

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Методи та засоби визначення ефективності роботи електричних приводів змінного струму. лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму»

Виконав: студент 2-го курсу, гр. ЕПА-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Сит Олександр ПЕПЕЛЬЖІ
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц кафедри КЕМСК
Мошноріз Микола МОШНОРИЗ
(прізвище та ініціали)

«21» 11 2023 р.

Опонент: Вавенко О.В.
(прізвище та ініціали)

«11» 12 2023 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри Мошноріз

«28» 11 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

“20” 10 20__ року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пепельжі Олександр Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Методи та засоби визначення ефективності роботи електричних приводів змінного струму. Лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму.

керівник роботи Мошноріз Микола Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” 09 20__ року № 44

2. Термін подання студентом роботи 28.11.2023р

3. Вихідні дані до роботи: вимірювання двигунів до 25А

4. Зміст текстової частини: 1 Загальні відомості про енергетичні параметри електричної машини змінного струму. Класифікація, методи вимірювання 2 Наукове обґрунтування вибору методу аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму 3 Функціональна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму. Алгоритм роботи стенда 4 Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму. Вибір елементної бази. 5 Електрична принципова схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму 6 Практична реалізація лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму. Демонстрація роботи стенда 7 Техніко-економічне обґрунтування лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму 8 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1 Функціональна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму 2 Алгоритм роботи стенда

3 Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних

параметрів електричної машини змінного струму 4 Електрична принципова схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	к.т.н., доц. каф. КЕМСК Мошноріз М. М.	24.10.2023	21.11.2023
Економічна частина	Шулле Ю.А. к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ	24.10.2023	21.11.2023
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зав. каф. БЖДПБ, д. пед. н., проф. Кобилянський О. В.	26.10.2023	21.11.2023

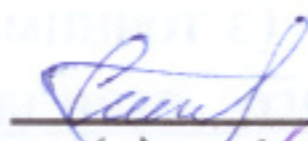
7. Дата видачі завдання 24.10.2023

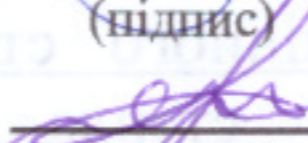
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

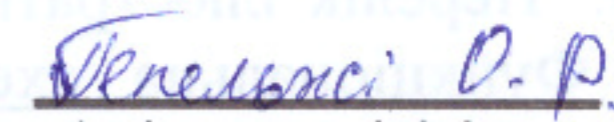
№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	03.10.2023	Протокол КЕМСК №3
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	21.11.2023	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	28.11.2023	
4	Виконання розділу «Економічна частина»	21.11.2023	
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	28.11.2023	
6	Попередній захист МКР	28.11.2023	
7	Нормоконтроль МКР	28.11.2023	
8	Рецензування МКР	11.12.2023	
9	Захист МКР	12.12.2023	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)


(прізвище та ініціали)
Микола МОШНОРИЗ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК: 621.313

Пепельжі О.Р. Методи та засоби визначення ефективності роботи електричних приводів змінного струму. лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 –Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма - електрична інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2023. 100 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 30; табл. 13.

В магістерській кваліфікаційній роботі були запропоновані рішення щодо підвищення ефективності роботи електричних приводів змінного струму за рахунок використання лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму. В основній частині роботи проведе аналіз параметрів електричної машини змінного струму, визначити елементну базу для лабораторного стенду, розроблено функціональну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду, розроблено алгоритм роботи для лабораторного стенду, розроблено структурну схему та вибрано елементну базу для лабораторного стенду, розроблено електрично принципову схему для лабораторного стенду

Графічна частина складається з 11 плакатів із результатами роботи.

В розділі охорони праці визначено основні положення щодо безпечної експлуатації досліджуваного електротехнічного комплексу в умовах дії шкідливих чинників оточуючого середовища.

Ключові слова: лабораторний стенд, ефективність, привод, змінний струм, аналіз, енергетичні параметри.

ABSTRACT

Pepelzhi O.R. Methods and means of determining the efficiency of AC electric drives. laboratory stand for the analysis of energy parameters of an alternating current electric machine. Master's qualification thesis on specialty 141 – Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics, educational program - electrical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 100 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 30; table 13.

In the master's qualification thesis, solutions were proposed to increase the efficiency of the operation of AC electric drives by using a laboratory stand for the analysis of the energy parameters of an AC electric machine. In the main part of the work, he will analyze the parameters of the alternating current electric machine, determine the element base for the laboratory stand, develop the functional diagram and work algorithm for the laboratory stand, develop the work algorithm for the laboratory stand, develop the structural diagram and select the element base for the laboratory stand, develop the electrical principle scheme for a laboratory stand

The graphic part consists of 11 posters with the results of the work.

In the section on labor protection, the main provisions regarding the safe operation of the studied electrotechnical complex under the influence of harmful factors of the surrounding environment are defined.

Key words: laboratory stand, efficiency, drive, alternating current, analysis, energy parameters.

Зміст

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕНЕРГЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ	8
1.1 Основні енергетичні параметри електричної машини	8
1.2 Класифікація електричних машин.....	12
1.3 Методи вимірювання	14
2 НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ	19
3 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. АЛГОРИТМ РОБОТИ СТЕНДУ	31
3.1 Функціональна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму.....	31
3.2 Алгоритм роботи стенда.....	32
4 СТРУКТУРНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ	35
4.1 Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму	35
4.2 Вибір елементної бази	36
5 ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ	44
6 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. ДЕМОНСТРАЦІЯ РОБОТИ СТЕНДА	46
6.1 Практична реалізація лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму.....	46

6.2 Демонстрація роботи стенда	49
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ	63
7.1 Технічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда.....	63
7.2 Економічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда	64
7.2.1 Порівняльна характеристика електричних елементів стенда.....	64
7.2.2 Визначення капітальних вкладень.....	65
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
8.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	67
8.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	67
8.1.2 Електробезпека	70
8.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	70
8.2.1 Мікроклімат	70
8.2.2 Склад повітря робочої зони.....	71
8.2.3 Виробниче освітлення.....	72
8.2.4 Виробничий шум	73
8.2.5 Виробнича вібрація	74
8.2.6 Виробничі випромінювання.....	75
8.2.7 Психофізіологічні фактори.....	75
8.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	77
8.3.1 Дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	78
8.3.2 Дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	79
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83
Додаток А	4
Додаток Б.....	8

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Чи ефективно працює електричний двигун змінного струму і як швидко можна визначити його основні характеристики? Відповідь на дане питання можна отримати шляхом розробки лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини. За допомогою стенда можна визначити не тільки такі основні параметри як струм, а і активну та реактивну потужності, коефіцієнт потужності, повну потужність. Маючи ці дані та дані механічної потужності, можливо визначити коефіцієнт корисної дії системи та рівень ефективності роботи двигуна. Причому всі перелічені дані можна визначати в реальному часі.

Таким чином, розробка лабораторного стенду для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму є актуальним науковим завданням.

Об'єктом дослідження є процес визначення параметрів електричної машини змінного струму в режимі реального часу.

Предметом дослідження є лабораторний стенд для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи асинхронного електропривода за рахунок вимірювання та контролю його енергетичних показників.

Ідея роботи полягає у застосуванні аналізатора мережі, який буде надавати вимірюванні дані електричної машини у реальному часі і по всіх трьох фазах.

В процесі реалізації мети роботи необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз методів визначення ефективності машини змінного струму. Визначити елементну базу для лабораторного стенду.
3. Розробити функціональну, структурну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду та вибрати елементну базу.
5. Розробити електрично принципову схему для лабораторного стенду.
6. Продемонструвати роботу лабораторного стенду.

Методи дослідження засновані на використанні методів теорії автоматичного управління, електричних машин, методів синтезу систем управління, теорії та методів математичного та інших системних методів.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Отримав подальший розвиток метод підвищення ефективності роботи електропривода змінного струму, який на відміну від відомих враховує енергетичні параметри машини в режимі реального часу, що дозволяє вибрати оптимальний закон керування електроприводом.

Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в розробці лабораторної установки, яка дозволяє виконувати заміри всіх енергетичних характеристик трифазного споживача змінного струму потужністю до 15кВт в режимі реального часу, що дозволяє отримати такі результати: виконувати заміри потужності споживання (повної, активної, реактивної) по кожній фазі окремо та загалом, струмів, напруг, коефіцієнта потужності тощо; виконувати перевірку відповідності характеристик заявленим виробником і робити висновок про ефективність роботи електропривода; виконувати опосередкований розрахунок механічної потужності навантаження і виконувати правильний підбір та коригування потужності двигуна.

Особистий внесок здобувача. Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи отримано автором самостійно.

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей:

Мошноріз М. М., Пепельжі О. Р. ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. Матеріали конференції «ЛІІ Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету». URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/author/submission/19706>.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЕНЕРГЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. КЛАСИФІКАЦІЯ, МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ

1.1 Основні енергетичні параметри електричної машини

Сила струму – це фізична величина, яка визначається числовою величиною електричного заряду, що протікає через поперечний переріз провідника за одиницю часу.

$$I = \frac{q}{t}, \quad (1.1)$$

де q — заряд, який проходить через поперечний переріз провідника;
 t — час його проходження.

Електрична напруга - це фізична величина, яка в числовому вираженні відповідає енергії, витраченій електричним полем для переміщення одиничного позитивного заряду по даній ділянці.

$$U = \frac{A}{q}, \quad (1.2)$$

де A — робота, яку виконує електричне поле під час проходження струму;

q — значення електричного заряду, перенесеного струмом.

Електрична потужність — фізична величина, що характеризує швидкість передавання або перетворення електричної енергії.

$$P = \frac{A}{t}, \quad (1.3)$$

де A — робота струму;

t — час виконання роботи.

Оскільки $A = U \cdot I \cdot t$, то

$$P = I \cdot U, \quad (1.4)$$

Активна потужність (РкВА) - Активна потужність визначає частину електричної енергії, яка використовується безпосередньо на виконання корисної роботи.

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi, \quad (1.5)$$

де P - активна потужність;

U - середньоквадратична напруга;

I - середньоквадратичний струм;

φ - кут зсуву фаз напруги та струму.

Реактивна потужність (РкВА) - Реактивна потужність визначає частину електричної енергії, яка марно витрачається в електричних мережах.

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi, \quad (1.6)$$

де Q - реактивна потужність;

U - середньоквадратична напруга;

I - середньоквадратичний струм;

φ - кут зсуву фаз напруги та струму.

Повна потужність (SkVA) - Повна потужність відповідає всій енергії, що витрачається в електричних мережах.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1.7)$$

де S - повна потужність;

P - активна потужність;

Q - реактивна потужність.

ККД. Будь який механізм та система характеризується ефективністю роботи. Однією з основних характеристикою що показує ефективність роботи є коефіцієнт корисної дії.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) представляє собою відношення виконаної роботи до сумарних енергетичних затрат, виміряне у відсотках. Це безрозмірна величина, яка використовується для важливої оцінки ефективності роботи машин та двигунів.

Основне завдання електричного двигуна зводиться до перетворення електричної енергії в механічну. ККД визначає ефективність виконання цієї функції. Формула ККД електродвигуна виглядає наступним чином:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \quad (1.8)$$

де P_2 -корисна механічна потужність

P_1 - підведена електрична потужність.

Так виглядає розрахунок ККД електродвигуна. Електрична потужність визначається добутком струму на напруги . Механічна потужність визначається виконаною роботою механізму, будь то переміщення вантажу за допомогою стрічкового механізму чи підйом за допомогою крану за певний часовий проміжок.

Існують різноманітні фактори факт що впливають на ККД. значна частина втрат йде на нагрівання двигуна та втрачається у самому провіднику, також відбуваються втрати у підшипникових механізмах або при терті щіток у двигунах постійного струму із щітко-колекторним механізмом.

На зменшення ефективності двигуна може впливати безліч факторів:

- 1)Механічне навантаження
- 2)Якість напруги живлення
- 3)Технічний стан
- 4)Умови навколишнього середовища
- 5)Якість технічного обслуговування

Та інші фактори які можуть зменшувати коефіцієнт корисної дії.

Коефіцієнт потужності. Наступним критерієм ефективності є коефіцієнт потужності який показує відношення активної потужності до повної. Оскільки двигун складається з обмоток що генерують магнітні поля там відбуваються втрати на генерацію та підтримання електромагнітного поля , що призводить до втрат. Залежно від якості матеріалів та зазору між статором та ротором можна мінімізувати втрати на реактивну потужність, що в цілому вплине на енергоефективності двигуна.

Системи, які живляться змінним струмом, такі як асинхронні двигуни, завжди мають не лише активну, але і індуктивну та ємнісну компоненти.

Таким чином, кожного півперіоду у мережу повертається певна частина енергії, відома як реактивна потужність Q .

Коефіцієнт потужності рахується за наступною формулою

$$\cos f = \frac{P}{S}, \quad (1.9)$$

Де: P – Корисна потужність

S – Повна потужність

Температурний режим. Ще одним не менш важливим критерієм є температурний режим двигуна. При великому навантаженні чи частих запусках та зупинках у двигуні можуть протікати досить великі струми. При збільшенні температурного режиму від номінального може відбуватися перегрів обмотки двигуна, що призведе як до збільшення втрат у провіднику так і до зменшення часу експлуатації та життєздатності. В екстремальних випадках перегріву може відбуватися руйнування ізоляції та вихід машини з ладу. Отже утримання температурного режиму в номінальних показник може бути не менш важливим як і інші показники його ефективності.

Для покращення охолодження можуть використовуватись як пасивні елементи у вигляді ребр тепловідводу так і активні у вигляді крильчатки що обдуватиме двигун повітрям для кращого тепловідведення.

Коефіцієнт навантаження.

Четвертим показником енергоефективності є коефіцієнт навантаження двигуна. Він являє собою характеристику яка показує відношення навантаження на валу до номінального навантаження двигуна. При різному коефіцієнту навантаженості буде різний ККД двигуна. Якщо двигун недовантажений то ККД буде досить низьким, те ж саме може бути при перенавантаженні двигуна, що може призвести не тільки до неефективної роботи а і до зменшення довговічності електричної машини. При знаходженні оптимального навантаження на двигун можна досягти найвищого рівня ККД без перенавантаження та перегріву двигуна.

В більшості випадків оптимальне значення навантаженості буде в районі 80%. Однак в деяких двигунах це значення може відрізнятись.

1.2 Класифікація електричних машин

Класифікація за призначенням. Залежно від призначення електричні машини поділяються на такі види:

- генератори електричних машин, що перетворюють механічну енергію в електричну. Їх встановлюють на електростанціях і різних транспортних установках: автомобілях, літаках, тепловозах, кораблях, пересувних електростанціях і т. д. На електростанціях вони приводяться в рух потужними паровими і гідравлічними турбінами, а на транспортних установках - двигунами внутрішнього згорання і газом. турбіни. У деяких випадках генератори використовують як джерела живлення в установках зв'язку, пристроях автоматики, вимірювальній апаратурі і т. д.;

- електродвигуни, що перетворюють електричну енергію в механічну; вони приводять у рух різноманітні машини, механізми та пристрої, які використовуються в промисловості, сільському господарстві, зв'язку, транспорті, військовій справі та побуті. У сучасних системах автоматизації вони виконують виконавчу функцію, регулюючих і програмуючих органів;

- електромеханічні перетворювачі, що перетворюють змінний струм в постійний і навпаки, змінюють напругу змінного і постійного струму, частоту, кількість фаз і т. д. Вони широко використовуються в промисловості, на транспорті і у війську, хоча в останнє десятиліття роль електромеханічних перетворювачів значно зменшилася за рахунок використання статичних напівпровідникових перетворювачів;

- компенсатори для електричних машин, що виробляють реактивну потужність в електроустановках для поліпшення енергетичних характеристик джерел і споживачів електроенергії;

- підсилювачі електричних машин, призначені для керування об'єктами великої потужності за допомогою електричних сигналів малої потужності, що подаються на їх обмотки збудження (керування). Останнім часом зменшилася також роль підсилювачів електричних машин у зв'язку з широким застосуванням підсилювачів з напівпровідникових елементів (транзисторів, тиристорів);

- електромеханічні перетворювачі сигналів, що формують, обробляють і підсилюють різні сигнали. Найчастіше вони виконуються у вигляді електричних мікромашин і широко використовуються в системах автоматичного керування, вимірювальних і обчислювальних пристроях як різноманітні датчики, диференціальні та інтегруючі елементи, органи порівняння та регулювання тощо.

