

Міністерство освіти і науки України

Криворізький національний університет

Електротехнічний факультет

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи бакалавра
за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

ТЕМА РОБОТИ:

**Порівняння та вибір способів та пристроїв релейного захисту
асинхронних електроприводів середньої потужності**

Виконав: студент групи ЕЕМ-21-2

Олександр КІРЄЄВ

Керівник випускної роботи _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Нормо контролер _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Декан ЕТФ _____

к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____

к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Рір 2025 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

КІРЄЄВ Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Порівняння та вибір способів та пристроїв релейного захисту
асинхронних електроприводів середньої потужності

1. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є порівняння способів захисту асинхронних електроприводів середньої потужності. Завданням є вибір пристроїв релейного захисту асинхронних електроприводів середньої потужності.
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Способи та пристрої захисту асинхронних електроприводів; II. Система діагностики аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів; III. Моделювання роботи системи захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Захист електродвигуна; II. Узагальнена структура цифрового пристрою захисту; III. Приклади оцифровки аналогового сигналу; IV. Модель досліджуваної електроенергетичної системи; V. Графіки напруги й струму.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Олег СІНЧУК		
II	Олег СІНЧУК		
III	Олег СІНЧУК		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Аварійні режими роботи асинхронних електроприводів	15.05.25
2	Пристрої релейного захисту асинхронних електроприводів	19.05.25
3	Мікропроцесорна система діагностики та захисту	21.05.25
4	Основні принципи роботи систем захисту від аварійних режимів	26.05.25
5	Модель асинхронного електроприводу	31.05.25
6	Перехідні процеси у асинхронному електроприводі	14.06.25

Дата видання завдання 12.05.2025 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Олександр КІРЄЄВ
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олег СІНЧУК
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускової атестаційної роботи бакалавра на тему: «Порівняння та вибір способів та пристроїв релейного захисту асинхронних електроприводів середньої потужності»

45 с., 13 рис., 9 літературних джерел

У першому розділі було визначено електромеханічні складові асинхронного електроприводу які впливають на аварійні режими роботи. Також було проаналізовано та визначено основні напрямки для підвищення ефективності роботи асинхронних електричних приводів. Основними напрямками з підвищенням ефективності роботи асинхронних електроприводів було визначено впровадження систем діагностики та контролю параметрів з впровадженням функції захисту електричних споживачів.

У другому розділі було розроблено математичну модель електромеханічної системи за синхронним електричним двигуном та визначено показники електромагнітних та електричних параметрів у колах обмоток статора та ротору асинхронної машини. Було виділено аварійні режими роботи асинхронного електроприводу та визначено чинники які впливають на характер протікання перехідних процесів у аварійних режимах роботи.

У третьому розділі було запропоновано математичну модель для визначення параметрів аварійних режимів роботи асинхронного електроприводу. До базової структури входили аналітичні блоки та елементи комп'ютеризованої моделі асинхронного електроприводу. За отриманими

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

графіками було проведено аналіз та визначено показники якості перехідних процесів при зміні режимів роботи асинхронного електроприводу.

АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, АВАРІЙНІ РЕЖИМИ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Способи та пристрої захисту асинхронних електроприводів	9
1.1. Аварійні режими роботи асинхронних електроприводів	9
1.2. Пристрої релейного захисту асинхронних електроприводів.....	13
Розділ 2. Система діагностики аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів	23
2.1. Мікропроцесорна система діагностики та захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів.....	23
2.2. Основні принципи роботи систем захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів	31
Розділ 3. Моделювання роботи системи захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів	35
3.1. Модель асинхронного електроприводу із системою захисту від аварійних режимів роботи.....	35
3.2. Перехідні процеси у асинхронному електроприводі при виникненні аварійних режимів роботи.....	39
Висновки	44

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

У роботі було досліджено асинхронний електропривод при зміні параметрів його роботи у широкому діапазоні. Було розглянуто процеси зі зміною навантаження електричних двигунів а також при зміні методів керування ними.

