

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА СПОЖИВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ГРУПИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Виконав:

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

_____ **Вадим ГЛАДКИЙ**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Олександр КОЗАК**

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.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри,
_____ Ігор
ГАРАСИМЧУК
«____» _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**
здобувачу вищої освіти

ГЛАДКОМУ ВАДИМУ АНАТОЛІЙОВИЧУ

1. Тема роботи: «Дослідження впливу частотного регулювання на споживання реактивної потужності групи асинхронних двигунів»

2. Керівник роботи: канд. техн. наук, доцент КОЗАК Олександр Володимирович

Затверджено наказом Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від _____ 2023 року № ____.

Строк подання закінченої роботи _____ 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Правила влаштування електроустановок.
2. Аналіз іноземних та вітчизняних публікацій.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

ВСТУП.

РОЗДІЛ 1 СИНХРОННИЙ І АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД В СИСТЕМІ ТРАНСПОРТУ НАФТИ І ГАЗУ

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ

ВИСНОВКИ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Презентаційні матеріали по розділах роботи

6. Консультанти розділів роботи

Р озділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2	Доцент ДУБІК В.М.		

7. Дата видачі завдання 15 травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

/п	Етапи дипломної роботи	Стр ок виконання етапів	Підпис керівника
	ВСТУП.	03.0 6.23р.	
	РОЗДІЛ 1 СИНХРОННИЙ І АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД В СИСТЕМІ ТРАНСПОРТУ НАФТИ І ГАЗУ	20.0 6.23 р.	
	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16.1 0.23 р.	
	РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ	14.1 1.23 р.	
	ВИСНОВКИ.	20.1 1.23 р.	
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	27.1 1.23 р.	

Здобувач вищої освіти

Вадим ГЛАДКИЙ

Керівник проекту, доцент

Олександр КОЗАК

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 СИНХРОННИЙ І АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД В СИСТЕМІ ТРАНСПОРТУ НАФТИ І ГАЗУ	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Способи управління частотно-регульованими асинхронними електроприводами	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Роль сучасної силової електроніки як основа частотно-регульованого асинхронного електроприводу	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Роль математичного моделювання при постановці конкретного завдання, при технологічному управлінні в частотно-регульованих електроприводах.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Особливості застосування частотно регульованих електроприводів в насосних, вентиляторних і в нагнітальних установках	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Регулювання подання відцентрового нагнітача.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Особливості режимів компресорних станції магістрального газопроводу	Ошибка! Закладка не определена.
3 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Суть реактивної потужності, пристрої для компенсації реактивної потужності	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Застосування синхронних двигунів як компенсатори реактивної потужності	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Застосування статичних конденсаторів як важливе і сучасно-перспективне пристрою в системах електропостачання для збільшення $\cos\varphi$	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Економія електроенергії в газовій промисловості.....	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ.....	9
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕПЕЛ	10

АНОТАЦІЯ

Розглянуто основні переваги частотно-регульованого електроприводу. Були виявлені основні недоліки асинхронних електроприводів в порівнянні з синхронним. Викладені основні способи управління частотно-регульованого асинхронного електроприводу, шляхом порівняння було вибрано скалярне управління як простіше, ніж векторне.

Продемонстровано управління частотно-регульованого асинхронного електроприводу. Шляхом розрахунку було чітко показано вплив частотно-регульованого електроприводу на споживання реактивної потужності груп асинхронних електродвигунів.

Розроблено схема електропостачання компресорної станції магістрального газопроводу і було зкомпенсовано коефіцієнт реактивної потужності шляхом застосування батареї статичних конденсаторів.

ABSTRACT

The main advantages of the frequency-regulated electric drive are considered. The main disadvantages of asynchronous electric drives in comparison with synchronous ones were revealed. The main methods of controlling a frequency-regulated asynchronous electric drive are outlined, by comparison, scalar control was chosen as simpler than vector control.

Control of a frequency-regulated asynchronous electric drive is demonstrated. The influence of the frequency-regulated electric drive on the reactive power consumption of groups of asynchronous electric motors was clearly shown by calculation.

The power supply scheme of the main gas pipeline compressor station was developed and the reactive power factor was compensated by using a battery of static capacitors.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи складається з:

86 стор., 2 табл., 28 рисунків., 22 літературних джерел.

Тема роботи: **Дослідження впливу частотного регулювання на споживання реактивної потужності групи асинхронних двигунів**

Магістерська робота присвячена дослідженню частотно-регульованого електроприводу на споживання реактивної потужності груп асинхронних електродвигунів.

У першій частині був проведений аналіз синхронного і асинхронного електроприводу з частотним регулюванням і був вибраний асинхронний в якості кращого і якіснішого електродвигуна. У розрахунковій частині в наочному виді показали взаємозв'язок між технологічними параметрами і його вплив на реактивну потужність груп асинхронних електродвигунів.

