

Подільський державний університет
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

Аналіз систем керування електроприводом на базі напівпровідникових перетворювачів

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-
професійної програми «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

_____ **Петро ПАСТУХ**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Віктор ДУБІК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ РЕГУЛЬОВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЗМІННОГО СТРУМУ	14
1.1 Нормальні і гранично допустимі зміни живильної мережі	14
1.2 Відхилення модуля вектора напруги в вузлі навантаження і частоти.	15
1.3 Несиметрія напруг.....	15
1.4 Спотворення напруги.....	17
1.4.1 Вищі гармоніки	17
1.4.1.1. Інтергармоніки	17
1.5 Вплив збурень в мережі живлення на регульований електропривод.	19
1.6 Зниження напруги нижче уставки захисту мінімальної напруги.....	22
1.7 Спотворення напруги живлення вищими гармоніками	23
1.8 Порушення симетрії напруг	25
1.9 Вплив регульованого електроприводу на мережу живлення	26
1.10 Реактивна потужність, споживана від мережі.....	27
1.11 Спотворення напруги в вузлі навантаження від роботи електроприводу	29
1.12 Тиристорний випрямляч ПЧ на основі інвертора струму.....	32
1.13 ШІМ випрямляч перетворювача частоти	35
1.14 Зіставлення різних видів випрямляча щодо вимог до живильної мережі	38
1.15 Інтергармоніки.....	39
1.16 Викиди активної потужності.....	41

Висновки до розділу:.....	42
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ	43
2.1 Припливна вентиляція П1	43
2.2 Припливна система ПЗ	45
2.3 Припливна система П2	45
2.4 Витяжна система В1	46
2.5 Витяжні системи В2,В3, В4,В5	47
Висновки по розділу.....	48
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ	49
3.1 Розрахунок повітрообміну.....	49
3.2 Розрахунок і підбір обладнання припливних та витяжних установок	51
3.2.1 Розрахунок і підбір повітрянагрівача.	51
3.2.3 Підбір вентиляторів.....	53
3.3 Склад та функціональна схема електропривода ПЧ-АД.....	54
3.3.1 Розрахункова частина.....	56
Висновки по розділу.....	61
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	62
4.1 Норми якості електричної енергії.....	62
4.2 Відхилення напруги	62
4.3 Несинусоїдальність напруги.	64
4.4 Несиметрія напруг.....	65
4.5 Способи розрахунку і методики визначення показників КЕ і допоміжних параметрів.....	66
4.5.1 Відхилення напруги.....	66
4.5.2 Несинусоїдальність напруги	68

4.5.3 Несиметрія напруг.....	70
4.6 Аналітичні методи оцінки відповідності коливань напруги	75
4.7 Характеристики низької напруги електропостачання.....	78
4.7.1 Безперервні явища	80
4.7.2 Метод випробування	80
4.7.3 Швидкі змінення напруги	81
4.7.4 Небаланс напруг електропостачання.....	81
4.7.5 Напруга гармонік.....	81
Висновки по розділу.....	83
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

ВСТУП

Електрична енергія, як продукт, має унікальні особливості, які відрізняють її від інших товарів. Вона виробляється віддалено від місця споживання і, пройшовши кілометри повітряних та кабельних ліній передавання та розподілу, піддається серії перетворень від одного рівня до іншого. Цей процес може призводити до погіршення якості електроенергії, а високий рівень якості є ключовим для правильної роботи електричних приладів та споживачів.

Забезпечення якості напруги стає техніко-економічним завданням, оскільки вдосконалення якості вимагає інвестиційних витрат. Покупець електроенергії очікує, що електроенергія буде доступною постійно (наявність), надаватиме напругу з визначеними параметрами (якість напруги) та буде придбана за оптимальними цінами (економічна вигідність).

Факторів, таких як характеристики споживачів, топологія мережі та параметри напруги. Споживачі, особливо промислові, що використовують приводи з енергетичними перетворювачами, апаратуру з високими пусковими струмами та електричні прилади на основі електричної дуги, можуть впливати на якість енергії. Також важливі топологія та характеристики мережі, а також параметри напруги як у мережі, так і на підключених електростанціях.

Електромагнітна сумісність з мережею живлення стає критичним аспектом при виборі регульованого електроприводу змінного струму, особливо в разі великої потужності. Поняття електромагнітної сумісності включає два аспекти:

Нормальна робота електроприводу при змінах в мережі живлення:

Електропривод повинен ефективно функціонувати при змінах параметрів мережі, що відбуваються в межах допустимих норм.