Виходячи з позиції що при роботі асинхронного електроприводу можуть виникати режими роботи що пов'язані з критичною зміною параметри в асинхронної машини було розглянуто перехідні процеси при виникненні аварійних ситуацій що пов'язані з нестабільністю напруги живлення та з підвищенням струмів у контурі статора та ротора асинхронної машини що перевищують номінальні значення.

У якості системи захисту була представлена до розгляду система з релейними елементами. Така система вже зарекомендувала себе у інших системах асинхронного електроприводу та має високі показники якості роботи захисту електромеханічних систем за синхронними двигунами.

Можна сказати що на відміну від традиційних систем релейного захисту електромеханічні системи на базі цифрових обчислювальних пристроїв поєднують у своїй структурі поєднують як функції захисту так і керування електромеханічною системою із впровадженням системи сигналізації режимів роботи електромеханічного обладнання.

Доволі широко у таких системах застосовуються мікропроцесорні пристроєм які надають нових ознак у вже доволі відомі структури електромеханічних систем.

Так можна бачити що доволі складні структури мікропроцесорних пристроїв розбудовуються на вже відомих принципах та загальних виразах.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже у загальному випадку ми отримуємо систему релейного захисту розбудовану на мікропроцесорній структурі за елементарними принципами що відповідають теорії надійності.

Впровадження мікропроцесорних систем захисту на електромеханічні системи з асинхронними двигунами дозволяє використовувати останнім в автоматизованих системах керування технологічними процесами. Таким чином пов'язується застосуванням ефективних принципів на роботу верхнього рівню системи керування.

Отже мікропроцесорні системи захисту є перехідною ланкою до впровадження цифрових терміналів у основні й лінії технологічного процесу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Способи та пристрої захисту асинхронних електроприводів

1.1. Аварійні режими роботи асинхронних електроприводів

Проектування електричних двигунів - це складний процес який передбачає високу теоретичну та практичну обізнаність у роботі електромеханічних систем.

Так можна звернути увагу що навантаження електричної машини а з ним струми які протікають у обмотках електричних двигунів є невизначеними елементами системи діагностування режимів роботи електроприводу.

Тому для ефективного впровадження систем захисту електромеханічних об'єктів за синхронними двигунами необхідно враховувати зміну навантаження при якому виникають аварійні режими роботи.

Так можна зазначити що при навантаженнях що перевищують номінальні параметри асинхронного двигуна виникає можливість створення аварійних режимів роботи.

Причому може бути виникненням режимів короткочасного перевищення струму у обмотках асинхронної машини його номінальних параметрів.

Навіть короткочасне перевищення струму у обмотці статора та ротора асинхронної електричної машини може призвести до поламки та виведення з ладу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1			Лім.	Лист	Листів	
Розробив	Кіреєв О.О.										
Перевірив	Сінчук О.М.								9	9	
Реценз.								КНУ ЕЕМ-21-2			
Н. Контр.	Сінчук О.М.										
Затвердив	Пересунько І.І.										

До основних чинників що впливають на перевантажувальну здатність асинхронного електродвигуна можна віднести:

- робота з підвищеним навантаженням;
- робота при зниженні напруги живлення;
- робота при знижених показниках якості напруги живлення;
- при підвищенні пускових режимів у загальному режимі роботи;
- при незадовільній роботі охолоджувальної системи асинхронного електродвигуна.

Можна зазначити що при виникненні подібних режимів є суттєва вірогідність роботи електромеханічної системи з підвищеними струмами що супроводжується перегріванням обмоток асинхронного електродвигуна. Також суттєвим є вплив роботи системи охолодження яка при неналежних параметрах її роботи лише погіршує ситуацію з наявністю перевантажувальної роботи асинхронної машини. Також можна відзначити що на перевантажувальну здатність за асинхронної машини великий вплив має тривалість роботи. Якщо тривалість роботи асинхронної машини зі струмами що перебільшують її номінальні параметри є більшою за 50 %, то такий електропривод не можна назвати надійним.