У технологічній частині була приділена увага технологічній характеристиці відцентрового нагнітача і його регулюванню при подачі газу і займане місце асинхронного електроприводу з частотним регулюванням при її управлінні.

У третій частині була звернена увага розробці електропостачання компресорної станції магістрального газопроводу. Була замінені синхронні електродвигуни на асинхронний, була зроблена компенсація реактивної потужності шляхом застосування батареї статичних конденсаторів.

Ключові слова: АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, БІПОЛЯРНІ ТРАНЗИСТОРИ, ТУРБОКОМПРЕСОР, ВІДЦЕНТРОВИЙ НАГНІТАЧ, КОНДЕНСАТОР, ЧАСТОТА, КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ, ЛІНІЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВР - автоматичне включення резерву
АД - асинхронний двигун
АДЧР - асинхронний двигун з частотним регулюванням
АІН - автономний інвертор напруга
АІС - автономний інвертор струму
БТ - біполярні транзистори
ГПА - газоперекачуючий агрегат
ГТП - газотурбінний привід
К.К.Д. - коефіцієнт корисної дії
КВА - кіловольт-ампер
Квар - кіловольт-ампер реактивний
КВт - кіловат
КЗ - коротке замикання
КС - компресорна станція
ЛЕП - лінія електропередач
МППТ - машина постійного струму
НВ - некеровані випрямлячі
ПЧ - перетворювач частоти
РН - регулятор напруги
РП - розподільна підстанція
САУ - система автоматичного управління
СД - синхронний двигун
ТК - турбокомпресор
ТЕП - техніко-економічний показник
КВ - керовані випрямлячі
ВН - відцентровий нагнітач
ЧРП - частотно-регульований привід
ЕРС - електрорушійна сила

ВСТУП

Робота присвячена вивченню частотно-регульованому асинхронному електроприводу і його вплив на технологічний процес нагнітальних установок в компресорній станції магістрального газопроводу.

Актуальність:

- шляхом літературного пошуку показати основні переваги частотно-регульованого асинхронного електроприводу, який вважається на сьогоднішній час основною ланкою в управлінні будь-якого технологічного процесу.

- аналіз порівняння асинхронного і синхронного частотно-регульованого електроприводу, шляхом цього виявити асинхронні частотні регульовані електроприводу як нійне і менш витратне

електроприводу, особливо при великих потужностях

- особливості частотно-регульованих електроприводів яке застосовується в насосних, вентиляторах і в нагнітальних установках

- частотно-регульований асинхронний електропривод вважається економічніше ефективним з точки зір енергозбереження.

Суть дисертації: Вивчення частотно-регульованого асинхронного електроприводу його способи, особливості при застосуванні в тому або технологічному процесі і її вплив на споживання реактивної потужності асинхронних електродвигунів.

Мета роботи: Отримувана економія електроенергії шляхом заміни синхронних електродвигунів на асинхронний з частотно-регульованим електроприводам в компресорній станції магістрального газопроводу.

Апробація роботи. Матеріали кваліфікаційної роботи обговорені і апробовані на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції "Ефективне використання енергії; стан і перспективи" ЗВО «ПДУ».

ВИСНОВКИ

Ця робота присвячена проблемі регулювання потужності електроприводів, призначених для роботи в парі з нагнітачами в системах транспорту нафти і газу.

В результаті літературного пошуку і проведеного аналізу був зроблений висновок про доцільність використання асинхронного електроприводу з частотним регулюванням.

Розглянуті питання технології транспортування газу дозволили рекомендувати заміну на існуючих компресорних станціях синхронного електроприводу великої потужності на асинхронний електропривод з частотним регулюванням, що особливо актуально при добових і сезонних коливаннях продуктивності.

Узятий за основу газоперекачуючий агрегат з існуючою добовою продуктивністю була розглянута, як прикл для вибору між синхронним і асинхронними електроприводами з частотним регулюванням, продуктивності процесу.

Розглянутий технологічний процес дозволив чекати перевагу асинхронному електроприводу з частотним регулюванням.

Розрахунки характеристик агрегату наочно показав, що це кращий варіант.

Проте при переклі агрегату з синхронного приводу на асинхронний постало питання про компенсацію реактивної потужності, як самого агрегату, так і станції в цілому.

