

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 бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Овечко Владислава Олександровича

(ПІБ)

академічної групи 141-17зск-2

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_

(офіційна назва)

на тему Регулювання режиму роботи системи електроприводу  
«перетворювач частоти – асинхронний двигун» за критерієм  
енергоефективності

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Степаненко Юрій Вікторович			
розділів:				
Технологічна частина	Степаненко Юрій Вікторович			
Спеціальна частина	Степаненко Юрій Вікторович			
Охорона праці	Столбченко О.В.			
Техніко- економічне обґрунтування	доцент Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер				
----------------	--	--	--	--

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
електроенергетики  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Овечко В.О. академічної групи 141-17зск-2  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (офіційна назва)

на тему Регулювання режиму роботи системи електроприводу «перетворювач частоти – асинхронний двигун» за критерієм енергоефективності,  
(назва за наказом ректора)

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

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічна частина	Обґрунтування енергоефективності при частотному керуванні, опис технологічної установки	
Спеціальна частина	Вибір потужності, механічні характеристики при частотному керуванні, визначення показників енергоефективності, система керування, вибір обладнання	
Охорона праці	Аналіз шкідливих виробничих чинників, розрахунок штучного освітлення, інженерно-технічні заходи з охорони праці,	
Техніко-економічне обґрунтування	Розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат	

**Завдання видано** \_\_\_\_\_ (підпис керівника) \_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

**Дата видачі** \_\_\_\_\_

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

**Прийнято до виконання** \_\_\_\_\_ (підпис студента) \_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 67 стр., 14 таблиць, 21 рисуноків, 14 джерел.

Мета проекту: розглянути частотно-керований електропривод з точки зору енергоефективності на прикладі насосної установки.

У вступі представлені сучасні тенденції у розвитку частотно-керованого електропривода з точки зору енергоефективності.

У розділі 1 приведено опис законів частотного керування, проаналізовано існуючі способи регулювання продуктивності насосів. Також здійснено вибір насоса.

Розділ 2 присвячено розрахунку потужності привідного двигуна, побудові регулювальних характеристик насоса та двигуна при частотному керуванні, розглянуто показники енергоефективності. В розділі вибрано перетворювач частоти.

У розділі з охорони праці розглянуто шкідливі виробничі фактори, запропоновані інженерно-технічні заходи з охорони праці, виконано розрахунок освітлення.

В економічній частині проекту розраховані капітальні та експлуатаційні витрати.

**ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ, ЧАСТОТНО-КЕРОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.**

## **ABSTRACT**

Explanatory note: 67 pages, 14 tables, 21 figures, 14 sources.

The purpose of the project: to consider the frequency-controlled electric drive from the point of view of energy efficiency on an example of pump installation.

The introduction presents current trends in the development of frequency-controlled electric drive in terms of energy efficiency.

Section 1 describes the laws of frequency control, analyzes the existing methods of regulating the performance of pumps. The pump is also selected.

Section 2 is devoted to the calculation of the power of the drive motor, the construction of the control characteristics of the pump and the motor at frequency control, energy efficiency indicators are considered. The time-to-converter is selected in the section.

The section on labor protection considers harmful production factors, proposed engineering and technical measures for labor protection, the calculation of lighting.

In the economic part of the project, capital and operating costs are calculated.

**FREQUENCY CONVERTER, FREQUENCY-CONTROLLED ELECTRIC DRIVE, ENERGY EFFICIENCY.**

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Основні аспекти енергоефективності в системі «перетворювач частоти – асинхронний двигун».....	10
1.2 Опис технологічного об'єкта .....	13
1.3 Способи регулювання насосів.....	18
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	22
2.1 Розрахунок потужності двигуна відцентрового насоса .....	23
2.2 Розрахунок та побудова статичних характеристик частотно-регульованого електропривода насоса.....	24
2.3 Побудова механічних характеристик асинхронного двигуна при частотному керуванні.....	28
2.4 Розрахунок енергетичних показників та визначення енергоефективності.....	33
2.5 Розробка системи автоматичного регулювання та визначення її параметрів.....	38
2.6 Вибір перетворювача частоти та розробка схеми підключень.....	45
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників .....	49
3.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	49
3.3 Пожежна безпека .....	51
3.4 Розрахунок штучного освітлення .....	51
3.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	54
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	56
4.1 Розрахунок капітальних витрат .....	57
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	59

**ЕЕ.ДП.20.03.ПЗ**

Підп. і дата					
	Зм. Арк.. № докум. Підп. Дата				
Інв. № дубл.					
	Зам. Інв. №				
Підп. і дата					
	Інв. № подл.				
Розроб.		Овечко О.В.		Регулювання режиму роботи системи електроприводу «перетворювач частоти – асинхронний двигун» за критерієм енергоефективності	
Пров.		Стеланенко ЮВ			
Н. контр.					
Затв.					
Лит.		Аркуш		Аркушів	
		1		4	
НТУ «Дніпровська політехніка», гр. 147-17зск-2					



## ВСТУП

У сучасному світі все гостріше постають питання енергозбереження, які тісно пов'язані з такою характеристикою обладнання, як енергетична ефективність. Провідні виробники та розробники світової електротехнічної галузі постійно перебувають на шляху вдосконалення характеристик обладнання, серед яких однією з головних є саме енергоефективність. Слід зауважити, що енергоефективність стосується не лише електротехнічного обладнання, а і будь якого, що здійснює перетворення енергії з одного виду в інший.