Слід також відзначити перевантаженням які виникають у разі поломок на технологічній лінії. При цьому перевищення температури статорних та роторних обмоток також будуть відповідати завищеним показникам електромеханічної системи.

Таким чином погіршення експлуатаційних показників асинхронних двигунів впливає на їх режими роботи та надійність систем електроприводу технологічних ліній.

Розглянемо перевантажувальну характеристику асинхронної машини.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

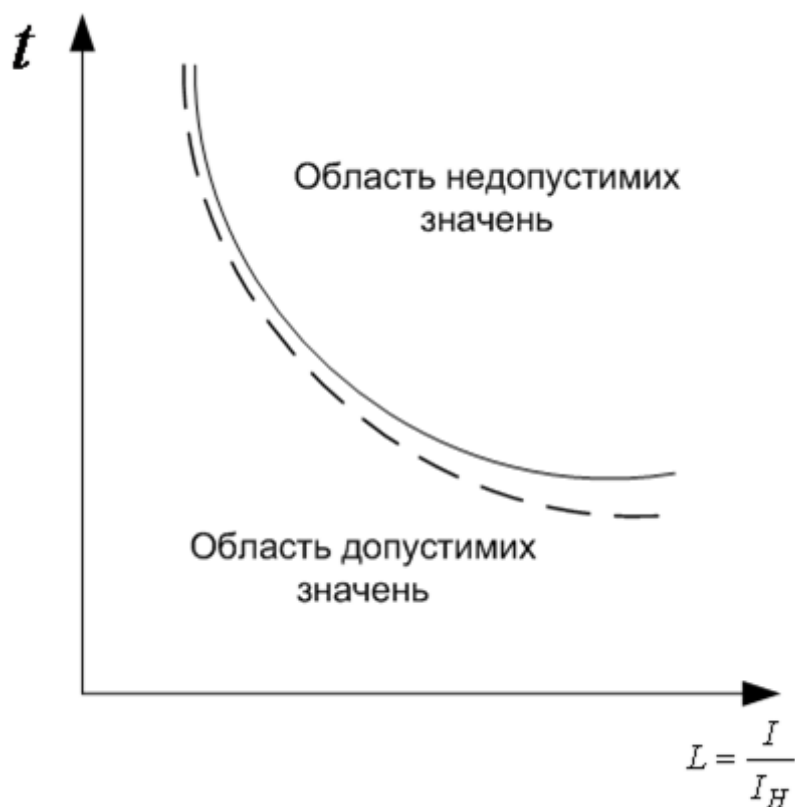


Рисунок 1.1 - Перевантажувальна характеристика асинхронної машини

Розглянутої характеристики можна виокремити основну вимогу до роботи системи захисту асинхронного електричного двигуна. Ця вимога буде стосуватися струму електричної машини. Такий підхід дозволяє відокремити помилкові спрацьовування систем захисту та налаштувати роботу системи на контролювання струмових навантажень.

Так можна зазначити що при пуску електричної машини струмові навантаження можуть перебільшувати номінальні значення але спрацьовування системи захисту не буде відбуватись оскільки представлені значення не будуть виходити за область неприпустимих струмових характеристик.

Можна зазначити що область недопустимих значень буде розташовуватись безпосередньо під навантажувальною характеристикою асинхронного електродвигуна.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Пристрої релейного захисту асинхронних електроприводів

Розглянемо сукупність систем релейного захисту для роботи асинхронних електричних приводів. Якщо брати асинхронний електропривод у низьковольтній серії що живиться напругою 380 В, то можна зазначити що застосуванням різних систем захисту з невеликою потужністю мають економічно обґрунтовану вартість подібних систем.

Захист низьковольтних електромеханічних систем має відрізнятись своєю простотою та надійністю роботи. Доволі часто у якості систем захисту використовуються запобіжники і сплавками вставками та автоматичні вимикачі. Необхідно відзначити що останнім не можуть забезпечити автоматизацію технологічного процесу із повторним включенням електричних двигунів до робочого процесу.