Залежно від принципу дії та особливостей електромагнітної системи машини змінного струму поділяються на трансформаторні, асинхронні, синхронні та колекторні.

Трансформатори широко використовуються при перетворенні напруги: в системах передачі та розподілу електроенергії, у випрямлячах, пристроях зв'язку, автоматизації та обчислювальній техніці, а також в електричних вимірюваннях (вимірювальні трансформатори) і функціональних перетвореннях (обертові трансформатори).

Асинхронні машини використовуються переважно як трифазні електродвигуни. Простота пристрою і висока надійність дозволяють застосовувати їх в різних галузях техніки для привода верстатів, вантажопідійомних і землерийних машин, компресорів, вентиляторів та інші. В системах автоматичного регулювання широко використовують одно- та двофазні керовані асинхронні двигуни асинхронні тахогенератори, а також сельсини.

Синхронні машини використовуються як генератори змінного струму промислової частоти на електростанціях і генератори високої частоти в автономних джерелах енергії (на кораблях, літаках тощо). Синхронні

електродвигуни також застосовуються в електротехнічних пристроях великої потужності. У пристроях автоматики широко використовуються різні синхронні машини малої потужності (реактивні, на постійних магнітах, гістерезисні, крокові, індукційні та ін.).

Колекторні машини змінного струму використовуються порівняно рідко і в основному як електродвигуни. Вони мають складну конструкцію і вимагають ретельного догляду. Універсальні колекторні двигуни, що живляться як постійним, так і змінним струмом, використовуються в пристроях автоматики, а також в різних типах електро побутових приладів.

1.3 Методи вимірювання

Вимірювання інтенсивності струму в електричному колі проводять за допомогою спеціальних пристроїв, які називають амперметрами.

Амперметр вмикають послідовно в електричне коло, в якому вимірюється струм.

Принцип роботи амперметрів базується на використанні магнітної взаємодії з електричним струмом. Стрілка амперметра закріплена на котушці, розташованій у магнітному полі постійного магніту. Під час підключення амперметра до електричного кола через котушку протікає електричний струм. Внаслідок магнітної взаємодії котушка разом із прикріпленою до неї стрілкою відхиляється на певний кут. Зі збільшенням струму в електричному колі кут відхилення стрілки амперметра також зростає.

Вимірювання напруги. Вольтметром називають прилад для контролю та вимірювання, що показує рівень напруги в будь-якій конкретній мережі.

Використовується паралельне підключення пристрою до навантаження або джерела струму.

Головне завдання виробу: можливість проведення контролю над тим чи іншим устаткуванням, відстеження їх параметрів у процесі функціонування.

Вольтметр вимірює силу струму через його власний опір і, отже, може бути розглядений як амперметр з великим опором. Значний опір вольтметра гарантує, що вплив приладу на струм у колі є мінімальним.

Сучасний ринок пропонує кілька видів вольтметрів, які класифікуються за сферою використання, параметрами, особливостями будівлі. За принципом роботи є:

- магнітоелектричні;
- електромагнітні;
- електронні;
- цифрові;
- аналогові.

По галузі застосування:

- імпульсні;
- постійного струму;
- змінного струму.

За способом функціонування:

- стаціонарні (у щиті);
- мобільні.

Ватметр - це пристрій, призначений для вимірювання різних параметрів, таких як електрична енергія, активна потужність електричного струму, електромагнітна енергія, потужність звукової частоти і т. д.

Традиційний ватметр має чотири контакти, два з яких підключаються до електричного кола послідовно з ділянкою, на якій вимірюється споживана потужність, а інші два - паралельно до неї. Таким чином вимірюються два основних параметри, що визначають потужність.

Виділяють три групи ватметрів:

- низької частоти і постійного струму;
- радіочастотні ватметри;

- оптичні ватметри.

Варметр є пристроєм для вимірювання реактивної потужності електричного струму. У варметра є чотири контакти, з яких два включаються в електричне коло послідовно з тією ділянкою кола, на якій вимірюється споживана потужність, а інші два підключаються паралельно до неї.

Варметри конструктивно не відрізняються від ватметрів, різниця полягає лише у схемі кіл напруги. Якщо у ватметрі у колі напруги намагаються повністю компенсувати індуктивність котушок-рамок, то у варметрі у цьому колі намагаються створити, за рахунок додаткових індуктивностей, зсув фази на 90° .

Визначення параметрів струму підведеного до двигуна. Для визначення потужності підведеної до двигуна пропонується використовувати аналізатор мережі. Він показуватиме активну, реактивну та повну потужності а також такі параметри мережі як сила струму та напруга. Завдяки цим даним можна порахувати коефіцієнт потужності двигуна та порівняти отриманні данні з номінальними характеристиками або іншим двигуном. Для цього використовується наступна формула

$$\cos f = \frac{P}{U \cdot I}, \quad (1.10)$$

При порівнянні декількох двигунів перевага надається тому у якого коефіцієнт потужності виявиться більшим і буде якомога ближче до 1.

Визначення параметрів температури. Пропонується використовувати температурний датчик який буде монтуватися як найближче до обмотки статора та передаватиме данні про температуру в реальному часі.

На цей параметр впливає багато факторів такі як : навколишнє середовище , аварійні режими роботи , кількість запусків та час охолодження двигуна , навантаження. Перевагу слід надавати тим двигунам які будуть на протязі усього циклу роботи матимуть найнижчу температуру. Перегрів

двигуна ні в якому разі недопустимий у зв'язку із значним скороченням його терміну експлуатації.

Для визначення коефіцієнта потужності та навантаження. Для визначення коефіцієнта потужності та навантаження потрібно дізнатися або корисну потужність яку видає двигун , або навантаження на валу.

Пропонується кілька підходів для отримання даних які нас цікавлять

Вимір сировини. Для отримання корисної потужності на специфічних виробництвах та лініях пропонується визначати кількість сировини чи продукції яку переміщує двигун.

Для прикладу можна взяти підйомний механізм як ліфт чи лебідка які переміщують вантаж до гори та вниз. Встановивши ваги та знаючи висоту переміщення і час за який виконалась робота можна порахувати корисну потужність. У цьому варіанті слід враховувати різні проміжні механізми як от редуктора чи блоки, для врахування їх ККД. Для інших виробництв та механізмів таких як стрічковий конвеєр чи насос для качання води пропонується використовувати стрічкові ваги чи датчик кількості рідини. Такі варіанти вважаються найбільш оптимальними оскільки забезпечують найбільшу точність та показують реальну корисну потужність яка йде на виконання роботи. До недоліків можна віднести те що потрібно враховувати проміжні механізми у яких відбуваються втрати на тертя чи інше. Такі втрати призводять до того що рахується не ККД двигуна а ККД двигуна плюс механізм, що може не до кінця об'єктивно показувати ефективність робочої машини.

Переваги:

1. Визначається ККД усієї системи
2. Простота виміру
3. Дешевизна
4. Достатньо висока точність виміру

Недоліки

1. Використання лише в специфічних механізмах
2. Потрібно враховувати проміжні ланки від двигуна до механізму

Використання тензодатчика. Існує система безконтактного виміру моменту на валу яка базується на принципі пружної деформації валу під дією сил спричинених навантаженням на валу. Для цього використовується тензомер що передаватиме данні за допомогою технології Bluetooth. Завдяки цьому може бути зменшена вартість таких пристроїв. Для збору цифрових даних використовується 24-бітний аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який вбудований в мікросхему NX711. Ця мікросхема включає в себе програмований підсилювач і сігма-дельта АЦП і спеціально призначена для використання з тензодатчиками. Вона також включає регулятор напруги для живлення тензодатчиків і два диференційних канали для одночасного підключення двох датчиків (або другий канал можна використовувати для моніторингу напруги живлення батареї).

Висновок: В даному пункті ми розглянули загальні відомості про енергетичні параметри, класифікацію та методи вимірювання електричної машини змінного струму, та основні методи визначення ефективності електричних приводів змінного струму.

2 НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ

Запропоновано теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан об'єкта, який створюється з використанням основних інформаційних законів та інформаційної інтерпретації фізичних законів. Метою зв'язку діагностичної інформації з інформаційною ентропією є визначення діагностичної цінності обстеження технічного стану мобільних сільськогосподарських машин. Обґрунтовано вибір критеріїв інформативності на основі такого підходу.

Важливим пріоритетним напрямком удосконалення структури та логічної організації оперативно-технологічної діагностики технічного стану мобільних агрегатів сільськогосподарських машин (МШТ), спрямованого на ефективність раннього виявлення їх відмов, стратегії технічного обслуговування та ремонту (ТОР), є інформаційне забезпечення діагностичного моніторингу. При цьому безпека та ефективність використання МШТ значною мірою визначаються експлуатаційною надійністю, визначеною в їх конструкції та методах виробництва та методами і засобами діагностики технічного стану та якістю отриманої інформації по показникам безвідмовності, довговічності та збережаності [12].

Під час роботи газотурбінних агрегатів (МСТТ) їх технічний стан постійно змінюється внаслідок фізичних процесів та підпорядкований інформаційним законам під час ряду операцій. Згідно із другим законом термодинаміки, упорядковані системи, до яких відносяться технічні установки, тенденційно руйнуються протягом експлуатації, втрачаючи впорядкованість, вбудовану в них під час виготовлення. Ця тенденція проявляється при взаємодії різних факторів, які призводять до дезорганізації і які не можна передбачити при проектуванні і виготовленні. Внаслідок цього

процеси зміни технічного стану МСГТ є непередбачуваними та випадковими, а їх наслідки - неочікуваними [13].

У зв'язку з цим іноді виникають ситуації непідтвердженого вилучення деталей і агрегатів з експлуатації, або, що ще більше негативно, пропуску дефектів через невірно поставлений діагноз, які, як правило, пов'язані з помилками у зборі та обробці діагностичної інформації. Крім того, не визначено оптимальний вибір і інформаційний потенціал контрольованих параметрів, які містять важливу інформацію про стан технічного об'єкта. Під інформаційним потенціалом маємо на увазі невикористану можливість інформаційної значущості як контрольованих параметрів, так і діагностичного моніторингу, системно-орієнтованого підходу до інформаційного забезпечення стану агрегатів і МСГТ в цілому та прогнозування їхнього ресурсу.

В роботах В.М. Волькенштейна [14] та П.П. Пархоменка [15] розглянуті аспекти сутності інформаційних потоків, але не було розглянуто конкретних прикладних завдань та тлумачення теоретико-фізичного підходу до інформаційного забезпечення стану технічного об'єкту при діагностуванні. Деякі теоретичні основи інформаційного забезпечення процесів діагностування технічних об'єктів, зокрема літальних апаратів і авіадвигунів, розкриті в роботі О.Ф. Машошина [16]. У цій роботі враховано ймовірнісне тлумачення отриманої діагностичної інформації та використано концепцію ентропії К. Шенона [17].

Академік В.А. Котельников, вивчаючи квантування електричних сигналів, сформулював "теорему відліку", що стало основою теорії інформації, інформаційної надійності та кількісного підходу до інформаційних процесів. Зв'язок між інформаційною надійністю і ентропією з використанням теорії чутливості (сенсетивів) висвітлений в роботах професора А.Г. Кузьменка. Важливим елементом, зауваженим професором А.Г. Кузьменком, у розв'язанні завдань діагностичного моніторингу є оцінювання інформаційної ентропії

надійності стану технічного об'єкту, для чого використовується теорія чутливості (сенсетивів).

А.Л. Аліфанов, розробляючи метод прогнозування працездатності транспортних засобів, використовує попередньо отриману інформацію про технічний стан їх агрегатів [13] для призначення термінів технічного обслуговування і ремонту (ТОР). Тому важливо навіть на ранніх етапах експлуатації МСГТ використовувати сучасні підходи до діагностики та стратегії проведення ТОР, включаючи підвищення достовірності діагнозу агрегатів і МСГТ в цілому за допомогою оптимального вибору методів діагностики з урахуванням інформаційного потенціалу контрольованих параметрів.

Теоретико-фізичний підхід до діагностики інформації щодо технічного стану об'єкта складається з двох частин: теоретичної та фізичної. Аналіз теоретичного підходу до інформації свідчить про те, що математичне відображення її обсягу, запропоноване Р. Хартлі та узагальнене К. Шеноном, аналогічне відомій формулі Л. Больцмана для фізичної ентропії системи. Це призводить до розгляду процесів, які визначають стан технічного об'єкта, накопичену інформацію та її взаємозв'язок з показниками надійності з фізичного погляду.

Врахування ідей таких фізиків, як П. Лаплас, Р. Майєр, Д. Джоуль, Г. Гельмгольц, С. Карно, Р. Клаузіус, Дж. Томпсон, Дж. Гіббс, Л. Больцман, Дж. Максвелл, Л. Сциллард та інших, разом із теоретично-інформаційними дослідженнями, приводить до переосмислення фізичного підходу (в рамках термодинаміки і статистичної фізики) [14], які в теорії інформації розширюються до рівня загальносистемних моделей. Л. Бриллюєн, базуючись на принципі негентропії, обґрунтовує зв'язок між кількістю інформації та фізичною ентропією, що визначає можливість розробки статистичної термодинаміки в рівноважному та нерівноважному станах за допомогою теорії інформації. Також він визначає побудову термодинамічної теорії

інформаційних процесів, в якій враховані зв'язки між інформаційними та фізичними (енергетичними) характеристиками.

Електропривід є ланкою, яка з'єднує систему електропостачання з технологічними установками, і в певному відношенні відіграє роль регулятора цих зв'язків.

Сучасний автоматизований електропривід є складною функціонально-взаємозалежною системою, яка складається з елементів, утворюючи конструктивну єдність електромеханічного перетворювача енергії (двигуна) і електричного перетворювача. Ці елементи утворюють енергетичний (силовий) канал, а також пристрої керування перетвореною енергією та інформаційно-вимірювальні пристрої. Електропривід забезпечує перетворення електричної енергії в механічну відповідно до алгоритму роботи технологічної установки.

В першу чергу, це включає в себе обсяг необхідної інформації, яку слід отримати шляхом спостережень за об'єктом, що безпосередньо впливає на точність визначення параметрів стану об'єкта і визначає точність і вірогідність оцінки прогнозу його майбутнього стану. Додатково, зважаючи на те, що обсяг вимірювальної інформації також визначає швидкість її обробки, а це вимагає певних обчислювальних потужностей, доцільно розглядати обґрунтування мінімально необхідної кількості діагностичних показників, які обчислювались би на основі ефективних, зі статистичної точки зору, оцінок параметрів стану електричного двигуна системи електроприводу.

У джерелі [12] викладено класифікацію існуючих методів діагностики автоматичних пристроїв (АД) та проведено їх порівняльний аналіз. Автори вказують на значущі недоліки існуючих методів, зокрема на складність діагностичних процедур, які часто вимагають демонтажу електричних машин (ЕМ), та на неповноту параметрів, які визначаються. Вони також підкреслюють необхідність розробки нових методів діагностики та автоматизації випробувань за допомогою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). Ця автоматизація не обмежується лише математичною обробкою

емпіричних даних, але також включає управління ходом випробувань, підтримку робочого режиму випробувального комплексу, контроль датчиків та інтерпретацію даних відповідно до різних методів діагностики. ЕОМ також повинні забезпечувати виведення результатів випробувань та висновків про працездатність діагностикованої машини.

У джерелі [13] представлена детальна класифікація і порівняльний аналіз методів діагностики системного диску. Автори вказують на відсутність методу, який відповідав би вимогам як випробувального процесу, так і практичних задач сучасних електроприводів. Більшість відомих методів випробувань виявляються нетехнологічними і дозволяють визначити лише частину електромагнітних параметрів системного диску. Також варто зазначити, що часто визначаються не самі параметри схеми заміщення, а їхні похідні величини (синхронні, перехідні, надперехідні параметри). Згадане в джерелі [14] випробувальне обладнання дозволяє здійснювати додаткові дослідження без будь-яких переключень і змін структури обладнання. Також наголошується на перспективності та широких можливостях використання вентильних схем і полігармонічних тестових сигналів для розробки методів ідентифікації електромагнітних параметрів та діагностики стану електричних машин, які легко автоматизуються та відтворюються.

