

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра електроенергетики  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Компанійця Владислава Олександровича  
(ІПБ)

академічної групи 141М-18-1  
(шифр)

спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(офіційна назва)

на тему «Дослідження впливу роботи векторного перетворювача частоти на  
електричну мережу»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Півняк Г.Г.			
розділів:				
-аналітичний	Папаїка Ю.А.			
-дослідницький	Папаїка Ю.А.			
-економічний	Тимошенко Л.В.			
<b>Рецензент</b>	Косоногов Д.О,			
<b>Нормоконтролер</b>	Олішевський Г.С.			

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**в.о. завідувача кафедри  
електроенергетики

(повна назва)

Рогоза М.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)Студенту Компанійцю В.О. академічної групи 141М-18-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКАспеціалізації \_\_\_\_\_за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка

(офіційна назва)

на тему «Дослідження впливу роботи векторного перетворювача частоти на  
електричну мережу»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін Виконання
<i>Аналітичний</i>	1.Огляд існуючих перетворювачів частоти. 2.Аналіз скалярних і векторних систем керування в пристроях частотного регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна 3.Принцип роботи перетворювача частоти	1.11.19 – 20.11.19
<i>Дослідницький</i>	1.Моделювання роботи векторного перетворювача частоти CONTROL-L620 у програмі Matlab 2. Розрахунок вищих гармонік та інтергармонік мережевого струму перетворювачів частоти із ланкою постійного струму	21.11.19-10.12.19
<i>Економічний</i>	Техніко-економічна оцінка заходів з оптимізації сплати за електроенергію.	01.12.19-14.12.19

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 15.10.2019 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента) (прізвище)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1 Аналіз стану проблеми.....	7
1.1 Огляд існуючих перетворювачів частоти.....	7
1.2 Аналіз скалярних і векторних систем керування в пристроях частотного регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна.....	16
1.3 Принцип роботи перетворювача частоти.....	18
Висновки по розділу.....	23
Розділ 2 Дослідження аспектів впливу роботи векторного перетворювача частоти на мережу.....	24
2.1 Моделювання роботи векторного перетворювача частоти CONTROL- L620 у програмі Matlab.....	24
2.2 Розрахунок вищих гармонік та інтергармонік мережевого струму перетворювачів частоти із ланкою постійного струму.....	42
Висновки по розділу.....	51
Розділ 3 Економічний.....	52
Вступ.....	52
3.1 Розрахунок капітальних вкладень.....	53
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	55
3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	55
3.2.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	56
3.2.3 Розрахунок вартості втрат електроенергії.....	57
3.3 Визначення річної економії від впровадження науково-технічного рішення.....	58
3.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності.....	59
Висновки по розділу.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	64

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с, рис, табл., додаток, джерела.

ВЕКТОРНЕ УПРАВЛІННЯ, ВИПРЯМЛЯЧ, ВИЩІ ГАРМОНІКИ,  
ІНВЕРТОР, ІНТЕРФЕЙС ЗВ'ЯЗКУ, КОМУНІКАЦІЙНИЙ ПРОТОКОЛ, ЛАНКА  
ПОСТІЙНО СТРУМУ, ТИРИСТОР

Об'єкт дослідження – розроблений алгоритм та методика дослідження режимів електроспоживання електромеханічної системи «вентильний перетворювач-асинхронний двигун», відмінними особливостями яких є врахування параметрів мережі живлення та механічного завантаження двигуна в промислових розподільчих мережах напругою до 1 кВ.

Мета роботи – подальший розвиток теорії електромагнітної сумісності з обґрунтуванням залежності спектрального складу первинного струму перетворювача від завантаження приводного двигуна.

Результати та їх новизна – рівень електромагнітних перешкод, що генеруються в електричну мережу перетворювачами частоти, складається з несинусоїдальності та коливання напруги. Найбільш небезпечною є несинусоїдальність напруги, тому представляє науковий інтерес дослідження спектру складу первинного струму перетворювача.

Взаємозв'язок з іншими роботами – продовження інноваційної діяльності кафедри систем електропостачання Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» в сфері електромагнітної сумісності.

## ВСТУП

Для сучасної промисловості дуже важливим є питання раціонального використання електроенергії. Ефективне використання електроенергії дає змогу отримати значну економічну вигоду та дозволить знизити кількість використання енергетичних ресурсів. В промисловості більшу частку електроенергії споживають електродвигуни змінного струму, які вже використали більшу частку свого робочого ресурсу. Для збільшення ефективності даного обладнання можна використовувати сучасні технологічні системи управління.