Мінімізація впливу електроприводу на мережу живлення:

Робота електроприводу не повинна спричиняти неприпустимі зміни в параметрах мережі, що може вплинути на інші споживачі.

В контексті СНД, цей чинник стає особливо важливим з двох причин. По-перше, стратегія розподілу потужності в мережах промислових підприємств

призводить до обмеження потужності на шинах вузлів навантаження. Це може збільшити вплив збурень в мережі на регульовані електроприводи та їхній зворотний вплив на інші приймачі.

По-друге, жорсткі стандарти якості напруги в мережах, діючі в Україні та більшості країн СНД, вимагають відповідності високим вимогам. Це робить важливим врахування впливу регульованих електроприводів на якість напруги.

Зазначені висновки роблять очевидним той факт, що не всі регульовані електроприводи можуть ефективно функціонувати в будь-якій мережі. При цьому, тип перетворювача на стороні мережі грає ключову роль у взаємодії електроприводу з мережею, визначаючи його електромагнітну сумісність та здатність пристосування до специфічних умов живлення.

Основні завдання:

- 1) Зробити аналіз існуючих систем регулювання системи ПЧ-АД.
- 2) Виконати самостійні дослідження і зробити оцінку системи електроприводу за критерієм енергоефективності

Мета дослідження: аналіз керування електроприводом на базі напівпровідникових перетворювачів та підвищення їх енергоефективність шляхом проведення досліджень.

Ідея роботи - В умовах енергетичної кризи та у зв'язку з ростом цін на електроенергію, а також обмеженими можливостями збільшення потужності енергогенеруючих установок, проблема енергозбереження здобуває особливу актуальність і має велике практичне значення. Оскільки електроприводи споживають більше 60% вироблюваної електроенергії, то підвищення їх енергетичної ефективності є дуже важливими та актуальними в сучасних економічних умовах.

Об'єкт дослідження – електромеханічні об'єкти з частотним регулюванням.

Предмет дослідження – аналіз існуючих систем регулювання системи ПЧ-АД, виконання самостійних досліджень і оцінка системи електроприводу з оцінкою якості електроенергії за критерієм енергоефективності.

Апробація результатів дисертації. Ефективне використання енергії стан і перспективи. Всеукраїнська студентська науково-практична конференція. 9 листопада 2023 р. (ЗВО «ПДУ», м. Кам'янець-Подільський).

Публікації:

Петро ПАСТУХ. **АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПЧ-АД** / Петро ПАСТУХ, Віктор ДУБІК, Олег ГОРБОВИЙ // Ефективне використання енергії стан і перспективи: збірник наукових праць III Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. 9 листопада 2023 р. (ЗВО «ПДУ», м. Кам'янець-Подільський). – Кам'янець-Подільський, 2023. – С.

ВИСНОВКИ

Викладено основні відомості про аналіз керування електроприводом на базі напівпровідникових перетворювачів та підвищення їх енергоефективність шляхом проведення досліджень.

Розглянуто в загальному вигляді можливості зниження енергоспоживання в асинхронних електроприводах при роботі в сталих і перехідних режимах.

Наведено раціональні структури енергозберігаючих автоматизованих частотно-регульованих асинхронних електроприводів для типових виробничих механізмів. Дано кількісні оцінки зниження енергоспоживання.

Проведені досліді частотно-регульованого приводу за допомогою науково дослідницького стенду.

Умови електромагнітної сумісності з мережею живлення багато в чому визначають вибір виду і параметрів потужного регульованого електроприводу змінного струму. У ряді випадків ці вимоги впливають на вибір системи електропостачання.

Обрано відцентрований вентилятор ВЦ 4-75 №5. Відцентрові вентилятори рекомендується використовувати в вентиляційних установках високого тиску, з високими витратами повітря і для задоволення потреб у низькому шумі. Складається із крильчатки, розміщеної в спіральному кожусі. Цей кожух має два призначення: направляти потік повітря від крильчатки до точки виходу (включає направляючі лопатки) і перетворювати кінетичну енергію в статичний тиск.

Зроблено аналіз існуючих систем регулювання системи ПЧ-АД.