Дослідження А.Н. Колмогорова та М.М. Бонгарда в галузі теорії інформації свідчать про потенційні можливості використання технічних систем як об'єктів діагностики різними методами. Однак при цьому важливо визнати, що інформаційний обмін визначається як ключова характеристика поведінки будь-якого технічного об'єкта, включаючи механічні системи газотурбінних установок (МСТ). Таким чином, діагностику агрегатів та МСТ в цілому можна здійснювати на основі теорії інформації, використовуючи її для забезпечення процесів визначення їх станів.

Важливо враховувати теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації технічного стану об'єкта, враховуючи при цьому закони, які визначають інформаційну сторону взаємодії. Графічно це може бути

представлено у вигляді схеми взаємодії (рисунок 2.1). Важливим аспектом є трактування інформаційної сутності фізичних законів і понять, що може слугувати основою для вивчення та аналізу стану технічних об'єктів

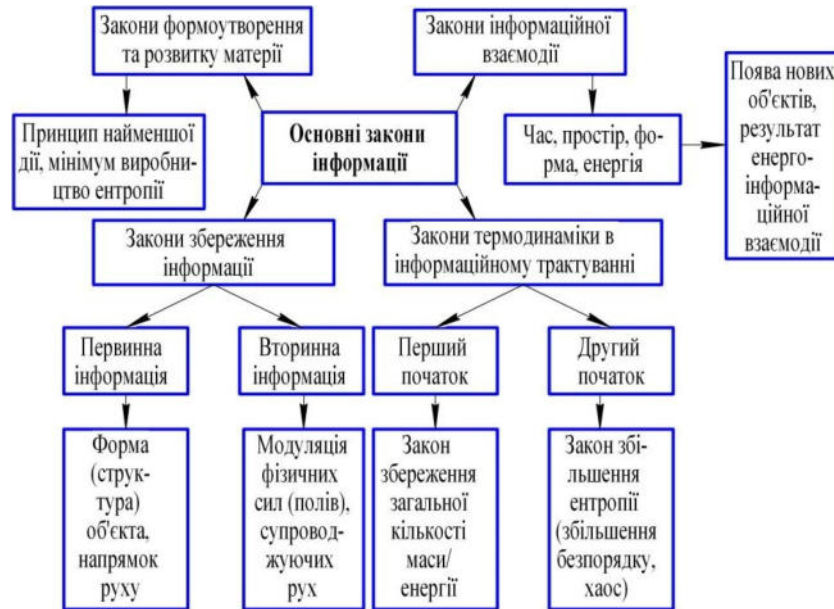


Рисунок 2.1 – Структура теоретико-фізичного підходу до трактування інформації, її законів та їх сутностей.

Відповідно до наведеного підходу, інформація зберігає своє значення в незмінному вигляді, поки залишається на незмінному носії. Це визначає сутність закону збереження інформації як прояву однієї з її ключових властивостей: незалежність від часу. Інформація, яка є нематеріальною стороною об'єкта, не може існувати самотійно, вона поділяється на первинну і вторинну інформацію відповідно до шкали часу. При цьому вторинна інформація, зазвичай, збільшується з тривалістю функціонування об'єкту, але сумарна інформація залишається незмінною.

У контексті інформаційної взаємодії, спрямованість змін процесів і станів технічних об'єктів має на меті мінімізацію дисипації енергії. Згідно з теоремою І. Пригожина, стаціонарний стан відповідає мінімуму виробництва ентропії, і принцип мінімуму дисипації енергії є універсальним законом інформаційної взаємодії.

У теоретико-фізичному підході досліджень інформаційних процесів виділяють методи визначення цінної інформації, яка сприяє досягненню мети, щодо працездатного стану механічних систем газотурбінних установок (МСГТ). Якщо ймовірність досягнення мети велика, то цінність інформації визначається за критерієм мінімізації витрат на її отримання. У випадках, коли досягнення мети малоімовірне, мірою цінності інформації може слугувати функція, що визначається відношенням ймовірності досягнення мети після отримання інформації.

Інформація, яку отримує система діагностики (означена як D) про технічний об'єкт (позначений як S), вказує на його стан. Якщо основною метою діагностики є отримання інформації про можливий час відмови технічного об'єкту, то отриманий інформаційний критерій може бути узагальненим показником його залишкової працездатності. При цьому важливо обрати найбільш суттєві діагностичні параметри, що може бути здійснено за допомогою інформаційних оцінок в загальній схемі реалізації інформаційного моніторингу стану агрегатів і механічних систем газотурбінних установок (МСГТ) в цілому.

У розгляді є дві залежні системи: технічний стан об'єкту і системи діагностичних ознак. Проста діагностична ознака, яка є результатом обстеження, може бути представлена одним з двох символів або двійковим числом (наприклад, 1 і 0; "так" і "ні"; "+" і "-" і т.д.). З точки зору теорії інформації, просту ознаку результату стеження за станом технічного об'єкта можна розглядати як систему, що має один із двох можливих станів.

Для діагностики область можливих значень вимірюваного параметра часто розбивається на інтервали, і характерною при цьому є наявність параметра в цьому інтервалі. Результат кількісного обстеження може бути розглядатися як ознака, що приймає декілька можливих станів. Результат обстеження може бути складною ознакою розряду m , якщо він відображений одним з m символів. Однорозрядна ознака ($m=1$) має тільки один можливий

стан і не несе діагностичної інформації, тому може бути виключена з розгляду. Дворозрядна ознака ($m=2$) має два можливі стани.

Вибір критеріїв інформативності стану об'єкта є важливим етапом для прогнозування технічного стану агрегатів. Згідно з розглянутими принципами теоретико-фізичного підходу до діагностичної інформації, ентропія, що визначає фундаментальну властивість невизначеності в складних системах (технічних об'єктах), може бути використана у різних видах (термодинамічна, статистична та інформаційна) при оцінці їхнього стану (рис. 2.2)

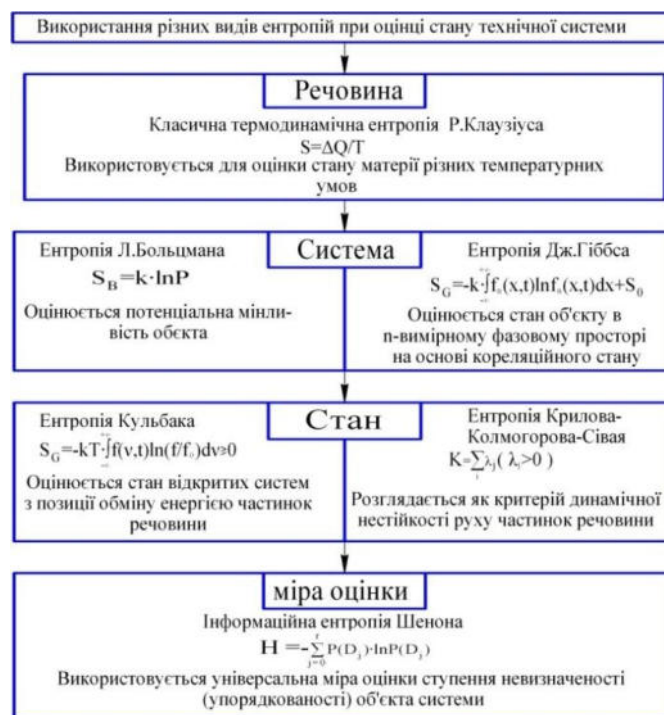


Рисунок 2.2 – Вплив різних видів ентропії на оцінку станів технічної системи

При розгляді статистичних і динамічних процесів з інформаційної точки зору використовується функціональний і поведінковий опис відкритої технічної системи, яка взаємодіє з зовнішнім середовищем. Функціональний підхід дозволяє вивчити внутрішню структуру системи і з'ясувати, які функції виконують її різні підсистеми. Поведінковий підхід, з іншого боку, досліджує способи взаємодії системи з зовнішнім середовищем і закономірності її реакцій на зовнішні впливи.

Розвиток теорії інформації пов'язаний з уявленням різних систем як орієнтованих графів або блок-схем, які складаються з елементів, з'єднаних стійкими зв'язками. Термодинамічну інформацію розглядають як "наповнювач" цих блок-елементів. Інформацію розглядають як універсальну міру складності і гетерогенності будь-яких технічних систем, а аналіз кодів, каналів зв'язку і шумів розглядають як компоненти теоретико-фізичного підходу, який є загальною науковою методологією для діагностичного моніторингу технічного стану.

Для оцінки інформативності конкретних діагностичних ознак важливо вибрати інформаційний критерій, враховуючи зміну інформаційної ентропії даного технічного об'єкта (рис. 2.3)

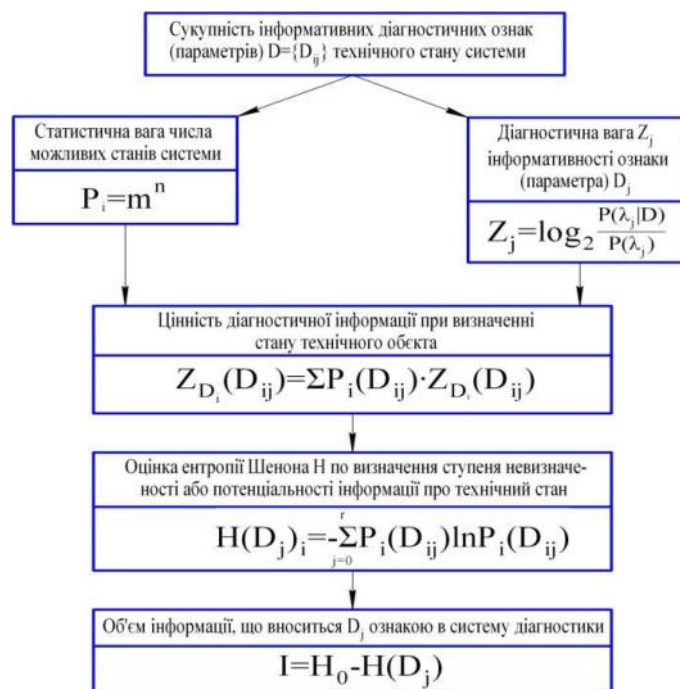


Рисунок 2.3 - Алгоритм вибору критеріїв інформативності про стан технічного об'єкта.

Фактори, що впливають на енергоефективність та технічний стан електромеханічних систем з асинхронними двигунами, характеризуються наступними особливостями експлуатації: технічний стан та надійність в їхній роботі суттєво впливають на рівень виробничих ризиків, такі як простой

обладнання та інші неполадки; використання асинхронних двигунів не в номінальних режимах; високий рівень фізичної зношеності у межах 60-90% та неефективність технологічного обладнання; велика ймовірність пошкоджень, і підтримання працездатності досягається через систематичні ремонти; витрати на технічне обслуговування та ремонт становлять суттєву частину загальних витрат; велика вартість нового обладнання та тривалі терміни пуско-налагоджувальних робіт; завищена встановлена потужність двигунів. Всі ці умови призводять до зниження ефективності електромеханічного перетворення енергії та коефіцієнта корисної дії (ККД).

Досвід використання промислових установок свідчить про те, що ефективність використання електромеханічних систем з асинхронними двигунами залежить від різноманітних чинників, які можна умовно розділити на чотири групи: конструктивні, виробничі, монтажні та експлуатаційні. Серед них особливий вплив мають такі аспекти, як якість живлення, режим навантаження, умови експлуатації, якість виготовлення, технічного обслуговування і ремонтів, а також відповідність застосування двигуна його функціональним вимогам. Відхилення цих факторів від допустимих або номінальних значень призводять до погіршення енергетичних показників, а також впливають на технічний і тепловий стан автоматизованих електроприводів, зменшуючи їх робочий ресурс.

Проблема ефективності та надійності експлуатації електромеханічних систем є системною і вимагає комплексного підходу, включаючи застосування методів моніторингу і функціонального діагностування. Енергоефективність електромеханічних систем напряму пов'язана з їх технічним станом. Дефекти в роботі механізмів, такі як в насосних установках, та порушення технологічних режимів (наприклад, заклинювання підшипників чи руйнування напірних трубопроводів), призводять до зміни навантаження на систему. З іншого боку, несправність двигуна може бути прихованою і виявитися задовго до досягнення ним нормативного ресурсу. Наприклад, нерівномірність повітряного зазору в автоматизованому електроприводі може

призводити до виникнення гармонічних полів, що підвищує втрати в сталі та міді.

У ситуаціях, коли відбувається погіршення якості живлення, а також при наявності технічних проблем, ККД і коефіцієнт потужності двигуна в електромеханічних системах знижуються. Таким чином, ефективність використання енергії, виражена показниками енергоефективності, такими як ККД та коефіцієнт потужності, може слугувати орієнтиром для оцінки як енергетичного, так і технічного стану електромеханічних систем в цілому. Зазначено, що багато публікацій присвячено лише аналізу аспектів енергоефективності та надійності окремо, існуючи ризик пропуску діагностики технічного стану автоматизованих електроприводів. Важливо враховувати, що працездатний електропривід може приховано виявити себе як несправний, і це може відбутися задовго до досягнення ним призначеного ресурсу. Наприклад, нерівномірність повітряного зазору в електроприводі, спричинена деформацією сталі, вигином валу або відхиленням підшипникових щитів, може породжувати гармонічні поля, що збільшує втрати в сталі та електричні втрати в міді, що в свою чергу знижує ККД та \cos .

Отже, при наявності певних технічних пошкоджень, які не призводять до виходу двигуна з ладу, показники його енерговикористання та енергоспоживання можуть бути низькими. Тому параметри енергоефективності, такі як ККД та \cos , можуть виступати індикаторами технічного стану автоматизованого електроприводу, оскільки двигун із технічними проблемами працює з низькими значеннями енергоефективності. З свого боку, показник технічного стану, такий як відносна зношеність, може відображати ефективність процесу перетворення енергії.

Внаслідок впливу різних чинників, таких як робота автоматизованого електроприводу при недостатньому навантаженні, недостатнє технічне обслуговування, неефективне керування технологічним процесом та випадкові фактори, фактичне споживання енергії завжди відрізняється від нормативного. Моніторинг та оцінка цих відхилень між ідеальним та реальним

споживанням енергії становлять основну задачу діагностики енергоефективності автоматизованого електроприводу. Сам по собі контроль не забезпечить економію енергії, але допоможе визначити, де і коли слід вжити заходів для усунення неефективного використання енергії.

На практиці фактичний період безвідмовної роботи автоматизованого електроприводу (АЕП) складає до 50% встановленого виробником часу. Ефективність продовження терміну служби АЕП в значній мірі залежить від результативності завдань діагностування. Планування ремонтів АЕП можливе лише на основі аналізу даних поточного стану. Згідно з ГОСТ 20911-89, завданнями технічного діагностування є контроль технічного стану, виявлення місця та визначення причин відмови, прогнозування технічного стану. Однією з мет прогнозування технічного стану є визначення залишкового ресурсу обладнання. Такий прогноз можливий лише через аналіз стану обладнання. Також до завдань системи технічного діагностування можна віднести визначення шляхів та засобів для подовження чи відновлення працездатності. Головна мета діагностичного контролю полягає в максимальному використанні ресурсу обладнання та у попередженні аварійних відмов.

Висновок: В даному пункті було описано основні аспекти науковості даної роботи за якими можна вважати дану роботу науково достовірною.

3 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. АЛГОРИТМ РОБОТИ СТЕНДУ

3.1 Функціональна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

Функціональна схема призначена для того щоб продемонструвати певні процеси які проводяться в певних частинах використовуваного приладу. На рисунку 3.1 було продемонстровано функціональну схему даного лабораторного стенду для вимірювання параметрів електричної машини змінного струму

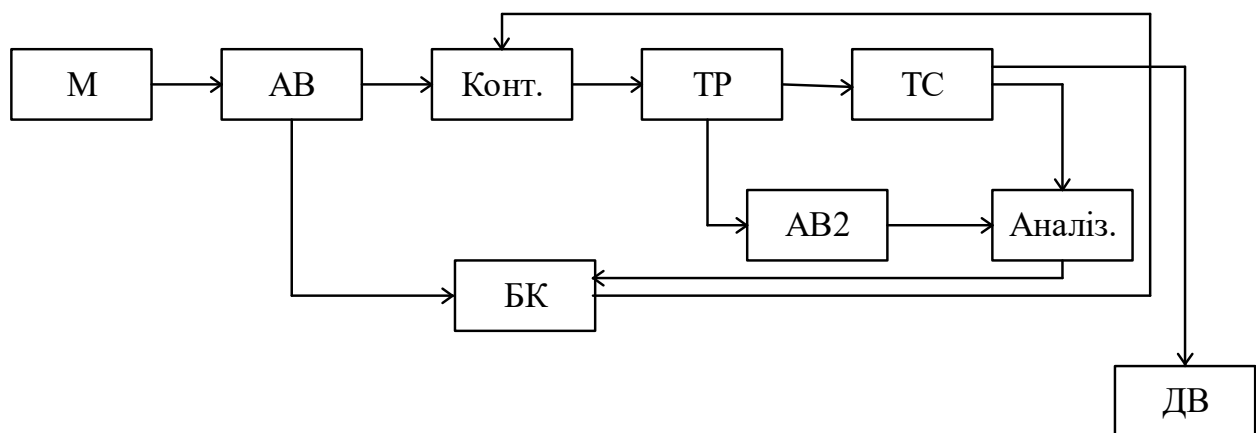


Рисунок 3.1 - Функціональна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

де М – механізм;

АВ – автоматичний вимикач;

Конт. – контактор;

ТР – теплове реле;

ТС – трансформатор;

АВ2 – автоматичний вимикач (2);

Аналіз – аналізатор параметрів мережі;

БК – блок керування;

ДВ – двигун.

