

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

**Підвищення енергоефективності роботи вентиляційної установки
шляхом використання фаззі-регулятора в системі керування**

Виконав:

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

_____ **Владислав ЛІТАВЩУК**

Керівник: кандидат економічних наук, доцент

_____ **Андрій ПЕЧЕНЮК**

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.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЯ.....	10
1.1 Енергозбереження в електроприводах.....	10
1.2 Огляд існуючих систем вентиляції	18
Висновки по розділу.	26
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ.....	27
2.1. Класифікація електроприводів за принципом регулювання швидкості	28
2.1.1. Нерегульований електропривод вентиляторних установок	29
2.1.1.1. Електропривод з асинхронним короткозамкненим двигуном ..	29
2.1.1.2. Порівняння синхронних і асинхронних електроприводів	30
2.1.1.3. Електропривод з асинхронним двигуном із фазним ротором...	33
2.1.2. Регульований електропривод вентиляторних установок	35
2.1.2.1. Електропривод по схемі асинхронно-вентильний каскад (АВК)	37
2.1.2.2. Електропривод по схемі асинхронно-тиристорний каскад (АТК)	40
2.1.2.3. Частотно-регульований електропривод.....	43
2.1.2.4. Електропривод с вентильним двигуном.....	45
2.1.2.5. Асинхронний електропривод з тиристорним регулятором напруги (ТРН-АД).....	47
2.2.2.6 Побудова природної характеристики	48
2.3 Розрахункова частина	51
2.3.1 Вибір привідного двигуна для вентиляторної установки.....	51

2.3.2 Вибір перетворюючого пристрою	52
Висновки по розділу	53
РОЗДІЛ 3 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВЕНТИЛЯТОРНИХ УСТАНОВОК	54
3.1 Сучасні системи управління повітряним середовищем у приміщенні .	54
3.2 Огляд динаміки та енергетичних характеристик вентиляторних установок з регульованим електроприводом	58
3.3 Структурна схема об'єкта регулювання і передавальні функції окремих ланок	65
3.4 Розробка системи регулювання швидкості з урахуванням внутрішнього зворотного зв'язку за швидкістю	67
3.5 Розрахунок структурної схеми системи ТРН-АД вентиляторної установки.....	69
3.6 Регулювання параметрів асинхронного електроприводу за системою ТРН-АД за використанням фаззи-логіки	73
3.7 Фаззифікація системи фаззи-управління.....	78
3.8 Дефаззифікація системи фаззи-управління методом «висот» нечітких множин	80
3.9 Синтез моделі системи фаззи-управління в середовищі MATLAB.....	84
3.9.1 Побудова графіків залежності функцій приналежності від вхідного сигналу з використанням спеціальних операторів командного рядка	84
3.9.2. Обчислення значень координат центрів тяжіння фігур під графіками залежності функцій приналежності від вхідного сигналу	86
3.9.3. Синтез одноканальної системи нечіткого логічного виводу.....	87
Висновки по розділу.	89
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	90

4.1. Тенденції у сфері електроприводу	90
4.2 Аналіз цільового ринку	91
4.3. Економічність регулювання швидкості.....	92
Висновки по розділу	93
ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

ВСТУП

У умовах енергетичної кризи та зростання цін на електроенергію, а також обмеженими можливостями збільшення потужності енергогенеруючих установок, проблема енергозбереження стає особливо актуальною і має велике практичне значення. Оскільки електроприводи споживають більше 60% виробленої електроенергії, підвищення їх енергетичної ефективності є основним резервом енергозбереження.

Більшість нерегульованих електроприводів працюють зі значним недовантаженням, що призводить до великих втрат енергії та зниження коефіцієнта потужності. Застосування потужних силових керованих випрямлячів, перетворювачів напруги й частоти для регульованого електроприводу постійного та змінного струму, поглиблює проблему забезпечення необхідної якості електроенергії, зокрема коефіцієнта потужності, нелінійних спотворень напруги та струму, стабільності напруги тощо. Використання традиційних пасивних фільтрів не завжди ефективне через їхню недостатню адаптивність до різних частот.

