише при навантаженні близько та більше номінального, та може працювати зі значними значеннями коефіцієнту нерівномірності завантаження шнековалів. Запропоновано узагальнену структурну схему системи автоматизованого керування приводом похилого дифузійного апарата, як електро-механічного комплексу, що включає в себе керування, як основним, так і допоміжними приводами. Розроблено методи й структурні схеми засобів вимірювання контрольованих параметрів та проведено оцінку їх метрологічних характеристик.

У четвертому розділі «Апаратна реалізація системи автоматизованого керування електроприводом похилого дифузійного апарата» розроблено функціональні та електричні принципові схеми запропонованої системи

автоматизованого керування приводом похилого дифузійного апарата з використанням мікропроцесорної техніки та алгоритми їх роботи. Розроблено ряд самостійно працюючих засобів захисту похилого дифузійного апарата від аномальних режимів роботи з використанням як аналогової, так і цифрової схемотехніки. Проведено експериментальні дослідження, які включали в себе дослідження проведені в умовах виробництва на трьох підприємствах цукрової галузі. Встановлено позитивний вплив використання розробленої системи автоматизованого керування дифузійного апарата на показники надійності та ефективності, серед яких кількість зупинок, коефіцієнт готовності, коефіцієнт простою, інтенсивність відновлення, середня за зміну продуктивність дифузійного апарата.

У додатках представлено довідки про впровадження результатів досліджень; список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Повнота викладу в опублікованих працях. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковано у 20 наукових працях, серед яких 1 стаття у періодичному науково-технічному виданні країн Європейського союзу, 12 статей у наукових фахових виданнях України, 4 патенти на корисні моделі, 4 тези доповідей.

Публікації за тематикою дисертації підтверджують оприлюднення всіх отриманих результатів.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

Важливість одержаних в дисертаційній роботі результатів для науки і промисловості полягає у вирішенні актуального наукового завдання керування дводвигунним електричним приводом з нелінійними пружними зв'язками, що дозволяє підвищити його ефективність та надійність.

Недоліками дисертаційної роботи вважаю наступне.

1. Відповідно до рис.1.3 момент опору електроприводу є величиною нелінійно розподіленою по довжині шнеку. Однак не зрозуміло яким чином це можна врахувати, якщо пружність в моделях є зосередженою.
2. Аналіз динамічних процесів у дводвигунному ЕП виконано з точки зору нерівномірності навантаження. Однак відмінність характеристик і поява відмінності у кутових швидкостях може виникнути із-за нерівномірності параметрів двигунів. Яким чином це враховується системою керування?
3. В роботі відсутні обґрунтування щодо вибору параметрів інтегрування систем диференціальних рівнянь моделей: методу та кроку інтегрування, відносної та абсолютної похибок, адже невдалий їх вибір також може привести до коливальних процесів з втратою стійкості.
4. В роботі відсутні дані щодо параметрів механічної частини апарату, шнеку: довжина, діаметр, коефіцієнт пружності та ін., а також електроприводу: номінальна напруга, номінальний струм, параметри перетворювачів тощо. Це не дозволяє виконати кількісні оцінки результатів моделювання у перехідних режимах роботи.
5. В роботі, у Розділі 3, виконаний аналіз заміни приводу постійного струму на ЕП з АД, і доведена його неефективність. Однак бажано було розглянути не тільки живлення від спільного ПЧ, а й випадок індивідуального живлення АД, що значно розширює можливості керування.
6. В роботі, у висновках, зазначається, що «Проведено експериментальні дослідження запропонованих методів та засобів в умовах виробництва, у ході яких доведено адекватність розроблених математичних моделей». Яким чином доведена адекватність, якщо Розділ 4, п.4.4 не містить будь яких осцилограм струму чи кутової частоти обертання двигунів, які можна було б порівняти з результатами моделювання.
7. Враховуючи отримані, за результатами експериментальних досліджень, підвищення ефективності роботи електроприводу, зменшення часу простоїв,

тощо бажано було в оцінити і показати кількісно економічну ефективність впровадження розроблених технічних рішень.

8. Висновки за розділами, і по роботі в цілому, є описовими і не містять кількісних показників.

Висновок. Аналізуючи виконані в дисертаційній роботі дослідження та отримані в ній висновки і результати з урахуванням повноти публікацій, можна відзначити, що наведені вище зауваження не знижують цінності роботи.

Дисертаційна робота «Система автоматизованого керування дводвигунним електроприводом похилого дифузійного апарата» є завершеною науковою працею, яка за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків, а також за змістом поданого в ній матеріалу, відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи та вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого КМУ від 24.07.2013р №567, а її автор Коваль Андрій Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Директор Інституту електромеханіки,
енергозбереження і систем управління
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського,
професор кафедри систем автоматичного управління
та електропривода,
професор, доктор технічних наук

О.П. Чорний

Підпис О.П. Чорного засвідчую
Проректор КрНУ



С.А. Сергієнко