3.2 Алгоритм роботи стенда

Після перегляду функціональної схеми лабораторного стенду (рисунок 3.1) ми можемо розробити його алгоритм роботи (рисунок 3.2).

Початком роботи даного стенду є подача сигналу з механізму на перший автоматичний вимикач. Далі сигнал подається на контактор та блок керування. Вже після того як ми активували сигнал з блоку керування подався на контактор. Наступним кроком є перехід сигналу з контактора на теплове реле. А з теплового реле сигнал переходить на трансформатори струму і на другий автоматичний вимикач. В свою чергу далі сигнал переходить з автоматичного вимикача та трансформатора струму на аналізатор параметрів. І нарешті з трансформатора струму на двигун.

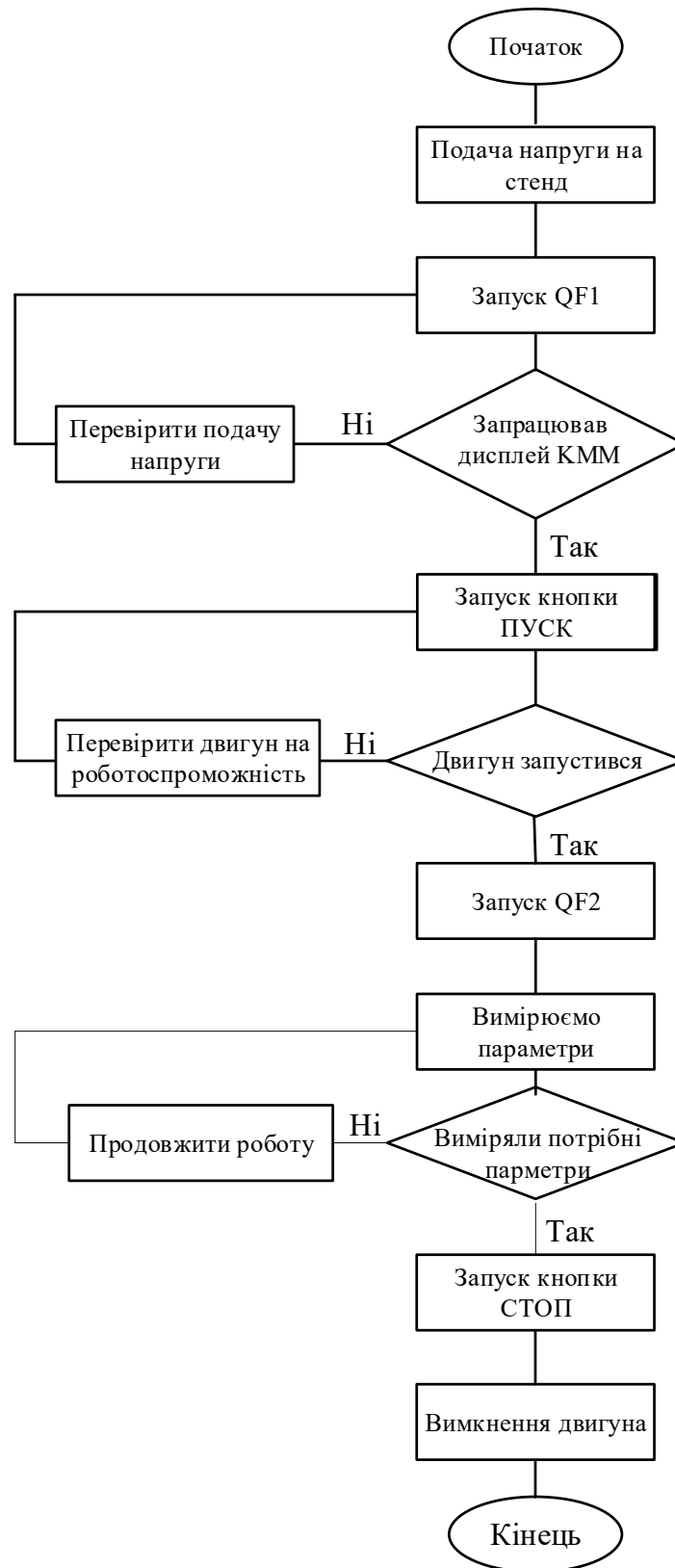


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи лабораторного стенда

Як ми могли побачити даний лабораторний має сильний захист за рахунок двох автоматичних вимикачів, контактора та теплового реле що робить можливим використовувати його в навчальних цілях, так як сильний захист дає змогу зменшити кількість виникнення можливих аварійних ситуацій.

Також завдяки контактору в нашій стенді ми можемо запускати та вимикати двигун навіть на іншому лабораторному стенді, що дає змогу після подачі на стенди напруги користуватися тільки одним стендом роблячи процес вимірювань більш комфортним, та при виникненні непередбачуваних ситуацій дана можливість теж зіграє важливу роль, адже швидка протидія таким ситуаціям і дає змогу використання в навчальному процесі де виникнення ситуацій з можливим поганим результатом більший.

Висновок: Так підвівши висновки в даному пункті ми розробили функціональну схему лабораторного стенда для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму також описали алгоритм роботи в якому було передано основні особливості процесу та шлях проходження сигналу даного стенда.

4 СТРУКТУРНА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ

4.1 Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

Структурна схема призначена для відображення основної структури пристрою в якій точно показані зв'язки елементної бази використовуваного приладу. На рисунку 4.1 продемонстровано структурну схему даного лабораторного стенду для вимірювання параметрів електричної машини змінного струму

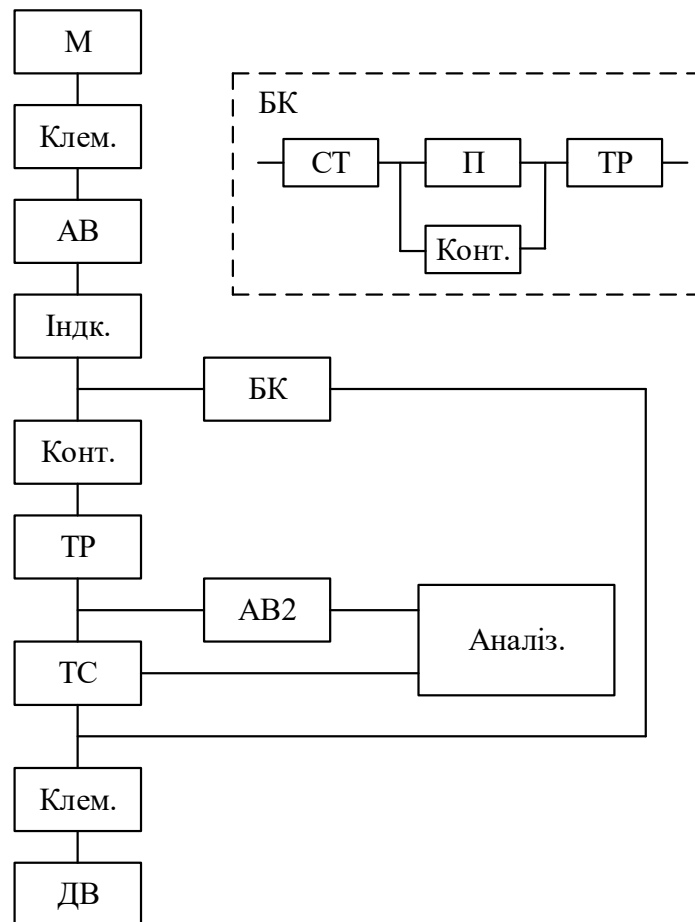


Рисунок 4.1 - Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

де М – механізм;

АВ – автоматичний вимикач;

Клем. – клемник;

Індк. – індикатор;

Конт. – контактор;

ТР – теплове реле;

ТС – трансформатор;

АВ2 – автоматичний вимикач (2);

Аналіз – аналізатор параметрів мережі;

БК – блок керування;

ДВ – двигун.

4.2 Вибір елементної бази

Для даного лабораторного стенду основною функцією якого є вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму була використана така елементна база.

Основним обчислювальним приладом було вирішено використовувати аналізатор параметрів мережі TPM-01ESH (рисунок 4.2)



Рисунок 4.2 – Аналізатор параметрів мережі TPM-01ESH

Короткий перелік можливостей даного аналізатора електромережі:

- Вимірювання до 31-ої гармоніки струму і напруги;
- RS485, Modbus RTU;
- 3Р4W під'єднання;
- 71,5x61,5 мм LCD;
- екран показує активну потужність по кожній фазі (P1, P2, P3, PΣ);
- показує реактивну потужність по кожній фазі (Q1, Q2, Q3, QΣ);
- показує повну потужність і cos φ по кожній фазі (S1, S2, S3, SΣ);
- показує реактивну складову показує мінімальне, максимальне і середнє значення напруги (L-N і L-L);
- показує ємнісні і індуктивні складові реактивної енергії(ΣкВАрч);
- запис подій (максимальні / мінімальні / середні значення напруги / сили струму);
- захист даних паролем 2 налаштованих виходу / один вхід діапазон виміру напруги: 5В-330кВ діапазон виміру струму 10мА-5.500А.

Також було використано автоматичні вимикачі: Автоматичний вимикач 3Р 25А 6кА "С" (рисунок 4.3) призначений для здійснення оперативних комутацій, захисту низьковольтних електричних кіл від тривалих струмових перевантажень та надструмів короткого замикання, його технічні характеристики приведені в таблиці 4.1



Рисунок 4.3 – Автоматичний вимикач 3Р 25А 6кА "С"

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики автоматичного вимикача 3P 25A 6кА "С"

Переріз під'єднувальних проводів, мм ²	1...16 (багатожильний), 1...25 (монолітний)
Відповідність стандартам	ДСТУ EN 60898-1, ДСТУ EN 60947-2
Режим експлуатації	безперервний
Номінальний робочий струм I _e , А	25
Номінальна робоча напруга U _e , В	АС 400/415 В (50/60 Гц)
Кількість полюсів	3
Номінальна напруга ізоляції U _i , В	500
Номінальна імпульсна напруга U _{imp} , кВ	4
Характеристика відключення	С
Номінальна вимикаюча здатність I _{сн} , кА	6
Зносостійкість електрична, циклів:	10000
Зносостійкість механічна, циклів:	20000
Ступінь захисту	IP20
Температура експлуатації, °С	-25...+60

Та автоматичний вимикач 3P 2A 4,5кА "С" (рисунок 4.4) з технічними характеристиками приведеними в таблиці 4.2



Рисунок 4.4 – Автоматичний вимикач 3P 2A 4,5кА "С"

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики автоматичного вимикача 3P 2A 4,5кА "С"

Ступінь захисту IP	20
Тип монтажу	На DIN рейку
Часо-струмові характеристики	C
Кількість полюсів	3 шт.
Номінальна вимикаюча здатність (I _{cn})	4500 А
Номінальний струм	2 А
Клас струмообмеження	3
Номінальна робоча напруга [В]	380, 400
Полярність струму	АС, DC
Тип підключення	Гвинтове
Тип розчіплювача	Теплової/Електромагнітний
Тип управління	Тумблер

Далі було вибрано модульний контактор Etі RA 32-40 230В АС (рисунок 4.5) технічні характеристики приведені в таблиці 4.3



Рисунок 4.5 – Контактор Etі RA 32-40 230В АС

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики модульного контактора Etі RA 32-40 230В АС

Артикул	2464076
Виконання	Модульний
Номінальний струм	32А
Напруга живлення котушки управління	230В
Тип напруги	АС
Основні контакти	4НВ
Механічна зносостійкість	3 млн циклів
Діапазон робочих температур	від -25 до +55°С

Наступний елемент це теплове реле 17-25А серії РТІ (рисунок 4.6) представляє собою електричний комутаційний пристрій, який самостійно використовує енергію. Воно розроблено для захисту електродвигунів від різних аспектів, таких як перевантаження, асиметрія фаз, затягнутий пуск і заклинювання ротора. Для захисту від короткого замикання рекомендується використовувати запобіжники або автоматичні вимикачі з відповідним значенням номінального струму виклику. Відповідають вимогам ГОСТ Р 50030.2. Висока точність спрацьовування. Зручне регулювання. Характеристики подані в таблиці 4.4



Рисунок 4.6 – Теплове реле 17-25А серії РТІ

Таблиця 4.4 технічні характеристики теплового реле 17-25А РТІ

Регульований діапазон струму	17...25А
Тип монтажу	Безпосередній монтаж / одиначне розташування
Тип підключення силовий електричний ланцюга	Гвинтове з'єднання
Кількість допоміжних норм. замкнутих-НЗ конт	1
Кількість допоміжних норм. розімкнених-НО конт	1
Клас захисту	Класс 10
Струм запобіжника aM	25А
Струм запобіжника qG	50.0А
Номін робоча напруга	230; 400; 600В
Номін напруга ізоляції U_i	660В
Номін імпульсна напруга	6кВ
Робоча частота	0-400Гц
Момент затягування	2Нм
Додатковий конт - Момент затягування	1.2Нм
Додатковий конт - Захист від надструмів - запобіжник gG	5А
Додатковий конт - Струм термічної стійкості I_n	5А
Температура експлуатації	от -45 до +55°C

І завершає перелік елементів трансформатор струму (в кількості 3 шт.) вимірювальний тип S25B, клас точності 0,5, виробництво SIGMA (рисунок 4.7).

Кожен трансформатор струму, вироблений компанією SIGMA (Туреччина) проходить обов'язкове тестування після остаточного збирання. У результаті цього тестування роздруковує паспорт виробу, у якому вказується тип вимірювального трансформатора, його токова характеристика, клас точності, серійний номер, а також результати тестових вимірювань.

Конструкція вимірювального токового трансформатора від турецького заводу СІГМА передбачає можливість підведення проводини до вторинного обмотування з двох боків — це робить під'єднання трансформатора до вимірювальних мереж зручнішим.

Також у конструкції приладу передбачена прозора кришка з полікарбонату, яка не тільки захищає від торкання до струмових клем, але й робить можливим пломбування під'єднань. Характеристики трансформатора подані в таблиці 4.5



Рисунок 4.7 – Трансформатор струму вимірювальний тип S25B, клас точності 0,5, виробництво SIGMA

Таблиця 4.5 технічні характеристики трансформатор струму вимірювальний тип S25B, клас точності 0,5.

Напруга	3 кВ
Частота струму	50 Гц
Конструктивне виконання	Котушка
Ізоляція	Лита
Потужність навантаження	0.01 кВА
Принцип перетворення струму	Електромагнітний
Мін. та макс. робоча температура	-20/75 град
Первиний/вторинний струм	25/5

Висновок: В даному пункті ми розробили структурну схему лабораторного стенда для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму та вибрали елементну базу яка підходить для нас та за допомогою якої буде можливим досягнути потрібних для нас можливостей на які запланований наш лабораторний стенд.