Тому слід відокремити робочі режими від аварійних режимів роботи, для яких характерним є необхідність повторного ввімкнення електричної машини комутаційним апаратом.

Отже системи релейного захисту мають забезпечити надійність та безперервність роботи асинхронного електроприводу.

Доволі поширеними є системи релейного захисту асинхронних електроприладів з відсіканням зони зі струмами що перевищують номінальні показники. Слід відзначити що подібні впровадження мають бути відокремлені струмовими характеристиками та визначеними параметрами часу протікання перехідних процесів. Тому для ефективної роботи релейного захисту асинхронних електродвигунів слід налаштовувати показники перевантаження за струмом електричної машини а також врегульовувати час спрацьовування захисту відповідно до часу перехідних процесів.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Найбільш прості та найширше застосовані системи релейного захисту асинхронних електроприводів можна представити у вигляді наступних схем.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

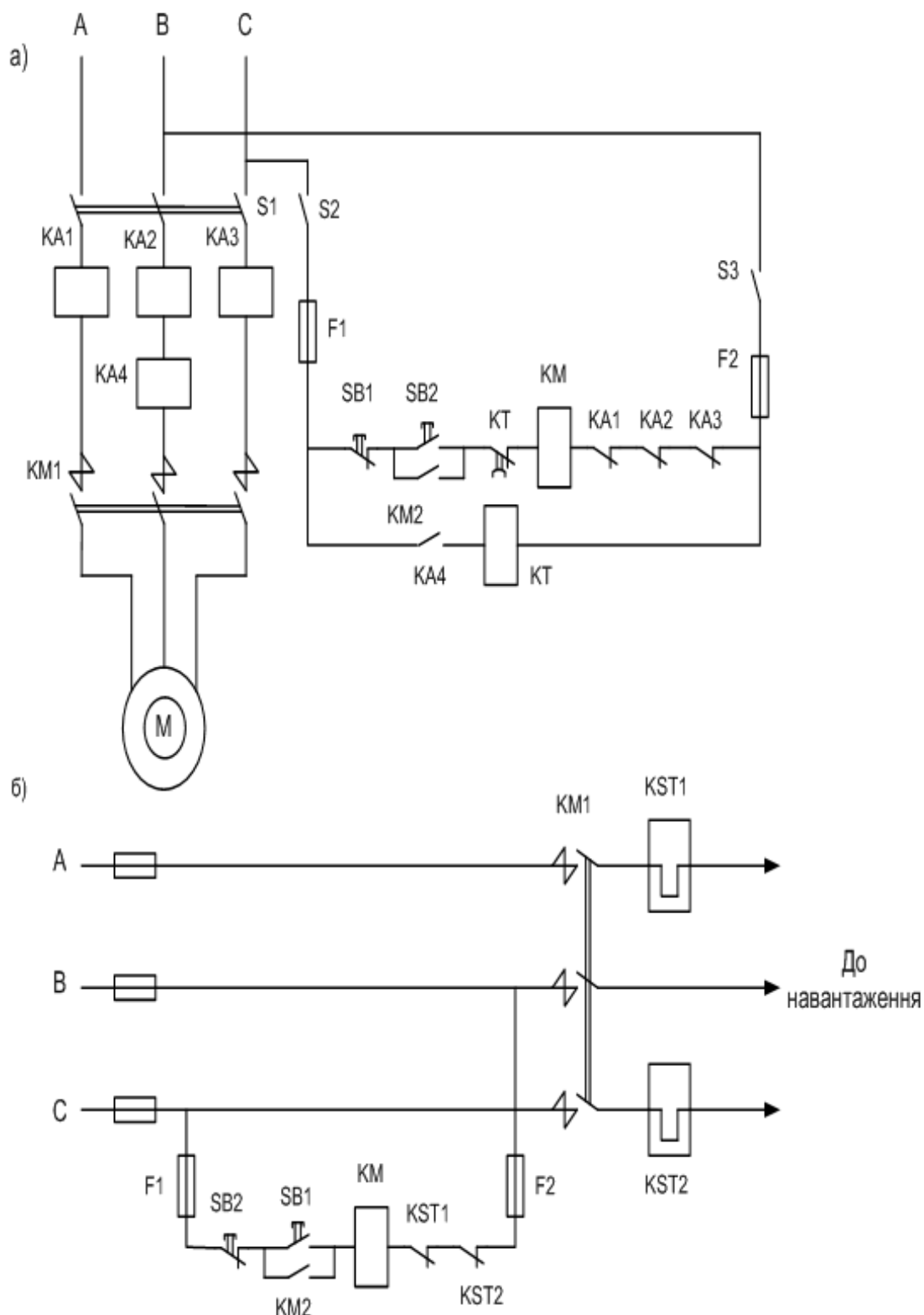


Рисунок 1.2 - Системи релейного захисту асинхронних електроприладів з відсіканням зони зі струмами що перевищують номінальні показники

Тут можна бачити як здійснюється захист електромеханічного обладнання асинхронного електроприводу при наявності режиму короткого замикання у наведеній структурі.

У якості захисту від перевантаження доволі ефективним є застосування теплових реле. При виникненні надмірного значення струму у електромеханічній системі спрацьовує механізм що запобігає надмірному перегріванню обмоток асинхронних електродвигунів. При цьому асинхронний електричний двигун відмикається від мережі а у структурі технологічної ланки виникає процес зупинки та неможливості продовження технологічного процесу.

Тому важливим є правильне налаштування чутливості релейного захисту асинхронної машини. Для чого система релейного захисту асинхронної машини має володіти достатньо високим коефіцієнтом повернення.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

