

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Коваля 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

Цукрова галузь в Україні має давню історію, окремі цукрові заводи побудовані ще в кінці XIX ст., а значна частина підприємств також має не один десяток років історії. Зрозуміло, що обладнання цих заводів у багатьох випадках потребує якщо не докорінної заміни, то, хоча б, модернізації для покращення техніко-економічних показників. Електроприводи є одним з найголовніших частин робочого обладнання та значною мірою визначають його продуктивність і надійність. Покращення динамічних характеристик електроприводу, який працює на похилій дифузійний апарат, є актуальною задачею, що вимагає розв'язування.

Основний зміст роботи складають результати досліджень за 2006-2020 рр. відповідно до наукового напрямку кафедри та за держбюджетними темами "Нові методи та засоби вимірювання механічних фізичних величин на основі вдосконаленої теорії електродинамічних аналогій" 23-Д-341 (номер держреєстрації 0112U001370) і "Система автоматизованого контролю параметрів гідроагрегатів в стаціонарних та перехідних режимах роботи" 23-Д-384 (номер держреєстрації 0117U000570).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх достовірність і новизна

У дисертаційній роботі розв'язана актуальна науково-технічна задача розробки системи керування дводвигунним електричним приводом похилого дифузійного апарата з автоматизованим забезпеченням його роботи у зоні стійкості, що дає змогу підвищити надійність та ефективність робочого обладнання цукрових заводів.

Методи досліджень, які використані в дисертаційній роботі, є обґрунтованими і достовірними, базуються на застосуванні методів математичного та фізичного моделювання, методів теорії автоматичного керування, елект-

ромагнітних аналогій, використання символічної математики, а також на методах комп'ютерного моделювання та підтверджені експериментально.

Основні наукові результати здобувача, які висунуто на захист, є такі:

1. Вдосконалено математичну модель дводвигунного електропривода похилого дифузійного апарата, яка від відомих відрізняється врахуванням нелінійного пружно-дисипативного зв'язку між двигунами, що дає змогу досліджувати динамічні режими системи в умовах нерівномірного завантаження шнековалів.
2. Вперше досліджено динамічні властивості дводвигунного електроприводу похилого дифузійного апарата з використанням запропонованої моделі нелінійних пружних зв'язків, що дало змогу визначити зони стійкості системи як функції його основних параметрів з використанням приводів постійного струму та асинхронного частотно-регульованого.
3. Отримав подальший розвиток метод контролю механічних параметрів електропривода, який від відомих відрізняється додатковим вимірюванням відносного кута повороту валів двигунів, контроль за яким дає можливість забезпечити роботу системи електропривода похилого дифузійного в зоні стійкості.

Наукові положення, які висунуті на захист, є обґрунтованими, мають наукову новизну і є достовірними.

Практичне значення та шляхи використання результатів досліджень

Виконані в роботі теоретичні дослідження дали низку практичних результатів, які сприяють розвитку бази для розробки та проектування систем керування приводом похилого дифузійного апарата з покращеними динамічними характеристиками, зокрема:

- Розроблено функціональні та електричні принципові схеми системи автоматизованого керування приводом похилого дифузійного апарата.
- Розроблено алгоритми роботи та програмне забезпечення мікропроцесорної системи керування приводом дифузійного апарата похилого типу.
- Розроблено пристрої диференційного захисту дводвигунного приводу похилого дифузійного апарата від аварійних режимів.

Практичну цінність та ефективність дисертаційної роботи підтверджено впровадженням її результатів на підприємствах "Філія ВП "Цукорремналадка" ПРАТ АК "САТЕР" (м. Вінниця), ТОВ "ПК Зоря Поділля" (м. Гайсин). Результати, які стосуються автоматизованого електроприводу, впроваджено в

навчальний процес у лабораторії промислової електроніки Вінницького національного технічного університету з дисциплін "Промислова електроніка" та "Силові перетворювачі в автоматизованому електроприводі".

Використання результатів дисертаційної роботи підтверджено актами впровадження.

Оцінка об'єму та змісту дисертації

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів і висновків загальним обсягом 146 стор., списку використаних літературних джерел (138 найменувань на 13 стор., з яких 17% складають іноземні джерела), а також 2 додатків на 6 стор. Повний обсяг дисертації складає 184 стор.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, здійснено короткий історичний огляд проблеми, показано зв'язок роботи з науковими програмами і планами, сформульовано мету, задачі та методи досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень. Вказано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, показано особистий внесок здобувача, апробації роботи і публікації.

У **першому розділі** здійснено аналіз характеристик технологічних процесів цукрової галузі, розглянуто особливості роботи системи приводу похилого дифузійного апарата. Проведено аналіз існуючих систем автоматичного керування дводвигунних електроприводів та їх математичний опис, а також існуючих систем керування електроприводом похилого дифузійного апарата як електромеханічним технологічним комплексом. Зроблено висновки стосовно подальших досліджень.

У **другому розділі** розроблено математичні моделі системи електроприводу дифузійного апарату похилого типу з урахуванням нелінійних пружно-дисипативних зв'язків. Досліджено системи електроприводу похилого дифузійного апарата в динамічному режимі роботи з використанням розроблених моделей механічної частини. Вивчено вплив параметрів системи та режиму на динамічні властивості нелінійної системи електропривода похилого дифузійного апарата.