5 ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ

Схема електрична принципова схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму (рисунок 5.1)

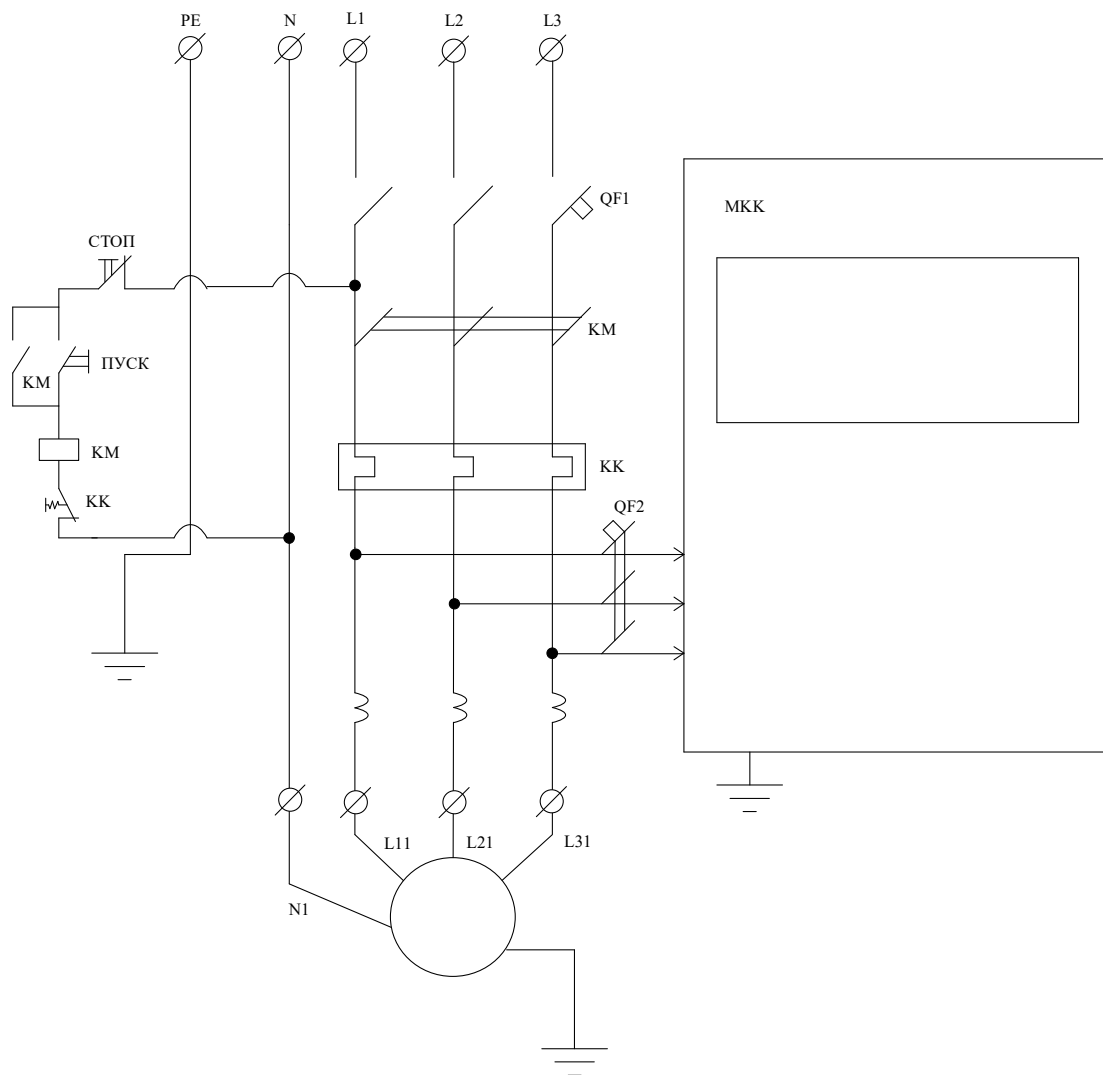


Рисунок 5.1 - Схема електрична принципова лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

де СТОП – кнопка для вимкнення двигуна;

ПУСК – кнопка для запуску двигуна;

МКК – аналізатор параметрів мережі;

КМ – контактор;

КК – теплове реле;

QF1 – перший автоматичний вимикач;

QF2 – другий автоматичний вимикач;

L1, L2, L3 – лінії живлення мережі;

L11, L21, L31 – лінії живлення двигуна

N – нульовий провід;

PE – нульовий провід з виводом на корпус.

Висновок: В даному пункті ми розробили електрично принципову схему лабораторного стенда для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму на якій ми розглянули розташування елементної бази .

6 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ. ДЕМОНСТРАЦІЯ РОБОТИ СТЕНДА

6.1 Практична реалізація лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

Коли ми розробили електрично принципову схему та вибрали елементну базу то можна приступити до реалізації лабораторного стенду.

Елементи лабораторного стенду були розташовані та закріплені в металевій коробці яка складається з двох частин, нижньої на яку і була закріплена вся елементна база (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Лабораторний стенд внутрішній вигляд

Та верхньої частини яка захищає елементи від зовнішніх чинників та втручання до схеми стенду (рисунок 6.2).



Рисунок 6.3 – Ручка та задня частина стенду

Основною особливістю даного лабораторного стенду являється використання аналізатора параметрів мережі (ТРМ-01ESH), який в свою чергу виділяється тим що вимірює дані нашої використовуваної машини змінного струму по всі лініях і в реальному часі (рисунок 6.4).

Завдяки чому всі отримані параметри можна водночас порівняти і переглянути чи немає ніяких відхилень по потрібним нам значенням.

Тим самим даний прилад можна використовувати не тільки в цілях визначення параметрів використовуваного приладу а перегляд на можливі поломки або ушкодження на лініях.



Рисунок 6.4 – Лабораторний стенд в роботі

Сам аналізатор має легкий інтерфейс де ми за допомогою стрілочок переключаємося між режимами та вимірюваними величинами.

6.2 Демонстрація роботи стенда

Нарешті розібравшись з конструкцією та склавши стенд ми можемо його протестувати в роботі.

Для демонстрації роботи ми вирішили використовувати двигуна змінного струму на якому ми і можемо побачити чи працює наш лабораторний стенд.

Першим кроком є підключення контактів живлення та нейтралі до нашого лабораторного стенду (рисунок 6.5).

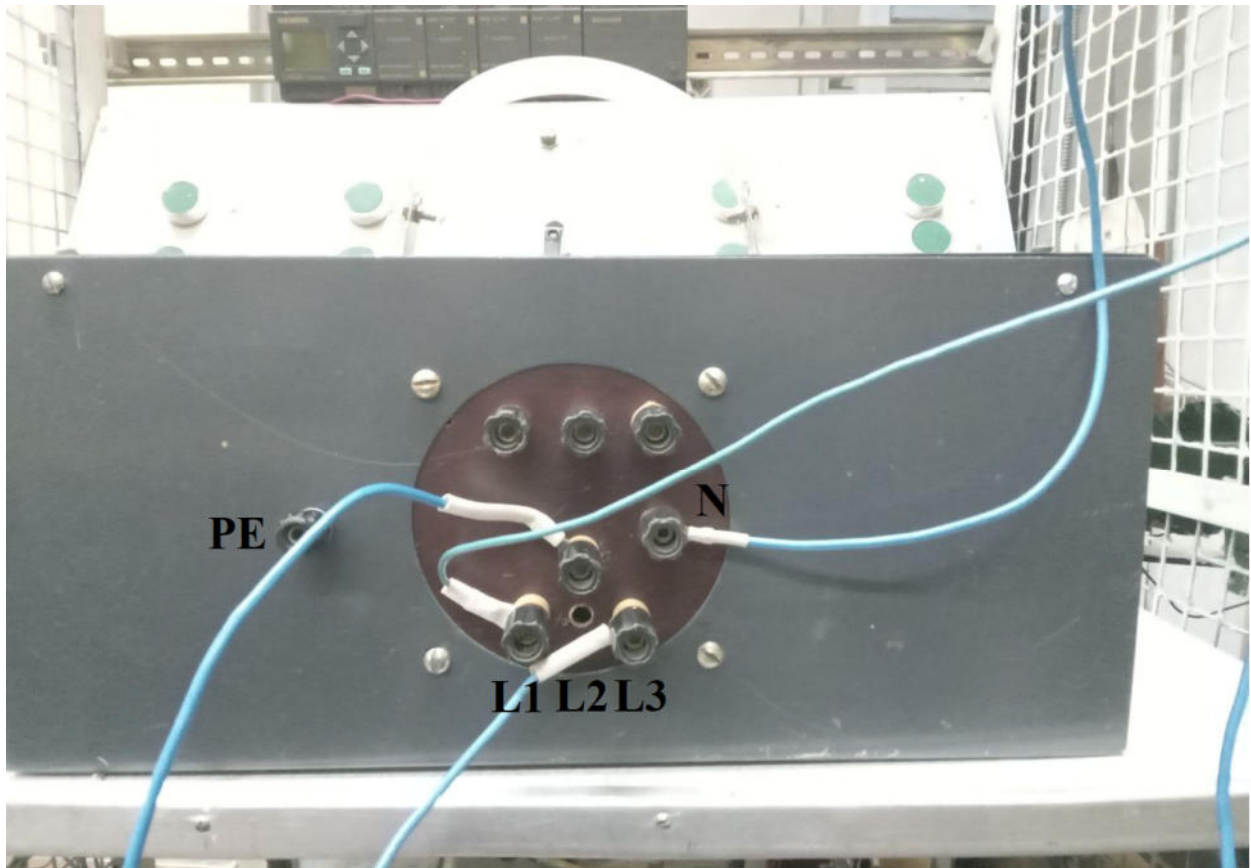


Рисунок 6.5 – Підключення контактів живлення мережі та нейтралі до лабораторного стенда

де L1, L2, L3 – лінії живлення мережі;

N – нульовий провід;

PE – нульовий провід з виводом на корпус.

Далі підключаємо контакти живлення двигуна (рисунок 6.6).

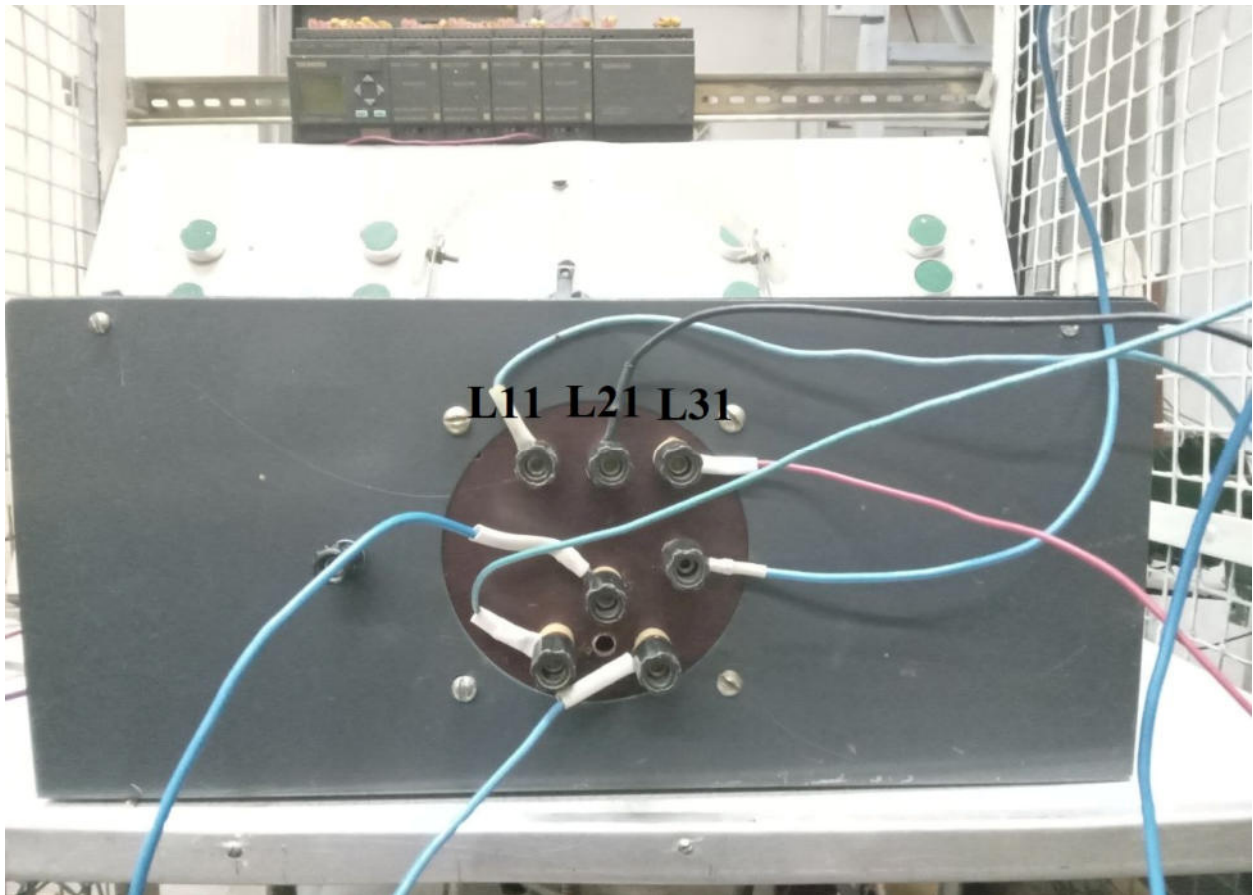


Рисунок 6.6 – Підключення контактів живлення двигуна
де L11, L21, L31 – лінії живлення двигуна.

Тепер після підключення контактів ми подаємо напругу, потім ми активуємо перший автоматичний вимикач QF1 щоб подати напругу на сам стенд.

Активувавши першого автоматичного вимикача QF1 ми розуміємо що на стенд була подана напруга, для цього слугує сам аналізатор параметрів мережі на якому після подачі напруги активується дисплей що свідчить про її присутність (рисунок 6.7), та одразу можна побачити що аналізатор уже почав демонструвати на дисплеї частоту.

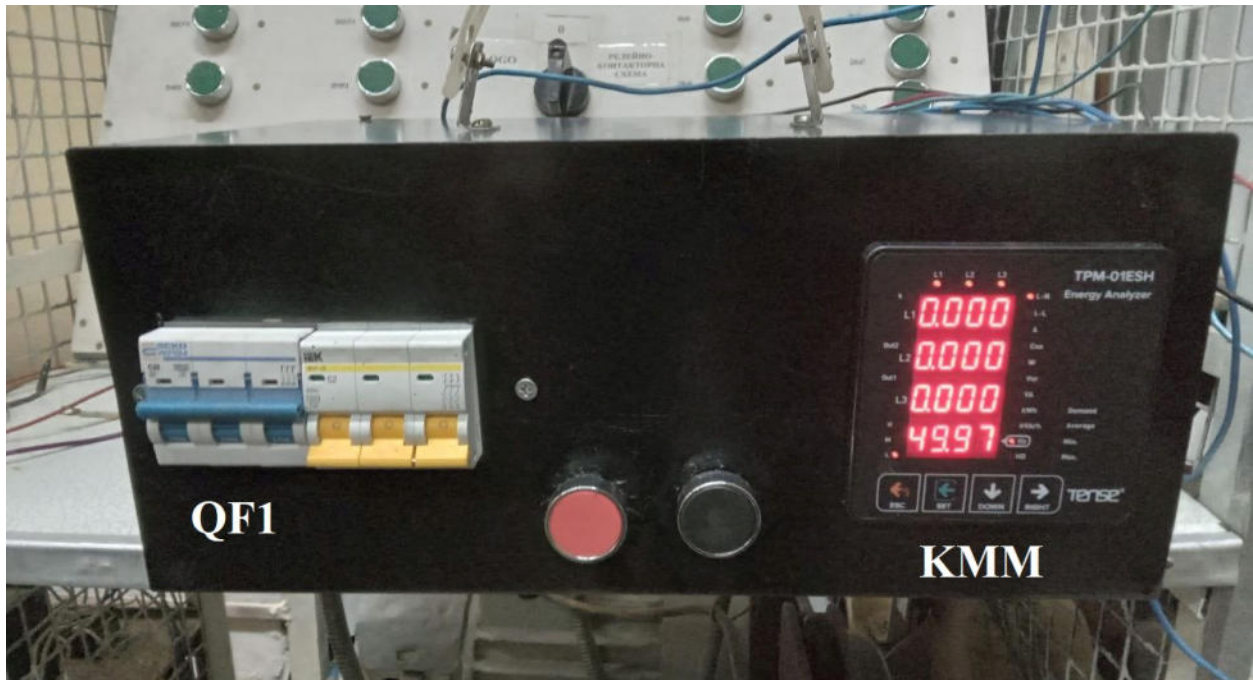


Рисунок 6.6 – Лабораторний стенд в момент ввімкнення першого автоматичного вимикача QF1

де QF1 – перший автоматичний вимкач;

KMM – аналізатор параметрів мережі.