Під енергоефективністю слід розуміти якість перетворення, передавання та використання енергії. Пояснимо це. Енергія використовується людиною для виконання якоїсь корисної роботи. Якщо одну умовну одиницю енергії буде цілком використано для виконання корисної роботи, то ми отримаємо 100% енергоефективність. Якість використання характеризується таким показником, як коефіцієнт корисної дії ККД. Зазвичай ККД вимірюється у відносних одиницях або відсотках і показує, яка частина вихідної енергії використана на виконання саме корисної роботи, а яка була втрачена. При ККД 100% (або 1 умовна одиниця) отримаємо пристрій, який має назву «вічний двигун» і здійснює повне перетворення одного виду енергії в інший без втрат. Але в сучасному світі такий пристрій поки що не знайдено, і при використанні енергії завжди присутні її втрати. Можна сказати, що всі зусилля виробників та винахідників спрямовані на підвищення ККД до рівня 100%, тобто максимального зменшення втрат.

Електрична енергія є основним видом енергії, що використовується. Вона достатньо зручна і легка у виробництві, передаванні, використанні. У більшості своїй електрична енергія перетворюється у механічну і використовується для руху виробничих механізмів, менше перетворюється в теплову, енергію світла та інші види.

Для перетворення електричної енергії в механічну використовуються електричні двигуни. Сьогодні електричні двигуни у різних галузях в цілому

Інв. № подл.	Підп. і дата				<b>ЕЕ.ДП.20.03.ПЗ</b>	Арк
	Інв. № дубл.					3
	Зам. Інв. №					
	Підп. і дата					
	Зм. Арк.. № докум. Підп. Дата					

перетворюють майже 60-70 % виробленої електричної енергії. З розширенням таких галузей, як нетрадиційна енергетика, електричний транспорт та загальним зростанням обсягів виробництва це відсоток постійно зростає. Тому енергоефективність електричних двигунів відіграє важливу роль. В середньому ККД сучасних електричних двигунів знаходиться у діапазоні 0,65-0,95. Менша цифра відповідає двигунам малої потужності, до 1 кВт, більша – від сотень кіловат до десятків мегават.

Також слід зазначити, що енергоефективність слід розглядати, як комплексне визначення для сукупності механізм – електричний привод (будь який інший вид приводу). Наприклад, коли ККД привода достатньо високий, а ми впливаємо на роботу механізму з метою досягнення зазначених показників технологічного процесу не регулюванням режиму роботи електропривода, а сторонніми засобами з боку механізму і його ККД зменшується, то в цілому отримуємо зменшення загального ККД. Таким прикладом може служити регулювання продуктивності вентилятора або насоса заслонкою на трубопроводі. В разі забезпечення ККД виробничого механізму на сталому максимальному рівні для даного режиму роботи і використання регулювання електроприводу, що також забезпечує максимально можливий ККД привода. в цілому отримаємо високу енергоефективність установки.

В більшості своїй в промисловості використовується електропривод змінного струму – асинхронний, рідше синхронний. Регулювання швидкості такого електроприводу здійснюється перетворювачами частоти за відповідними законами частотного керування. Під відповідну технологічну установку використовується свій закон частотного керування.

Метою даної роботи є визначення способів керування частотно-керованим електроприводом з точки зору енергоефективності на прикладі електропривода насосної установки.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. Інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Зм.	Арк..	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-------	----------	-------	------

ЕЕ.ДП.20.03.ПЗ

Арк

4



## ВИСНОВКИ

1. В ході даного проекту було розглянуто існуючі способи частотного керування асинхронними двигунами, проведено порівняльний аналіз можливих способів регулювання продуктивності насосних установок в порівнянні з частотним керуванням з точки зору енергетичної ефективності.

2. У роботі були розраховані Н-Q характеристики насоса при регулюванні його частоти обертання. Запропоновано моделі асинхронного двигуна при частотному керуванні і насосної установки. Розроблено модель системи автоматичного регулювання.

3. Виконані розрахунки енергетичних показників роботи частотно-керованого електропривода ккд та  $\cos \phi$  показали високу енергоефективність запропонованих рішень.

4. У проекті виконано розрахунок капітальних витрат на впровадження запропонованої системи. Обрано тип перетворювача і розроблено принципову електричну схему підключень.

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)

Підп. і дата							
Інв. № дубл.							
Зам. Інв. №							
Підп. і дата							
Інв. № подл.	<b>ЕЕ.ДП.20.03.ПЗ</b>						
	Зм.	Арк..	№ докум.	Підп.	Дата		
	Розроб.		Овечко О.В.				
	Пров.		Степаненко ЮВ				
	Н. контр.						
Затв.							
Регулювання режиму роботи системи електроприводу «перетворювач частоти – асинхронний двигун» за критерієм енергоефективності					Лит.	Аркуш	Аркушів
						1	2
					НТУ «Дніпровська політехніка», гр. 147-17зск-2		