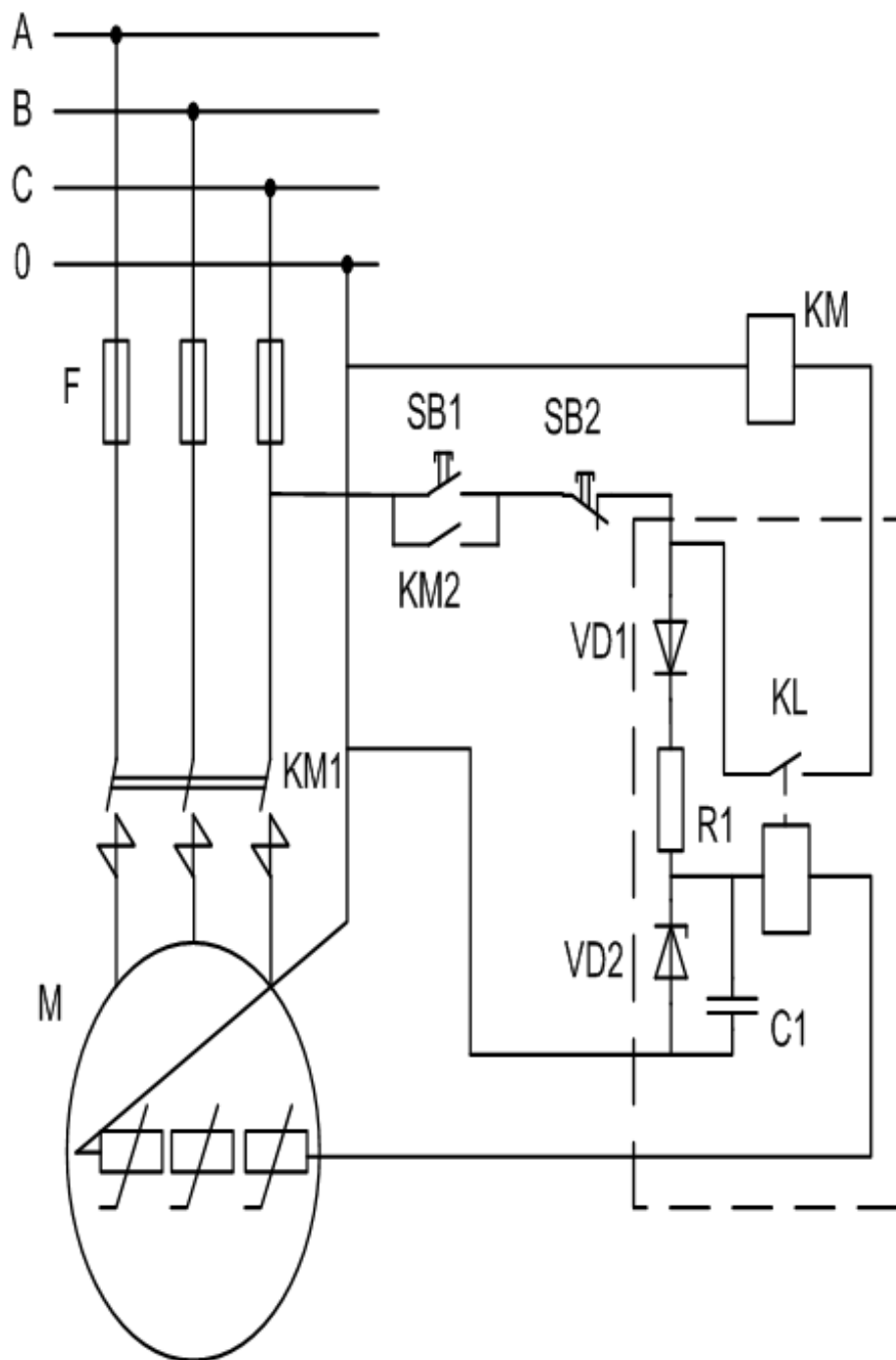


Рисунок 1.3 – Захист від перевантаження із застосуванням теплових реле

Контроль роботи системи релейного захисту має здійснюватись за струмовим навантаженням асинхронної машини.

Слід зазначити що при тривалих пусках асинхронних електричних двигунів реле захисту може не встигати спрацьовувати та розмикати свої контакти. Тому для забезпечення надійної роботи асинхронного електроприводу використовуються два теплові реле захисту на кожен з фаз асинхронної машини.

Якщо електрична машина працює у тривалому режимі то встановлення теплових реле захисту забезпечує надійну та безаварійну роботу асинхронних електричних двигунів.

Розглянемо більш детальну структуру релейного захисту асинхронних електричних двигунів.

Пристрої релейного захисту у колі обмоток електричної машини мають бути ввімкнені послідовно. Ці з'єднання налічують послідовно з'єднані позистори які ввімкнені у кола фазних обмоток електричних двигунів. Живлення системи релейного захисту забезпечує система зі стабілізацією напруги. Система захисту налічує кола вимірювання та контрольні кола що впливають на живлення асинхронного електричного двигуна. Опір позисторів залежить від струму що протікає через них, тому при зростанні навантаження цей елемент забезпечує вимкненням силових контакторів що живить обмотку статора асинхронної машини.

Таким чином при перевантаженні електрична машина із захистом у вигляді позисторів вимикається від мережі живлення та зупиняється.

Ще одним з найпоширеніших аварійних режимів є режим неповнофазної роботи електричної машини змінного струму. Так при відсутності або обриві однієї з фаз статорної обмотки живлення можна бачити

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу електричної машини у неповнофазному режимі що спричиняє перегрівання обмоток статора та їх вигорання унаслідок перевищення значення струмів їх термічній стійкості.

Можна відзначити що при обриві або відсутності однієї з фаз асинхронної машини запобіжні заходи не спрацьовують. Тому електрична машина відпрацьовує своє завдання відповідно до навантаження на її валу та виходить з ладу за рахунок відсутності надійного захисту від неповнофазного режиму.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