Вже в даний момент наш лабораторний стенд працює та може використовуватися, для перевірки ми можемо запустити двигун і перевірити це ми можемо за допомогою кнопок ПУСК та СТОП (рисунок 6.7), таку можливість надає нам вбудований контактор в нашу схему.



Рисунок 6.7 – Кнопки ПУСК та СТОП для запуску та вимкнення двигуна

де ПУСК – кнопка для запуску двигуна;

СТОП – кнопка для вимкнення двигуна.

Далі згідно того що двигун запусився ми включаємо другий автоматичний вимикач QF2 (рисунок 6.8), який уже в свою чергу подасть сигнал на аналізатор параметрів мережі і після цього він розпочне вимірювати параметри даного двигуна.



Рисунок 6.8 – Початок роботи аналізатора параметрів мережі після запуску другого автоматичного вимикача QF2

де QF2 – другий автоматичний вимикач;

KMM – аналізатор параметрів мережі.

За допомогою запуску другого автоматичного вимикача ми можемо розпочати роботу з аналізатором параметрів мережі. Тож початковим параметром для вимірювань є напруга $L - L$ (позначка на аналізаторі) (рисунок 6.9).



Рисунок 6.9 – Демонстрація вимірювань напруги аналізатором параметрів

Далі для переходу на наступний параметр для вимірювань ми скористаємось стрілкою вниз на дисплеї аналізатора параметрів мережі (рисунок 6.10).



Рисунок 6.10 – Кнопка для переходу на наступний параметр для вимірювань

Як ви могли побачити що на дисплеї засвітився інший світлодіод з позначенням *A* за допомогою якого ми ми можемо почати вимірювати наступний параметр струм (рисунок 6.11)

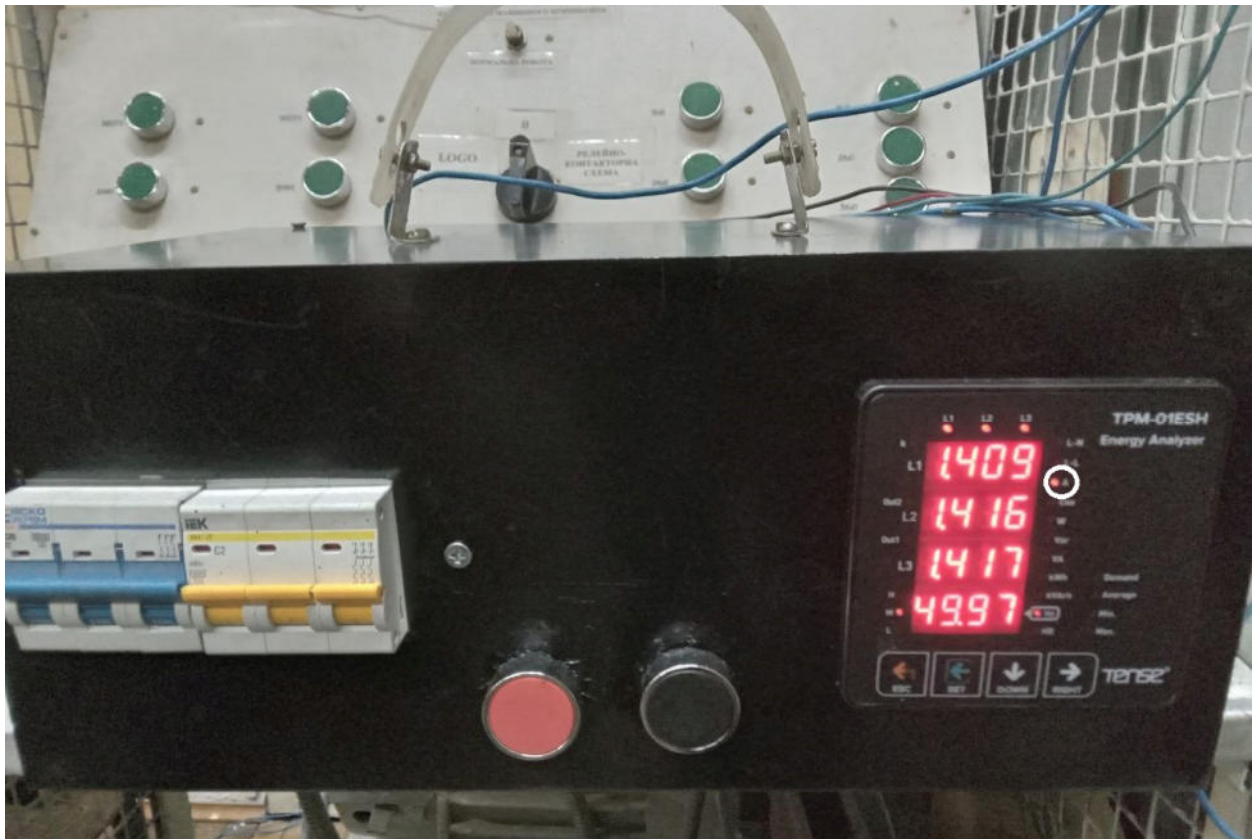


Рисунок 6.11 – Індикатор який повідомляє який в даний момент вимірюється параметр, та параметри струму даного двигуна

Далі вимірювальним параметром є активна потужність W , а даний параметр вимірювання вже демонструється на дисплеї по одній лінії, і для переходу на іншу лінію використовується наступна кнопка з стрілкою вправо (рисунок 6. 12).

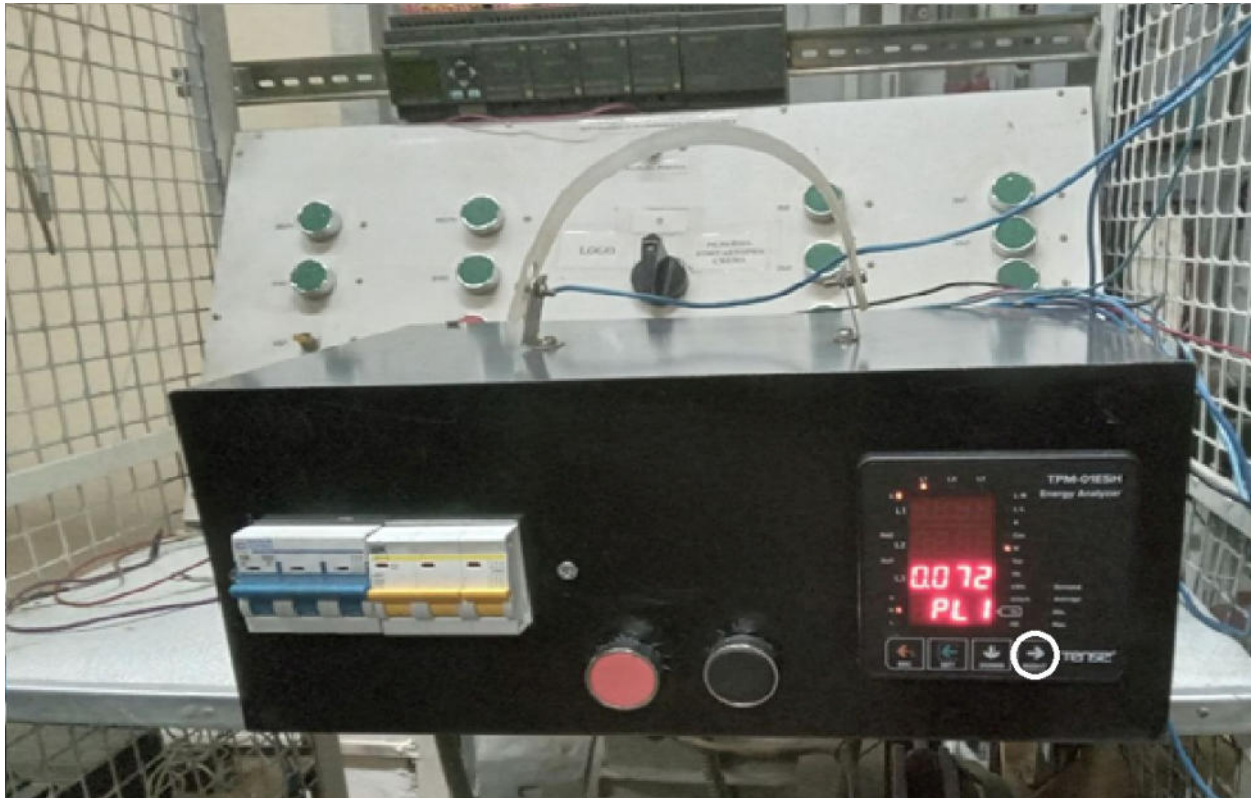


Рисунок 6.12 – Кнопка для переходу по лініях та виміри по пешій лінії
активної потужності

Також як можна було побачити що змінилась індикація на лініях та також змінились дані вимірювань на дисплеї аналізатора параметрів мережі (рисунок 6.13).



Рисунок 6.12 – Зміна лінії з першої на другу та демонстрація вимірних параметрів активної потужності другої лінії на дисплеї аналізатора

Наступний параметр для вимірювань є реактивна потужність, демонстрація вимірювань приведена на рисунку 6.13.



Рисунок 6.13 – Демонстрація вимірних параметрів реактивної потужності для другої лінії

Наступний параметр для вимірювань є повна потужність, демонстрація вимірювань приведена на рисунку 6.14.



Рисунок 6.14 – Демонстрація вимірних параметрів повної потужності для другої лінії

І останній параметр для вимірювань є $\cos\phi$ коефіцієнт потужності, демонстрація вимірювань приведена на рисунку 6.15.



Рисунок 6.14 – Демонстрація вимірних параметрів $\cos\phi$ коефіцієнту потужності

Висновок: Отже в даному пункті ми розглянули практичну реалізацію даного лабораторного стенда та провели демонстрацію роботи на прикладі вимірювань двигуна змінного струму.

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ

7.1 Технічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда

Основною задачею даного лабораторного стенда є його здатність забезпечити демонстрацію вимірних параметрів електричної машини змінного струму .

Для того щоб виконати це завдання .в даному стенді використовується аналізатор параметрів мережі. Важливою особливістю баних приладів є вимірювання параметрів в реальному часі.

Аналіз різних аналізаторів параметрів мережі придатних для застосування в лабораторному стенді показує, що аналізатор повинен бути не великих розмірів, легкий в використанні та найголовніше інформативний в даних. Наприклад, при використанні аналізатора ТРМ-01ESH перевагою є краща компактність, легкий та доступний в використанні і інтерфейс, проте аналізатор ТРМ-04SHDL відзначається підтримкою підключення 3Р3W та 3Р4W і більшої кількості даних інтерфейсу. Тому ми взяли уваги умови використання лабораторного стенда і в даному випадку нас цікавить більше компактність і інформативність, тому був вибраний саме аналізатора ТРМ-01ESH в який зручно встановлюється і в якого не перегружений інтерфейс не потрібними для нас даними.

Так як наш стенд зорієнтований на струм до 25А нам потрібні захисні елементи такі автоматичні викачачі, теплове реле та контактор. Також отрібно не забувати що у нас илад для розрахунку змінного струму тому на також будуть потрібні трансформатори струму.

Автоматичні вимикачі було вибрано по надійності, перший автоматичний вимикач 3Р 25А 6кА "С" як основний а наступний автоматичний вимикач 3Р 2А 4,5кА "С" для аналізатора.

Також були вибрані контактор та теплове реле. Контактор Etі RA 32-40 230В АС який має велику надійність, та теплове реле 17-25А серії РТІ яке зручно підключається до вибраного нами контактора.

І по нашому струму було вибрано трансформатори струму вимірювального тип S25В, клас точності 0,5, виробництво SIGMA які підходили до нашого аналізатору.

7.2 Економічне обґрунтування вибору складових лабораторного стенда

7.2.1 Порівняльна характеристика електричних елементів стенда

Даний стенд складається з декількох основних елементів електричної схеми, а саме аналізатора, автоматичних вимикачів, теплового реле контактора трансформаторів.

Аналізатори вирізняються своєю різноманітністю, проте для данного вирадку можна відокремити два оптимальних варіанта:

- аналізатор ТРМ-01ESH;
- аналізатор ТРМ-04SHDL;

Дані аналізатори можуть забезпечувати аналіз параметрів лабораторного стенда проте між ними є суттєва різниця.

Аналізатор ТРМ-01ESH зручний, легкий, інформативний та не дорогий у вартості прилад. В даному стенді він кріпиться на зовнішню стінку коробки і завдяки відокремлюючому механізму контактів можна підключати контакти без лишнього втручання до приладу і тим самим зменшуючи ймовірність пошкодити його в процесі роботи.

В свою чергу аналізатор ТРМ-04SHD в функціоналі трохи випереджає аналізатор ТРМ-01ESH тим що має таймер часу за яким можна побачити скільки використовується даний прилад, кріпиться даний прилад на ДІН-рейку що робить його компактним в закріпленні з автоматичними вимикачами, ле в порівнянні з аналізатором ТРМ-01ESH через такий вид кріплення даний

прилад має відкриті провідники і немає гнучкості в розміщенні по межах стенду, і ще важливим фактором являється безпека так як аналізатор ТРМ-01ESH контакти закріплені з задньої частини приладу вони знаходяться в захищеній частині до якої не має доступу у звичайному режимі використання приладу, а в аналізаторі ТРМ-04SHD навпаки контакти підключаються з зовнішньої частини, так це зручно для монтажу та подальших редагувань або повних змін в використовуваній схемі стенду, але в той же час це сильно збільшує ризики виникнення можливих аварійних ситуацій з лабораторним стендом.

7.2.2 Визначення капітальних вкладень

Вартість кожного із елементів лабораторного стенда представлено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Кошторис капіталовкладень

Елементи лабораторного стенда	Ціна, грн.	Елементи лабораторного стенда	Ціна, грн.
Аналізатор ТРМ-01ESH	2600	Аналізатор ТРМ-04SHD	3700
Автоматичний вимикач 3Р 25А 6кА "С"	270	Автоматичний вимикач 3Р 25А 6кА "С"	270
Автоматичний вимикач 3Р 2А 4,5кА "С"	290	Автоматичний вимикач 3Р 2А 4,5кА "С"	290
Контактор Etі RA 32-40 230В АС	765	Контактор Etі RA 32-40 230В АС	765
Теплове реле 17-25А серії РТІ	370	Теплове реле 17-25А серії РТІ	370
Трансформатори струму вимірювального типу S25В, клас точності 0,5 (3 шт.)	1620	Силікон для монтажу органічного скла, кріплення	250
Кнопки натискні СТОП-ПУСК	140	Кнопки натискні КН-11В без фіксації	140
Кабель ТВ1 2,5 мідний	50	Кабель ТВ1 2,5 мідний	50

Продовження таблиці 7.1

Загальна вартість	6105	Загальна вартість	7205
Транспортні витрати (10%)	610,5	Транспортні витрати (10%)	720,5
Витрати на обслуговування (20%)	1221	Витрати на обслуговування (20%)	1441

На таблиці 7.1 можна побачити що елементна база на основі аналізатор ТРМ-01ESH є найбільш економічно вигідною, що в свою чергу робить її найменш затратною в плані обслуговування.

Для визначення капітальних вкладень потрібно до загальної вартості обладнання додати також, вартість його доставки та та витрати на обслуговування стенда.

Оскільки монтажні роботи були виконані власноруч, їх можна не враховувати. Проте на транспортні витрати було витрачено близько 10 відсотків від загальної вартості, а витрати на обслуговування складуть приблизно 20 відсотків.

Висновок: Отже визначивши що даний лабораторний стенд зібраний з використанням надійних матеріалів та приладів, що забезпечують його безпечну та надійну роботу на кафедрі. Також даний прилад буде зручний в переміщенні та споживати незначну кількість електроенергії через використання приладів що для роботи не потребують великих затрат електроенергії. Порівнявши комплектуючі стенда, було взято до уваги їхню ціну та якість, щоб обрати найкращі прилади для забезпечення роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці та цивільного захисту під час дослідження лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний персонал, що виконує дослідження визначені за Гігієнічною класифікацією [1, 2].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо). Хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (органічний пил). Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

8.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

8.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення виробничого приміщення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [4, 5], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При

наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні

частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою III; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого

персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

8.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [4, 5]: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги; електрозахисні засоби захисту (до 1000В) поділяються на основні (ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками) та допоміжні (діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки).