У зв'язку із високою вартістю перетворювальних пристроїв для частотного управління і враховуючи особливості роботи вентиляційних систем, доцільним варіантом регульованого електроприводу може бути асинхронний привід з фазовим управлінням напругою на затискачах статора. Система тиристорного регулятора напруги – асинхронного двигуна (ТРН-АД) забезпечує регулювання агрегату в межах, його запуск. Основні переваги такої системи включають її простоту, надійність та легкість автоматизації в загальній технологічній схемі. З урахуванням сказаного, під час модернізації приводів вентиляційних систем промислових приміщень цілеспрямовано обирати оснащення їх одним пуско-регулюючим агрегатом, який вже є серійно виготовленим вітчизняним промисловим обладнанням. При цьому вартість тиристорних регуляторів становить лише 2.5–3 рази менше вартості відповідних перетворювачів частоти.

Метою магістерської роботи є дослідження і розробка регульованого електроприводу вентиляторної установки промислового приміщення по системі

тиристорний регулятор напруги – асинхронний двигун та покращення характеристик системи за допомогою використання фаззі-регулятора.

Об'єкт дослідження – обрано процес керування вентиляцією промислового приміщення з регульованим електроприводом.

Предмет дослідження – розробка регульованого електропривода вентиляторної установки за системою ТРН-АД, з використанням в якості системи керування нечіткої логіки.

Методи дослідження.

У виконаній роботі використовуючи метод віртуального моделювання, були проведені дослідження перехідних процесів в електроприводі вентиляторної установки. Основна увага була спрямована на порівняння перехідних процесів в електроприводі при використанні фаззі-логіки та без її застосування.

Застосування фаззі-логіки в електроприводі є актуальним напрямком досліджень у зв'язку з її здатністю до адаптації та врахування невизначеності в системі. Результати досліджень надали можливість оцінити вплив фаззі-логіки на динаміку перехідних процесів в електроприводі вентиляторної установки, а також з'ясувати переваги та обмеження використання цього методу.

Отримані в ході досліджень дані вказують на те, що використання фаззі-логіки може сприяти покращенню реакції електроприводу на перехідні процеси, зменшуючи вплив невизначеності та підвищуючи точність управління. Однак, важливо враховувати конкретні умови застосування та особливості системи для оптимального вибору методу управління електроприводом вентиляторної установки.

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:

Владислав ЛІТАВЦУК. ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИЙ СИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД БАЗІ АВТОНОМНОГО ІНВЕРТОРА СТРУМУ / Владислав ЛІТАВЦУК, Віктор ДУБІК, Олег ГОРБОВИЙ // Ефективне використання енергії стан і перспективи: збірник наукових праць ІІІ Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. 9 листопада 2023 р. (ЗВО «ПДУ», м. Кам'янець-Подільський). – Кам'янець-Подільський, 2023. – С.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській дисертації проведено синтез фаззі-контролера для управління електроприводом змінного струму за схемою тиристорного регулятора напруги – асинхронного двигуна. Основний акцент робиться на розробці моделі нечіткої системи та використанні фаззі-регулятора для покращення характеристик системи електроприводу.

Схема моделі нечіткої системи в Simulink MATLAB:

Для аналізу та вдосконалення системи електроприводу розроблена схема моделі нечіткої системи в середовищі Simulink системи MATLAB. Це дозволило створити комплексну модель для подальших експериментів та синтезу фаззі-контролера.

Синтез Fuzzy регулятора:

Використовуючи пакет Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB, виконано синтез фаззі-регулятора для заданого об'єкта управління. Важливим етапом є вибір лінгвістичних змінних, визначення множин лінгвістичних змінних, формування бази правил, а також визначення діапазону зміни, типу і параметрів функцій приналежності лінгвістичних змінних.

Висновки та результати:

Після реалізації системи в середовищі MATLAB зроблено висновок, що використання фаззі-контролера призвело до покращення характеристик системи електроприводу. Графіки вказують на зменшення коливань сигналу статичного моменту, що були присутні в системі без фаззі-контролера. Це свідчить про те, що фаззі-контролер є більш доцільним у використанні.

Переваги фаззі-контролера:

Однією з основних переваг фаззі-контролера є його можливість працювати без точного математичного опису керованого об'єкта. Нечіткі системи дозволяють покращити якість регулювання системи, зменшити ресурсо- і енерговитрати, а також забезпечити високу стійкість до зовнішніх факторів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М. Т. Лут, О. Ю. Синявський Зниження втрат енергії в асинхронних електроприводах/ "Енергетика і автоматика", №3, 2013 р.- 6 с.
2. Електронний каталог "ВентоПром" [Електронний ресурс]: база даних. - Режим доступу: <https://ventoprom.com.ua/product/vcd-47m-sever/>
3. Колб Ант.А. Теорія електроприводу: [навчальний посібник] / Ант.А. Колб, А.А. Колб. - Д. Національний гірничий університет, 2006. - 511 с.
4. Онищенко Г. Би., Юньков М. Г. та ін. Електропривод потужних турбомашин. - К.: 2012. - 84 с.
5. Фащенко В. Н. Регульований електропривод насосних і вентиляторів установок гірських підприємств : [Навчальний посібник] - К.: Видавництво "Гірська книга", 2011. - 260. с.
6. Чермалих О. В. Дослідження технологічних режимів роботи турбомеханізмів з регульованим електроприводом за схемою асинхронного тиристора каскаду/ О. В. Чермалих, В. М. Перм'яків, І.Я. Майданський/ Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції "Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних побудовах і системах", 20-23 червня 2018 р., м Луцьк. - Луцьк: Вежа-Друк, 2018-244с.
7. Електронний каталог "Приватне акціонерне товариство "ДИГ"", [Електронний ресурс]: база даних. - Режим доступу: <http://deg.com.ua/products/industrial/trn/>
8. Соловйов А.П. Охорона праці на перепуть / А.П. Солов'їв // Охорона праці і соціальне страхування. Київ, 2016. - №12. - С. 4-14.
9. Фестер Е. Методи кореляційного і регресійного аналізу / Е.Фестер, Би. Ренц. - К.: Фінанси і статистика, 2013. - 302 с.
10. Дрейнер Н. Прикладний регресійний аналіз / Н. Дрейнер, Г. Смит. - К.: Фінанси і статистика, 2016. - 365 с.
11. Себер Дж. Лінійний регресійний аналіз \ Дж. Себер. - К.: Світ, 2010. - 456 с.

12. Каменев П. Н. Опалювання і вентиляція . Ч.2: Вентиляція [підручник для ВНЗ] / П. Н.Каменев. - К.: Стройиздат, 2014. - 219 с.

13. Чермалих А.В. Дослідження динаміки і енергетичних характеристик установок вентиляторів з регульованим електроприводом/ А.В. Чермалих, В. Н.Пермяков, И.Я. Майданський/ Серія "Гірництво" : Збірник наукових праць. - Київ: НТУУ "КПІ", 2015. - Вип.27. - 160с.

14. ДНАОП 0.00-8.05-94. Єдина державна систем показників обліку умів та безпеки праці . - Затверджено наказом Держнаглядохоронипраці від 13.10.2014. №103.

15. Охорона праці : Виробничий травматизм за кордоном. - Оглядова інформація. - К.: ВЦННІОТ, 2018. Вип.5 - С. 45.

16. В. М. Чермалых, А.В. Чермалых нечітка логіка в інтелектуальних системах програмного управління. Частина 2. Компьютерный практикум // Методичні вказівки до вивчення дисципліни "Інтелектуальні системи програмного управління" для студентів спеціальності 7.092203 "Електромеханічних систем автоматизації і електропривод". / Сост. В. М. Чермалых, А.В. Чермалых, Е.И. Алтухов, А.В. Данилин - До.: НТУУ "КПІ" ІЕЕ, 2006. - 108 с.

17. . Vafakhah, B.; Masiala, M.; Salmon, J.; Knight, A. Emulation of flywheelenergy storage systems with a PMDC machine. In Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Electric Machines, Vilamoura, Algarve, Portugal, September 2008; pp. 1–6.

Liu, H.; Jiang, J. Flywheel energy storage — An upswing technology for energy sustainability. Energy Build. 2007, 39, 599–604.

18. Hebner, R.; Beno, J.; Walls, A. Flywheel batteries come around again. IEEE Spectr. 2002, 39, 46–51.

19. 8. Bolund, B.; Bernhoff, H.; Leijon, M. Flywheel energy and power storage systems. Renew. Sustain. Energy Rev. 2007, 11, 235–258.

20. 9. Sebastián, R.; Alzola, R.P. Flywheel energy storage systems: Review and simulation for an isolated wind power system. Renew. Sustain. Energy Rev. 2012, 16, 6803–6813.

21. Emadi, A.; Nasiri, A.; Bekiarov, S.B. Uninterruptable Power Supplies and
22. Active Filters; Illinois Institute of Technology: Chicago, IL, USA; CRC Press: Washington, DC, USA, 2005.
23. 11. Sabihuddin, S.; Kiprakis, A.; Mueller, M. A Numerical and Graphical Review of Energy Storage Technologies. *Energies* 2014, 8, 172–216.