Для цього був зроблений розрахунок навантажень і вибір устаткування, що включає і конденсаторні установки. Визначені місця їх установок. Потрібні зміна в схемі електропостачання при переклі станції з синхронного на асинхронний з частотним регулюванням повинні принести економічний ефект за рахунок виключення з технологічної схеми ряду елементів, які знижують к.к.д і продуктивність устаткування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕПЕЛ

1. Адаменко А.І. Методи дослідження несиметричних асинхронних машин / А.І. Адаменко. - К.: Наукова думка, 1969. - 356 с.
2. Башарин А.В. Управління електроприводами: навчальний посібник для студ. внз / А.В. Башарин, В. А. Новіков, Г. Г. Соколовський. - Л.: Мальва, Львів. Від-ня, 1992. - 392 с.
3. Герман-Галкін С. Г. Комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в MatLab 6.0: навчальний посібник для студ. внз / С. Г. ГерманГалкин. - Одеса: КОРОНА принт, 2001. - 320 с.
4. Герман-Галкін С. Г. Силова електроніка: Лабораторні роботи на ПК: навчальний посібник для студ. внз / С. Г. Герман-Галкін. - Одеса: КОРОНА принт, 2002. - 304 с.
5. Герман-Галкін С. Г. Matlab & Simulink. Проектування мехатронних систем на ПК: навчальний посібник для студ. внз / С. Г. ГерманГалкин. - Одеса: Корона-століття, 2008. - 368 с.
6. Герман-Галкін С. Г. Електричні машини: лабораторні роботи на ПК: навчальний посібник для студ. внз / С. Г. Герман-Галкін. - Одеса: КОРОНА принт, 2003. - 256 с.
7. Електропривод: [підручник для студ. вищ. навч. закл.]/Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко: за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.
8. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: [підручник для студ. вищ. навч. закладів] / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Ларіненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк: за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
9. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М.Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. — Тернопіль: Підручники @ посібники, 2001. — 984с.

10. Малащенко В. О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків: Навч. посібник. — Львів: Львівська політехніка, 2006. — 196 с.
11. Регульовані асинхронні електродвигуни в сільськогосподарському виробництві / В. Н. Андрианов, Д.Н. Бистрицький, А.В. Павлов, Е.М. Чебуркіна; під ред. Д.Н. Бистрицкого. — К.: Енергія, 1995. — 400 с.
12. Сиротин А.А. Автоматичне управління електроприводами / А.А. Сиротин. — К.: Енергія, 1999. — 560 с.
13. Системи автоматизованого управління електроприводами: [навчань. посібник для студ. внз] / Гульков Г. І., Петренко Ю.Н., Раткевич Е.П., Симоненкова О. Л.; під ред. Ю.Н. Петренко. — Миколаїв: Нове знання, 2004. — 384 с.
14. Довідник по перетворюючій техніці /[Чиженко І.М., Андрієнко П. Д., Бран А.А. та ін.]; під ред. І.М. Чиженко.— К.: Техніка, 1998. — 447 с.
15. Соколовський Г. Г. Електроприводи змінного струму з частотним регулюванням: підручник для студ. внз / Г. Г. Соколовський. — К.: АСАДЕМА, 2006. — 264 с.
16. Теорія електропривода: [підручник для студ. вищ. навч. закл.] М.Г. Попович, М.Г. Борисюк, В. А. Гаврилюк, О. М. Желдак, О. В. Ковальчук, Є.П. Красовський, С. М. Пересада, М.В. Печеник, В. І. Теряєв, В. М. Пижов: за ред. М.Г. Поповича. — К.: Вища шк., 1993. — 494 с.
17. Чорних І.В. Simulink : Інструмент моделювання динамічних систем / І.В. Чорних. — К.: Солон-прес, 2005. — 576 с.
18. Чорних І.В. Моделювання електротехнічних пристроїв в Matlab, SimPowerSystems і Simulink / І.В. Чорних. — К.: ДМК Прес, 2008. — 288 с.
19. Системи плавного пуску : [Електрон. ресурс]. — Режим доступу : [http://www.05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/5f3e374d2275dfcd c12571a0003e9ca8/\\$file/advlocmansoftst.pdf](http://www.05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/5f3e374d2275dfcd c12571a0003e9ca8/$file/advlocmansoftst.pdf)
20. Motor Controllers Industrial, 2 - Phase Motor Reversing Type RR2A.: [Електрон. ресурс]. — Режим доступу: <http://www.productselection.net/PDF/UK/mc rr 2a.pdf>

21. Motor Controller AC Semiconductor Motor Controller Type RSBS2325A2V11Cxx:[Электрон. ресурс]. — Режим доступа : http://www.productselection.net/PDF/UK/mc_rsbs.pdf

22. Softstarter handbook [Электрон. ресурс]. — Режим доступа : [http://www.05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/2985284834bcff7fc1256f3a00274038/\\$file/1sfc132002m0201.pdf](http://www.05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/2985284834bcff7fc1256f3a00274038/$file/1sfc132002m0201.pdf)