Проведено аналіз керування електроприводом на базі напівпровідникових перетворювачів та підвищення їх енергоефективність шляхом проведення досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електропривод: Навч. посібник / О. М. Закладний, В. В. Прокопенко, О. О. Закладний. - К.: "Освіта України", 2009. - 351 с.
2. Електропривод: Навч. посібник / О. М. Закладний, В. В. Прокопенко, О. О. Закладний. - До.: НТУУ "КПІ", 2007. - 316 с.
3. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник / О. М. Закладний, А.В. Праховник, О. І. Соловей - К: Кондор, 2005. - 408 с.
4. Енергозбереження засобами промислового електроприводу / А.Н. Заставі, А.В. Праховник, А.И. Соловей. - К.: ДИЯ, 2001. - 343 с.
5. Системи автоматизованого управління електроприводу : Підручник / В. В. Москаленко. - К.: ДИЯ - М, 2004. - 208 с.
6. Москаленко В. В. Електричний привід. Учебн. пособ. - К: Кондор, 2000. - 368 с.
7. Москаленко В. В. Електричний привід. Учебн. пособ. - К.: "Освіта України", 1991. - 430 с.
8. Ильинский Н.Ф., Козаченко В. Ф. Загальний курс електроприводу. Навчань. для внз. - К: Кондор, 1992. - 544 с.
9. Ильинский Н.Ф., Рожановский Ю.В., Горнів А.О. Енергозбереження в електроприводі. - К.: "Освіта України", 2009. - 274 с.
10. Теорія електроприводу. Учебн. пособ./ Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. - Мн.: ЗАТ "Техноперспектива", 2004. - 527 с.
11. Теорія електроприводу. Частина 1: Учебн. пособ./ А.Б. Зеленов. - Алчевск: ДонГТУ, 2005. - 394 с.
12. Теорія електроприводу. Частина 2: Учебн. пособ./ А.Б. Зеленов. - Алчевск: ДонГТУ, 2005. - 513 с.
13. Электрификация стационарных установок шахт. Справ. пособ. / С. А.Волотковский, Д.К. Крюков, Ю.Т. Розумний та ін. Під общ. ред. Г. Г. Пивняка /- К.: "Освіта України", 1990. - 342 с.

14. Справочник for автоматизированному электроприводу / of Под.ред. А.Н. Елисеева и of А.В. Шинявского / - М.: Энергоатомиздат, 2003. are 616 p.s
15. Устройства "governed электроустановок" (ПУЭ Выпуск 1) : Издательство НЦ ЭНАС: 2003 gs. are 80 p.s
16. Энциклопедия of Света, volume of 1: Электрические лампы и пускорегулирующая аппаратура.- of R. : Гармония of света : 2005 gs. are 182 p.s
17. Б.А. Пашков. Инфракрасное of термографирование. Science of и технологии in промышленности № 2: 2004 gs. are 55 p.s
18. Establishment O. M., Праховник A.In, Nightingale O. And,;навчальний посібник/- K.Condor, 2005. are 408 p.s
19. B. In. Грабко, М. М. Мошноріз Method and facilities of optimizations of work of electromechanics of the pumping station of water-supply : Monograph is Vinnytsya of ВНТУ 2011.
20. Іллінський Н.Ф., Рожанковскій Ю.В., Furnaces of A.O. of energy-savings of електропріводі.- К.: ДІЯ.2009г.
21. Establishment O. M., Праховник A.B., Nightingale O. And. energy-savings facilities of industrial електропрівода.- of К .: Action.2001 p
22. Соколовський О. Ф. The electromechanics systems of automation are many aggregate pumping options at енерго-та ресурсоощадливому куруванні: автореф. dissertations on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences : special. 05.09.03.- Kyiv - 2009.
23. Jan. A.B. Managed asynchronous drive: train aid: Fallow deer, 2016. - 464 с. 10.Лезнов. С. of Л а 41 Frequency-managed electromechanic of pumping Установок.- м .:Машинобудування, 2013. are 176 p.s, Іл .ISBN 978-5-94275-688-8
24. Лезнов Б.С., In. Би.Чебанов/ of Application of the managed electromechanic in the pumping options of the water and overflow-pipe of electrical "Engineer" systems, №7, 1995. -с.9-
25. .Catalogue of pumps[Electronic resource]to :Режим access: <https://fairway.com.ua/nasosy/nasosy - dvuhstoronnego - vhoda/nasosy - 1d/250-125>