8.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

8.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [6] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 8.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]: температури внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятись (не більше ніж на 2°C за діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; ля забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

8.2.2 Склад повітря робочої зони

Якість повітря за ДСТУ-Н Б А.3.2.1:2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва [12], у першу чергу, залежить від наявності, рівня небезпечності та кількості шкідливих речовин. Шкідливі речовини можуть потрапляти до організму людини інгаляційними та іншими шляхами надходження (пероральний, шкірно-резорбтивний).

Вміст шкідливих речовин у повітрі промислових і цивільних приміщень не повинен, згідно з [12], перебільшувати гранично допустимих концентрацій (ГДК п.рз) – максимально разових робочої зони (ГДК мр.рз) та середньо змінних робочої зони (ГДК сз.рз).

Таблиця 8.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню від нього. Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати пил якнайчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.

8.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 8.2.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 8.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоновим	Характеристика фону	Штучне при системі комбіновано го освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загально		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	б	малий	світлий	500	200	4	2,4

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

8.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [9]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

8.2.5 Виробнича вібрація

У нашому виробничому приміщенні присутня вібрація типу – За [10]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, транспортери, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

8.2.6 Виробничі випромінювання

Відео монітор є джерелом випромінювання кількох діапазонів електромагнітного спектра. Реальна інтенсивність кожного діапазону, частота та інші параметри залежать від технічної конструкції конкретного термінала, екранування та інших факторів.

Види випромінювань, часова залежність яких не може бути описана за допомогою простої синусоїдальної функції (однієї визначеної частоти), породжують “гармоніки” з більш високими частотами та більш низькими амплітудами. Більшість діапазонів значною мірою залежить від режимів роботи відео монітора.

8.2.7 Психофізіологічні фактори

Робота електротехнічного персоналу є достатньо складною і потребує різних навичок та характеристик працюючого, тому і впливи від робіт різні і визначаються за Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічна

класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [1].

Важкість праці визначається за дод. 15 [1], звідки видно, що даний вид робіт за показниками важкості умов праці характеризується як допустимі умови праці.

- енергозатрати організму: при регіональному навантаженні (з переважною участю м'язів рук та плечового суглоба) – до 7800;

- загальні енергозатрати організму, Вт – до 290;

- робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної);

- нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: 51-100;

Напруженість праці визначається за дод. 16 [1], робота відноситься до інтелектуальної, і має наступні характеристики:

- зміст роботи: відсутня необхідність прийняття рішення;

- сенсорні навантаження : 51-75;

- розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працюючого до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни: 5,0-1,1 мм більше 50% часу;

- тривалість робочого дня, год. – 8 годин;

- змінність роботи - однозмінна робота (без нічної зміни).

Дані характеристики вказуються на те, що за напруженістю робота інженера-проектувальника (цивільне будівництво), який здійснює чисельне моделювання перерозподілу зусиль між елементами кушового пального фундаменту в залежності від кількості паль відноситься до другого класу з допустимими умовами напруженості праці (напруженість праці середнього ступеня).

8.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Загрозливі чинники надзвичайних ситуацій, можна поділити на:

- природні;
- техногенні.

До природних чинників відносять усі загрозливі чинники, які викликані природними явищами, як наприклад: землетрус; повінь; різкий приморозок; ожеледиця, тощо. На теренах України, найбільш шкідливими природними загрозливими чинниками є повінь, ожеледиця та перепади температури. Через низьку активність сходження земельних плит, тобто землетрусів, проведення розрахунку стійкості в випадку цього загрозливого чинника є недоцільним.

Техногенні чинники – це загрозливі чинники надзвичайних ситуацій, створенні руками людей та цивілізації в цілому. До них можна віднести: хімічні загрози; ядерні загрози, або загроза іонізуючих випромінювань; загрози пов'язані з військовими діями. На території Вінницької області, а саме біля місця розташування лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини, не знаходяться хімічні виробництва, які б могли завдати шкоди, як обладнанню, так і персоналу для обслуговування.

Загроза іонізуючого випромінювання, особливо, в умовах військових дій на території України, залишається великою. Тому потрібно поррахувати стійкість роботи лабораторного стенда при цьому загрозливому чиннику.

Також, для Вінниці, найбільш імовірними пошкодженнями від військовий дій, за винятком прямого влучання, є і буде, загроза застосування електромагнітного імпульсу (ЕМІ), у вигляді гуманної зброї. Оскільки, ця загроза залишається постійною та є найбільш вірогідною, то потрібно поррахувати стійкість ще й при застосуванні ЕМІ.

8.3.1 Дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії іонізуючих випромінювань

Для дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії іонізуючих випромінювань, користуються поняттям допустима доза радіації, $D_{\text{доп}}(P)$, або поняттям граничного рівня радіації, $P_{\text{гр}}(P/\text{год})$, при яких система буде працювати стабільно.

Для цього, потрібно дослідити, які граничні допустимі дози опромінення, $D_{\text{гр}}$, має кожен елемент системи. Дані граничних доз опромінення кожного елемента наведені в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Граничні значення експозиційних доз лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини

Елементи блоків		$D_{\text{гр.i}}, P$	$D_{\text{гр}}, P$
БЖ	Випрямлячі	10^6	10^6
	Конденсатори	10^7	
	Резистори	10^8	
БК	Мікросхема	10^3	10^3
	АЦП	10^4	
	Транзистори	10^4	
	Кварцовий генератор	10^{10}	

Граничне значення стійкості системи, визначається по мінімальному значенню допустимої дози в елементній базі. Проаналізувавши таблицю 8.1, можна зробити висновок, що самою уразливою ланкою в системі, є блок керування, з мінімальною допустимою дозу $D_{\text{гр}} = 10^3(P)$.

Можлива доза опромінення визначається за формулою:

$$D_M = \frac{2 \cdot P_1 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{II}})}{k_{осл}}, \quad (8.1)$$

де P_1 - задана доза опромінення ($P_1 = 4,04$ Р/год);

t_k - мінімальний час наробітки елементів системи на відказ ($t_k = 2 \cdot 355 \cdot 24 = 17040$ год.);

t_{II} - час з початку опромінення ($t_{II} = 1$ год.);

$k_{осл}$ - коефіцієнт ослаблення радіації деякими умовами ($k_{осл} = 2$).

$$D_M = \frac{2 \cdot 4,04 \cdot (\sqrt{17040} - \sqrt{1})}{2} = 526,871 \text{ (Р)}.$$

Порівнюючи, значення по (8.1) з мінімально допустимою дозою, виходить:

$$D_M < D_{гр} \quad (526,871 < 10^3).$$

Отже, можна зробити висновок, що лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини, є стійким в умовах дії іонізуючого випромінювання, та не потребує додаткових заходів по підвищенню стійкості.

8.3.2 Дослідження стійкості роботи лабораторного стенда для аналізу енергетичних параметрів електричної машини в умовах дії електромагнітного імпульсу

Для оцінки впливу дії електромагнітного імпульсу, потрібно брати до уваги, що ЕМІ має горизонтальну і вертикальну складові напруженості електричного поля, що означає, що потрібно визначати значення напруги, як по горизонтальній так і по вертикальній ділянках ліній.

Оскільки, живлення двигуна проводиться мережею 220В, а також, з урахуванням того, що усі елементи лабораторного стенду знаходяться в сталій коробці товщиною 3 мм, то перед обрахунком коефіцієнтів безпеки,

потрібно порахувати яке додаткове випромінювання від ЕМІ, витримає лабораторний стенд. Визначимо коефіцієнт погашення, за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}, \quad (8.2)$$

де f – частота ЕМІ ($f=15000$ Гц);

t – товщина захисного екрану в сантиметрах ($t=0,3$).

$$A = 5,2 \cdot 0,3 \cdot \sqrt{15000} = 191,06 \text{ (дБ)}$$

Отже, до розрахованих даних, потрібно буде додати ще значення 191,06 дБ.

Напруга, по горизонтальній струмопровідній частині визначається:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{в}} \cdot l_{\Gamma}, \quad (8.3)$$

де $E_{\text{в}}$ - напруженість електромагнітного імпульсу ($E_{\text{в}} = 10,21$ кВ/м);

l_{Γ} - довжина горизонтальної струмопровідної частини ($l_{\Gamma} = 2$ м).

$$U_{\Gamma} = 10,21 \cdot 2 = 20,42 \text{ (кВ)}.$$

Напругу по вертикальній струмопровідній частині, можна визначити:

$$U_{\text{в}} = \frac{E_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}}{1000}, \quad (8.4)$$

де $l_{\text{в}}$ - довжина вертикальної струмопровідної частини ($l_{\text{в}} = 2$ м).

$$U_{\text{в}} = \frac{10,21 \cdot 2}{1000} = 20,42 \text{ (В)}.$$

Допустиме коливання мережі:

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{м}} + \frac{U_{\text{м}}}{100} \cdot N, \quad (8.5)$$

де $U_{\text{м}}$ - напруга мережі;

N – допустиме відхилення мережі в відсотках ($N = 5\%$).

$$U_{\text{доп}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231.$$

Визначимо коефіцієнт безпеки, за наступною формулою:

$$K_{\text{Б}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_{\text{доп}}}{U_{\text{ЕМІ}}}\right), \quad (8.6)$$

Для кола живлення лабораторного стенда, по горизонтальній струмопровідній лінії:

$$K_{\text{БГ}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{231}{20420}\right) = -38,929 \text{ (дБ)}.$$

А по вертикальній струмопровідній лінії:

$$K_{\text{БВ}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{231}{20,42}\right) = 21,071 \text{ (дБ)}.$$

Знайдемо коефіцієнт безпеки, відповідно до розрахованого за (8.3) додаткового захисту елементів лабораторного стенда.

$$K_{\text{БГ}} = 191,06 + (-38,929) = 152,131 \text{ (дБ)}$$

$$K_{\text{БВ}} = 191,06 + (21,071) = 212,131 \text{ (дБ)}$$

Отримані результати занесемо в таблицю 8.6.

Таблиця 8.6 – Результати обчислення стійкості роботи електричного приводу змінного струму в умовах дії ЕМІ

Напруга мережі	$I_{\text{Г}}$	$I_{\text{В}}$	$K_{\text{БГ}}$	$K_{\text{БВ}}$	Стійкість
Електромережа, 220 В	2	2	152,1	212,1	Стійка

Отже, лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини є стійким при ЕМІ. Єдиною вразливою ланкою в цьому стенді є провідники, від розетки до лабораторного стенду. В самому лабораторному стенді передбачений захист від КЗ та температурних перевищень, в вигляді двох автоматичних показників і контакторів, тому загрози перегоранню приладів в середині лабораторного стенду неможливе.

Висновок: В даному пункті ми розглянули охорону праці до приміщення в якому буде знаходитися наш лабораторний стенд та визначили що лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини є стійким при ЕМІ.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено лабораторний стенд для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму.

В процесі реалізації даної роботи ми виконали такі завдання:

1. Провели аналіз параметрів електричної машини змінного струму.
2. Визначили елементну базу для лабораторного стенду.
3. Розробили функціональну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду.
4. Розробили структурну схему та вибрати елементну базу для лабораторного стенду.
5. Розробили електрично принципову схему для лабораторного стенду.
6. Продемонстрували роботу лабораторного стенду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комплекси для експрес-діагностики двигунів змінного струму / Родькин Д. И., Калинов А. П., Барвинок Д. В., Хараджян А. А., Черний А. П. и др. // Сборник научных трудов НГУ. – Дніпропетровськ: РИ НГУ, 2003. – Т. 2, № 17. – С. 110-121.
2. Шубов І. Г. Шум та вібрації електричних машин, 2 ге видання. – Л.: Енергоатоміздат, 1986. – 208 с.
3. Деклараційний патент України на винахід 65733 А. G 01 R31/34. Спосіб діагностики параметрів синхронного двигуна та пристрій для його здійснення / Родькін Д. Й., Калінов А. П., Чорний О. П., Живора В. Ф., Аміров А. М. – № 72133 А; заявл. 02.04.2003; опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4. – 14 с
4. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. Електричні машини: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і доп. — К:Знання, 2009
5. Електрорадіовимірювання. О. Р. Дверій. — Львів, 2011.
6. Основи електричних вимірювань. О.Г.Шаповаленко, В.М.Бондар. - Київ, "Либідь", 2002
7. О. А. Дурницкая, В. Ю. Ракитин «Експертна система визначення несправностей електричних машин за зовнішніми ознаками», Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації: збірник наукових праць VIII Всеукраїнської науковотехнічної конференції молодих учених і спеціалістів, Кременчук, 2010, с. 386-387.
8. Українська радянська енциклопедія: у 12 т. / гол. ред. М. П. Бажан; редкол.: О. К. Антонов та ін. — 2-ге вид. — К.: Головна редакція УРЕ, 1974–1985.
9. Енергоефективність та відновлювальні джерела енергії / [За заг. ред. А. К. Шидловського]. — К.: Українські енциклопедичні знання, 2005. –512 с.
10. Єрмолаєв С.А. Експлуатація енергообладнання у сільському

господарство: Підручник/С.А. Єрмолаєв, Є.П. Масюткін, В.Ф. Яковлєв.
- К.: Фірма "Інкос", 2005. - 670 с.

11. Аракелян В.Г. Цілі, поняття та загальні принципи діагностичного контролю високовольтного електротехнічного обладнання/В.Г. Аракелян // Електротехніка. – 2002. – №5. – С.23-27.

12. Надійність сільськогосподарської техніки/ М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В. Аулін та інші) За заг. ред. М.І.Черновола – Кіровоград: КОД, 2010. – 320с.

13. Аліфанов А.Л. Методичні основи прогнозування потреби в ремонтах агрегатів та автомобілів для забезпечення працездатності автомобільного парку північного регіону: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.10/Аліфанов Аскольд Леонідович. - К., 1999. - 340с.

14. Волькенштейн М.В. Ентропія та інформація. / М.В. Волькенштейн - М.: Наука, 1986. - 192с.

15. Пархоменко П.П. Основи технічної діагностики: (Оптимізація процесів діагностування, апаратні засоби)/П.П.Пархоменко, Б.С.Согомонян. - М: Енергоатоміздат. - 1981. - 320с.

16. Машошин О.Ф. Діагностика авіаційної техніки. /О.Ф.Машошін. - М.: МДТУ ГА. - 2007. - 141с.

17. Шеннон К.Е. Роботи з теорії інформації та кібернетиці. За ред. Р.Л.Добрушіна, О.Б.Лупанова. - М.: Вид-во інозем. літер., 1963 - 839с

18. Котельников В. А. Теорія потенційної завадостійкості/В.А.Котельников. -М.: Радіо і зв'язок. – 1956. – 152 с.

19. Кузьменко О.Г. Теоретична та експериментальна трибологія. У 12т. Т.7 Надійність вузлів тертя за міцністю та зносом: монографія / А.Г.Кузьменко. – Хмельницький: ХНУ, 2011. – 391с.

20. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.

21. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

22. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

23. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

24. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

26. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

27. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

28. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

«04» 11 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИВОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ. ЛАБОРАТОРНИЙ
СТЕНД ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ**

08-24.МКР.019.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ

«04» 11 2023 р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-22м

 Олександр ПЕПЕЛЬЖІ

«04» 11 2023 р.

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Методи та засоби визначення ефективності роботи електричних приводів змінного струму. лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму».

Скорочене найменування розробки – «Методи та засоби визначення ефективності роботи електричних приводів змінного струму. лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем дипломного проектування.

3 Призначення розробки і галузь використання

Аналіз енергетичних параметрів електричної машини змінного струму.

4 Вимоги до розробки

Лабораторний стенд повинен забезпечити аналіз енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

5 Комплектація розробки

До лабораторного стенду входять такі елементи: аналізатор, автоматичних вимикачі, теплового реле, контактор, трансформатори.

6 Джерела розробки

1. Деклараційний патент України на винахід 65733 А. G 01 R31/34.

Спосіб діагностики параметрів синхронного двигуна та пристрій для його здійснення / Родькін Д. Й., Калінов А. П., Чорний О. П., Живора В. Ф., Аміров А. М. – № 72133 А; заявл. 02.04.2003; опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4. – 14 с

2. Основи електричних вимірювань. О.Г.Шаповаленко, В.М.Бондар. - Київ, "Либідь", 2002

7 Технічні характеристики

Автоматичний вимикач 3Р 25А 6кА "С", автоматичний вимикач 3Р 2А 4,5кА "С", контактор Etі RA 32-40 230В АС, теплове реле 17-25А серії РТІ, трансформатор струму вимірювальний тип S25В, клас точності 0,5, виробництво SIGMA.