Перетворювач частоти представляє собою статичний пристрій, який використовується для управління та зміни швидкості обертання асинхронних електродвигунів змінного струму. Робота перетворювача частоти заснована на принципі зміни частоти електроживлення. Управління електродвигунами може бути засноване на використанні інтерфейсу перетворювача частоти, а також за допомогою інших приладів для моніторингу і управління на відстані. Сучасні перетворювачі частоти повинні мати підтримку інтерфейсу зв'язку згідно стандартів Modbus, Ethernet і т.д.

Використання перетворювачів частоти дозволяє отримати різні переваги: економія енергетичних ресурсів, збільшення терміну роботи технологічного обладнання, зниження витрат на ремонтні, планові та попереджувальні роботи, більш точний контроль за ходом роботи технологічних процесів, забезпечення оперативного управління та ін.

Регулювання швидкості обертання асинхронного електродвигуна проходить шляхом зміни частоти і величини напруги живлення двигуна. Всі сучасні перетворювачі частоти мають коефіцієнт корисної дії на рівні 96-98%, і з мережі споживається практично лише активна складова струму навантаження. Завдяки мікропроцесорній системі перетворювача частоти можливо забезпечити

високу якість управління електродвигуном і контролю його параметрів та запобігати появі аварійних ситуацій. За допомогою перетворювача частоти, можна управляти системами приводів і забезпечити автоматизацію їх роботи, включаючи пуск, гальмування, реверс, зміну швидкості обертання електродвигуна і т.д. До переваг перетворювачів частоти також можна віднести автоматичний пуск, який забезпечує плавне включення пускових опорів електродвигуна, можливість зміни струму в допустимих межах, що значно зменшить розвиток небезпечних процесів, які виникають під час пуску. Те ж саме відноситься до реверсу і гальмування. При використанні перетворювачів частоти усувається один з вагомих недоліків електродвигунів з короткозамкненим ротором – незалежність швидкості обертання ротора електродвигуна від навантаження. Перетворювач частоти, дозволяє управляти швидкістю електродвигунів згідно характеру навантаження. Це в свою чергу дозволяє уникати складних перехідних процесів в електричних мережах, забезпечуючи роботу обладнання в найбільш економічному режимі.[1]

Перший розділ присвячений опису головних відомостей щодо перетворювачі частоти.

У другому розділі була розроблена моделі та проведений розрахунок вищих гармонік та інтергармонік векторного перетворювача частоти.

У третьому розділі проведено розрахунок економічної ефективності впровадження перетворювача частоти CONTROL-1620.

У висновку представлені основні результати і висновки за магістерською роботою.

В кінці наведено перелік посилань на використану літературу.

## ВИСНОВОК

Оцінка впливу роботи векторного перетворювача частоти на мережу дозволить розвинути теорію електромагнітної сумісності і обґрунтувати залежності спектрального складу первинного струму перетворювача від завантаження приводного двигуна.

В ході виконання кваліфікаційної роботи була розроблена модель роботи векторного перетворювача частоти. В результаті завдяки створеній моделі можна побачити як при роботі векторного перетворювача частоти з'являються вищі гармоніки та інтергармоніки, які призводять до погіршення якості електроенергії, що збільшує втрати електроенергії та обумовлює появу інших негативних наслідків.

Також були проведені розрахунки для знаходження вищих гармонік та інтергармонік мережевому струму перетворювачів частоти із ланкою постійного струму. В результаті розрахунків можна зробити висновок, що мережевий струм векторного перетворювача частоти може значно зростати за рахунок вищих гармонік і інтергармонік, обумовлених електромагнітними процесами у перетворювачі частоти.

Для придушення вищих гармонік та інтергармонік можна використовувати фільтри та збільшувати пульсації вхідної напруги випрямляча. Такі дії є дієвими засобами для придушення вищих гармонік, що генеруються перетворювачами частоти у мережу.

З точки зору економічності впровадження векторного перетворювача частоти CONTROL-L620 для управління асинхронним двигуном на прикладі ТОВ «ВОЛЬТА ЛТД», має окупність 4,47 роки.

Для більш детального ознайомлення з матеріалами кваліфікаційної роботи звертайтеся до заступника завідуючого кафедри електроенергетики проф. Луценко І.М.  
Електронна адреса [lutsenko.i.m@nmu.one](mailto:lutsenko.i.m@nmu.one)