Третій розділ присвячений математичним моделям асинхронного електропривода похилого дифузійного апарата з частотним регулюванням, які враховують нелінійний характер пружно-дисипативних зв'язків, зокрема, моделям асинхронного двигуна, групового асинхронного приводу похилого дифузійного апарата при живленні двигунів як від спільного перетворювача частоти, так і у випадку живлення двигунів від індивідуальних перетворювачів частоти. Розглянута узагальнена структурна схема системи автомати-

зованого керування приводом похилого дифузійного апарата. Показані методи вимірювання механічних параметрів привода та електричних параметрів електропривода похилого дифузійного апарата.

Четвертий розділ присвячений розробці функціональних схем системи автоматизованого керування електроприводом похилого дифузійного апарату. Розроблено закони регулювання та алгоритми системи автоматизованого керування електроприводом похилого дифузійного апарата, зокрема, обробки даних і законів регулювання основним приводом і приводом черпачного колеса. Створено алгоритми функціонування мікропроцесорної системи автоматизованого керування. Розроблено пристрої захисту похилого дифузійного апарата в аномальних режимах роботи. Проведено експериментальні дослідження розробленої системи автоматизованого керування електроприводом похилого дифузійного апарата.

Загальні висновки з дисертаційної роботи повністю відображають одержані наукові результати, а також включають основні рекомендації стосовно їх використання.

Оцінка публікацій, автореферату та оформлення дисертації

Основні результати дисертаційної роботи **достатньо повно висвітлені** в 21-х наукових працях, з яких 11 опубліковані у фахових виданнях, які рекомендовані ДАК МОН України, 1 – у міжнародному виданні, захищені 4 патентами України, пройшли апробацію на 4 конференціях з публікацією тез.

Кількість публікацій у фахових виданнях відповідає чинним вимогам. Результати дисертації пройшли належну апробацію на науково-технічних конференціях і семінарах.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації.

Дисертація оформлена з дотриманням вимог, написана грамотно.

Зауваження до дисертації

1. В огляді літератури як основний вид електроприводів автор розглядає приводи постійного струму, а сучасним електроприводам змінного струму присвячено лише абзац.
2. Деяко відірваними від загального змісту виглядають описані в розд. 2 застосування теорії Лагранжа до руху механічних частин і електричні аналогії механічних елементів, про що в наступних розділах практично не згадується.

3. Поява досить складної еквівалентної моделі (електричної аналогії) на рис. 2.1 пояснюється лише кількома рядками без пояснення походження як окремих частин, так і їхніх нелінійностей.
4. Деклароване в пп. 1 і 2 наукової новизни врахування нелінійностей пружних механічних зв'язків у роботі звелось лише до введення додаткового члена, який пропорційний кубу кута скручування вала, у той же час залишено поза увагою сухе тертя, люфти у передачах, нелінійний характер механічного демпфування.
5. Припущення в розд. 2 про рівномірний розподіл навантаження між двигунами досить далекий від реальності та носить скоріше випадковий характер.
6. На стор. 64 є протиріччя – стверджується, що тиристорний перетворювач є складним нелінійним елементом і тут же, без жодних пояснень, описують його найпростішою передавальною функцією (2.14) $W_{ТП} = \frac{k_n}{T_n p + 1}$, тобто, як лінійний елемент.
7. На стор. 65 у формулах (2.16) мінуси ставити не варто.
8. Висновок у розд. 2 про зменшення коливальності зі збільшенням демпфування є очевидним і не потребує досліджень.
9. З тексту роботи не зрозуміло, як практично використати результати досліджень, які проведені у розд. 2.3.
10. Назва розд. 3.1.3 не відповідає його змісту.
11. Чому момент навантаження $M_{ст} \leq 0.95M_{ном}$, який близький до номінального, на стор. 102 названо незначним?
12. Рис. 4.11 не відповідає реальній структурі електроприводу: з тексту роботи випливає, що зміни у внутрішню структуру системи керування електроприводом не вносяться, тобто, лишається аналоговою зі структурою двоконтурної системи підпорядкованого регулювання. Тому рисунок має декларативний характер.
13. Рис. 4.4 – це не закон регулювання, а частина структури системи керування.
14. Зауваження до тексту:
 - Фразам "являє собою <щось>" і "представляють собою <щось>" згідно норм сучасного українського правопису краще відповідатиме "є <чимось>". Наприклад, "являє собою випрямляч" → "є випрямлячем".
 - Зрідка трапляються незначні описки, наприклад, "декретні" → "дискретні" і граматичні та синтаксичні помилки.

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

Загалом дисертаційна робота Ковалю Андрія Миколайовича "Система автоматизованого керування дводвигунним електроприводом похилого дифузійного апарата" є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі виконання автором теоретичних та експериментальних досліджень отримано розв'язання актуальної науково-технічної задачі розроблення системи керування дводвигунним електричним приводом похилого дифузійного апарата. Тема дисертації повністю відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – "Електротехнічні комплекси та системи".

Дисертаційна робота є актуальною, має наукову новизну і практичну цінність, відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 положення про "Порядок присудження наукових ступенів", а здобувач Коваль Андрій Миколайович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 – "Електротехнічні комплекси та системи".

*Офіційний опонент,
професор кафедри "Електромехатроніка та комп'ютеризовані електромеханічні системи"
Національного університету "Львівська політехніка",
доктор технічних наук, професор*



В. Мороз

Підпис проф. В. Мороза засвідчую

*Вчений секретар
Національного університету
"Львівська політехніка"*



Р. Брилинський

11 вересня 2021 р.