8 Етапи виконання

Основна частина	
Графічна частина	

9 Елементна база

СТОП – кнопка для вимкнення двигуна; ПУСК – кнопка для запуску двигуна; МКК – аналізатор параметрів мережі; КМ – контактор; КК – теплове реле; QF1 – перший автоматичний вимикач; QF2 – другий автоматичний вимикач.

10 Конструктивне виконання

Лабораторний стенд розроблений в металеві коробці яка реалізуєть до вимог електробезпеки

11 Показники технологічності

Лабораторний стенд – аналізатор, автоматичних вимикачі, теплове реле,

контактор, трансформатори, провідники, кабелі і т.п. виконується на сучасній елементній базі, його монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам влаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації та відповідний контингент фахівців, які займаються програмуванням робота. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення лабораторного стенду повинно бути виконано напругою 380 В.

14 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРИВОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ. ЛАБОРАТОРНИЙ
СТЕНД ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
МАШИНИ ЗМІННОГО СТРУМУ**

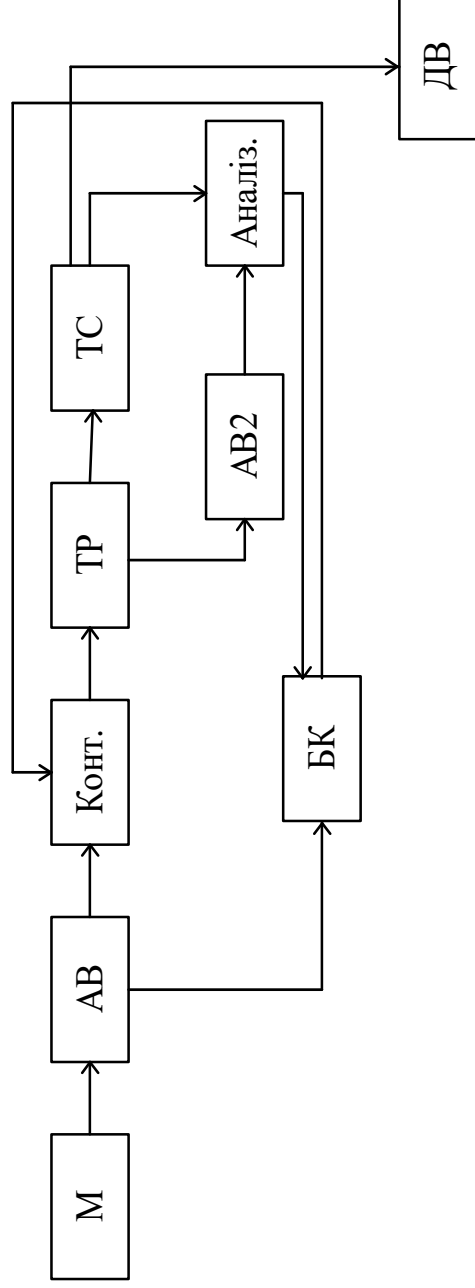
Актуальність роботи

- **Актуальність теми дослідження.** Чи ефективно працює даний привод змінного струму і як швидко визначити його основні характеристики? Відповіддю на дане питання є лабораторний стенд за допомогою якого можна визначити не тільки такі основні параметри як струм на лінії а й активну та реактивну потужності за допомогою яких і є можливим визначити чи ефективний даний привод, ще й завдяки тому що даний стенд працює в реальному часі по змінам характеристик можна перевірити і стан даного використовуваного приводу.
- Таким чином, розробка лабораторного стенду для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму є актуальним науковим завданням.

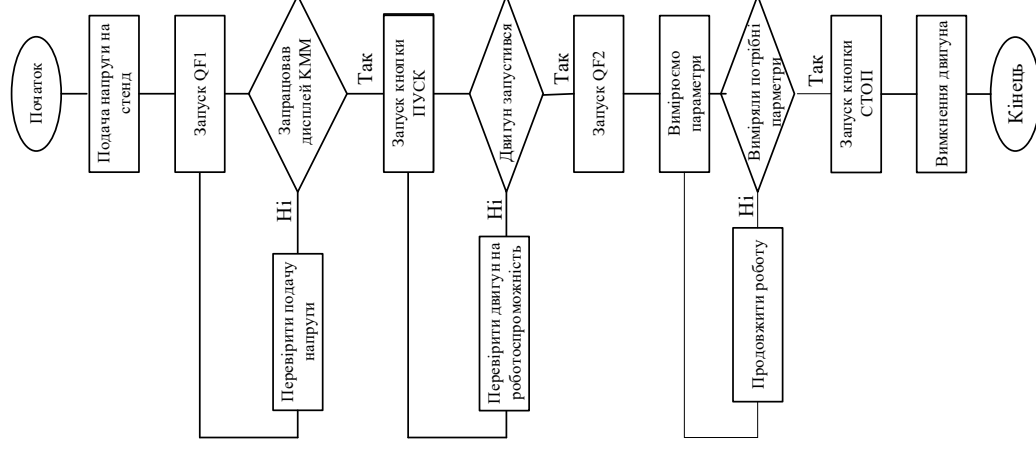
Об'єкт та предмет дослідження, завдання

- **Об'єктом дослідження** є параметри електричної машини змінного струму в робочому стані.
- **Предметом дослідження** є лабораторний стенд для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму.
- **Метою** магістерської кваліфікаційної роботи є розробка лабораторного стенду для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму.
- Ідея роботи полягає у застосуванні аналізатора мережі який буде надавати дані електричної машини у робочому стані.
- В процесі реалізації мети роботи необхідно виконати такі завдання:
 1. Провести аналіз параметрів електричної машини змінного струму.
 2. Визначити елементну базу для лабораторного стенду.
 3. Розробити функціональну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду.
 4. Розробити структурну схему та вибрати елементну базу для лабораторного стенду.
 5. Розробити електрично принципову схему для лабораторного стенду.
 6. Продемонструвати роботу лабораторного стенду.

Основна частина

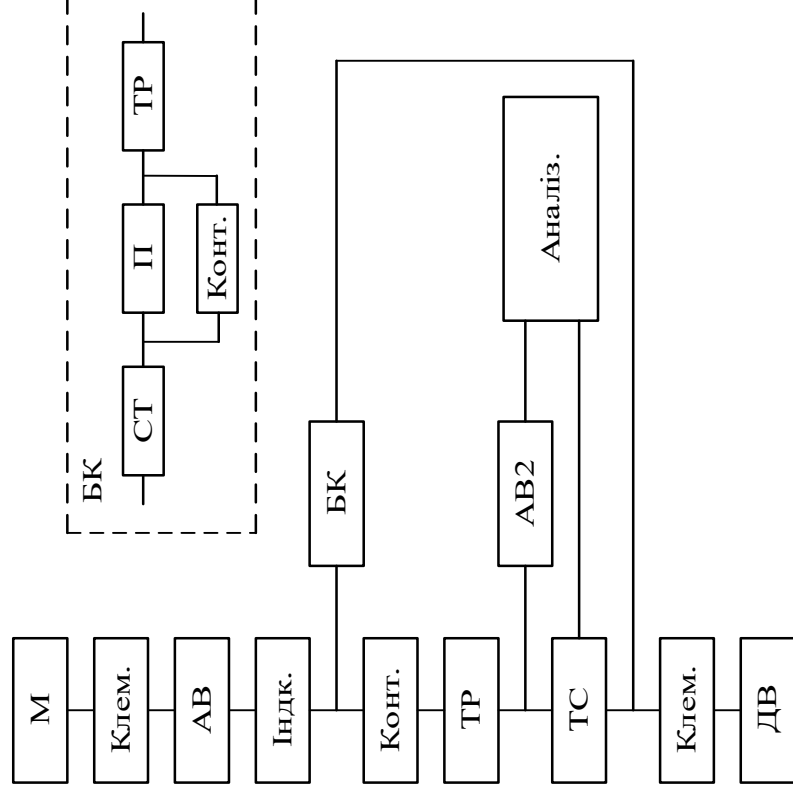


Функціональна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму



Алгоритм роботи

Основна частина



де М – механізм;

АВ – автоматичний вимикач;

Клем. – клемник;

Індк. – індикатор;

Конт. – контактор;

ТР – теплове реле;

ТС – трансформатор;

АВ2 – автоматичний вимикач (2);

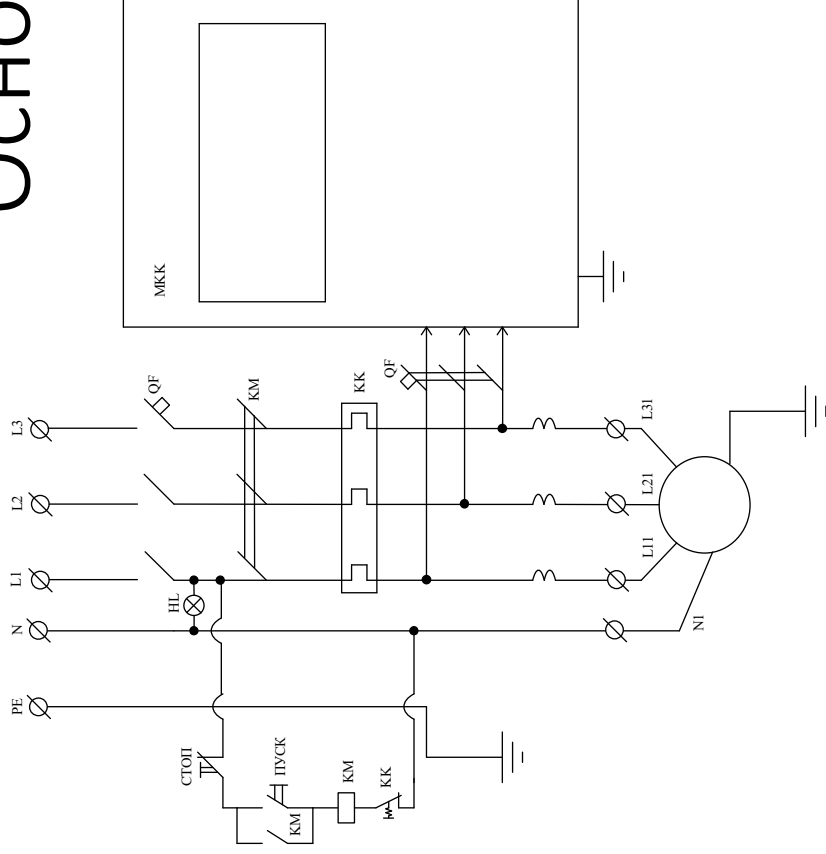
Аналіз – аналізатор параметрів мережі;

БК – блок керування;

ДВ – двигун.

Структурна схема лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

Основна частина



де СТОП – кнопка для вимкнення двигуна;

ПУСК – кнопка для запуску двигуна;

МКК – аналізатор параметрів мережі;

КМ – контактор;

КК – теплове реле;

QF1 – перший автоматичний вимикач;

QF2 – другий автоматичний вимикач;

L1, L2, L3 – лінії живлення мережі;

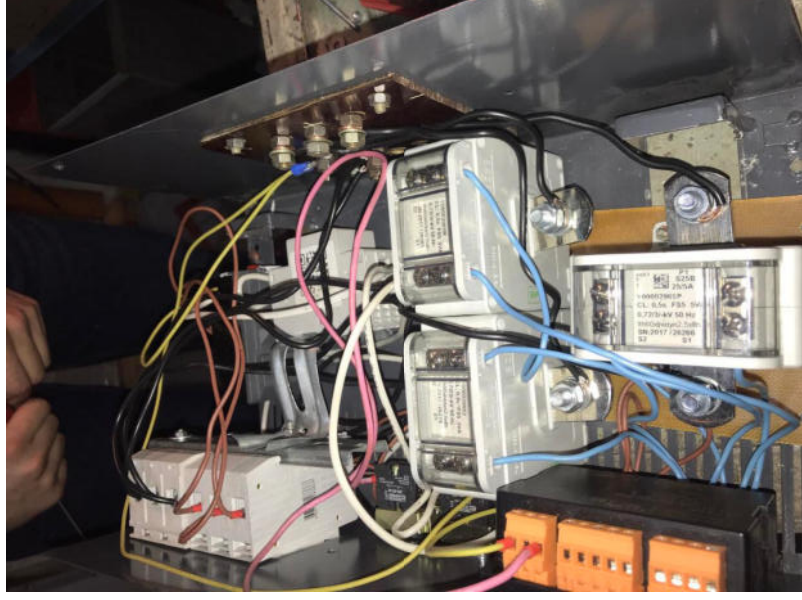
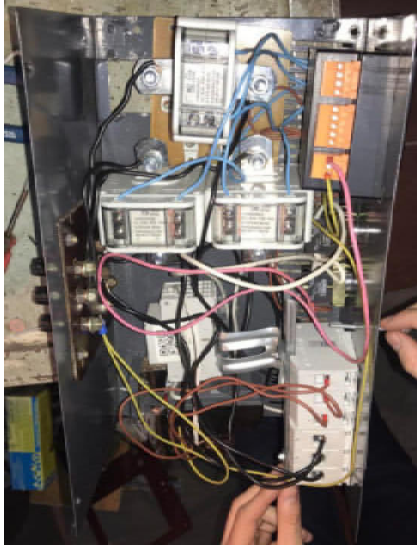
L11, L21, L31 – лінії живлення двигуна

N – нульовий провід;

PE – нульовий провід з виводом на корпус.

Схема електрична принципова лабораторного стенда для вимірювання енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

Основна частина



Внутрішній вигляд лабораторного стенду

Наукова новизна, практичне значення

- **Наукова новизна одержаних результатів:**
- Розроблено лабораторний стенд для розрахунку параметрів електричної машини змінного струму з використання аналізатора параметрів мережі.
- **Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в наступному:**
- - результати отриманих досліджень можуть бути використані в розрахунках та перегляді параметрів електричних машин змінного струму;
- - розрахункові результати досліджень можуть бути використанні під час вивчення фахових дисциплін таких освітніх програм як «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

Загальні висновки по роботі

В процесі даної роботи ми виконали такі завдання:

1. Провели аналіз параметрів електричної машини змінного струму.
2. Визначили елементну базу для лабораторного стенду.
3. Розробили функціональну схему та алгоритм роботи для лабораторного стенду.
4. Розробили структурну схему та вибрали елементну базу для лабораторного стенду.
5. Розробили електрично принципову схему для лабораторного стенду.
6. Продемонстрували роботу лабораторного стенду.

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Методи та засоби визначення ефективності роботи електричних приводів змінного струму. Лабораторний стенд для аналізу енергетичних параметрів електричної машини змінного струму

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕПА-22м

Науковий керівник: к.т.н., доц. Мошноріз М. М.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	88,8%
Схожість	11,2%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень

Особа, відповідальна за перевірку

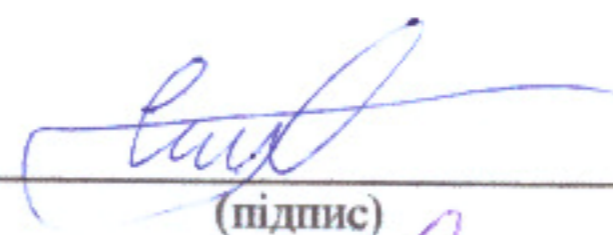

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

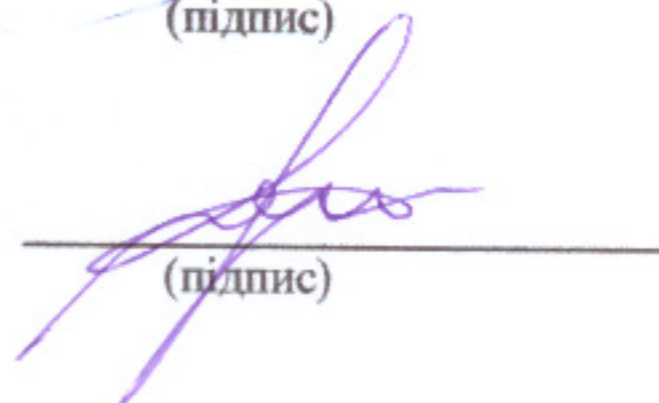
Автор роботи


(підпис)

Пепельжі О. Р.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Мошноріз М. М.

(прізвище, ініціали)