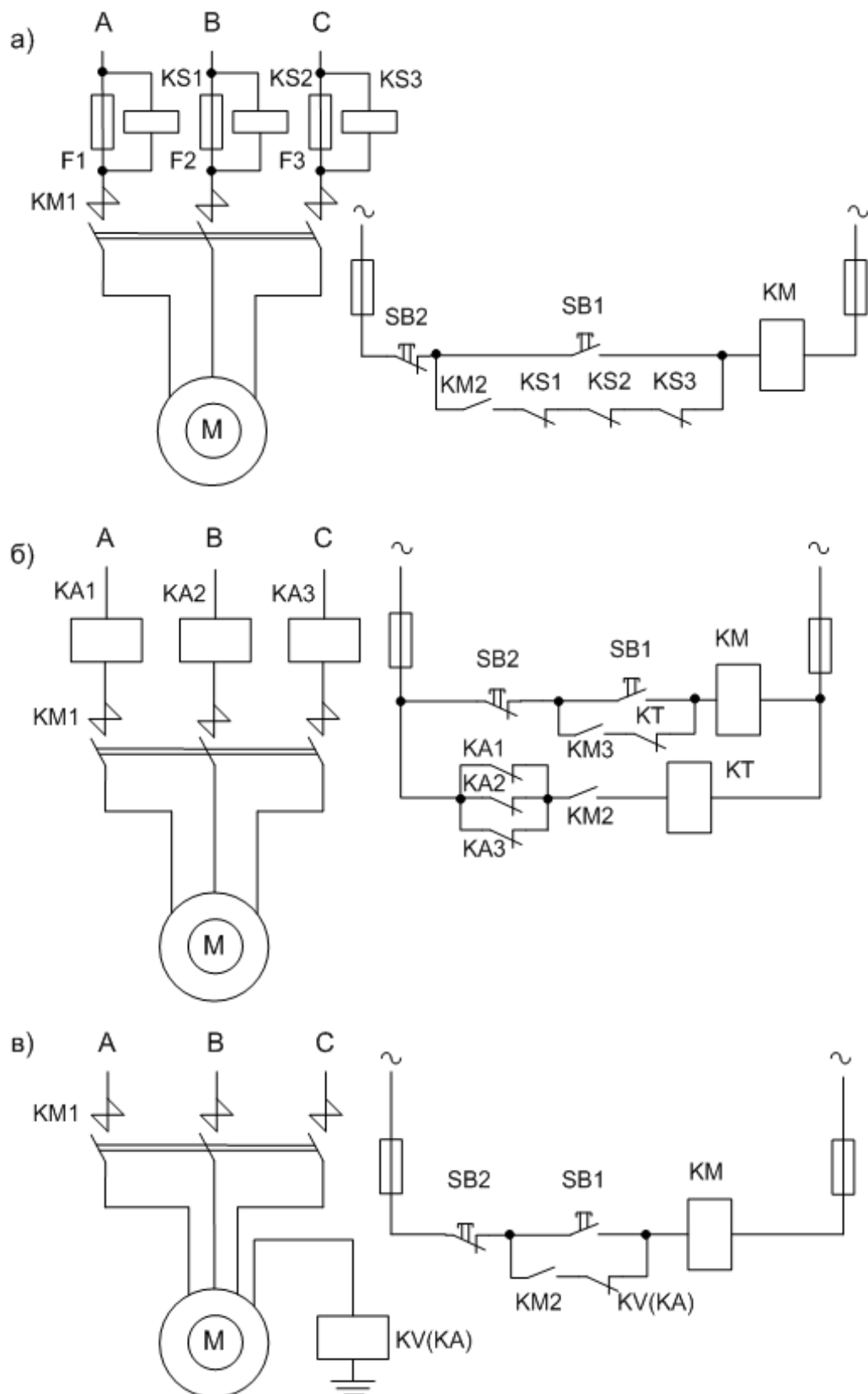


Рисунок 1.4 – Системи захисту від неповнофазної роботи електричної машини змінного струму

Доволі ефективним видом захисту від неповнофазного режиму є встановлення реле контролю фаз асинхронної машини. Таке застосування унеможлиблює роботу електричної машини у неповнофазному режимі та захищає статорні обмотки від надструмів що протікають унаслідок зникнення однієї з фаз мережі живлення.

Зазвичай такі системи налаштовуються для спрацьовування автоматичних вимикачів що унеможлиблює подачу напруги на статора синхронної машини при відсутності однієї з фаз мережі живлення.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

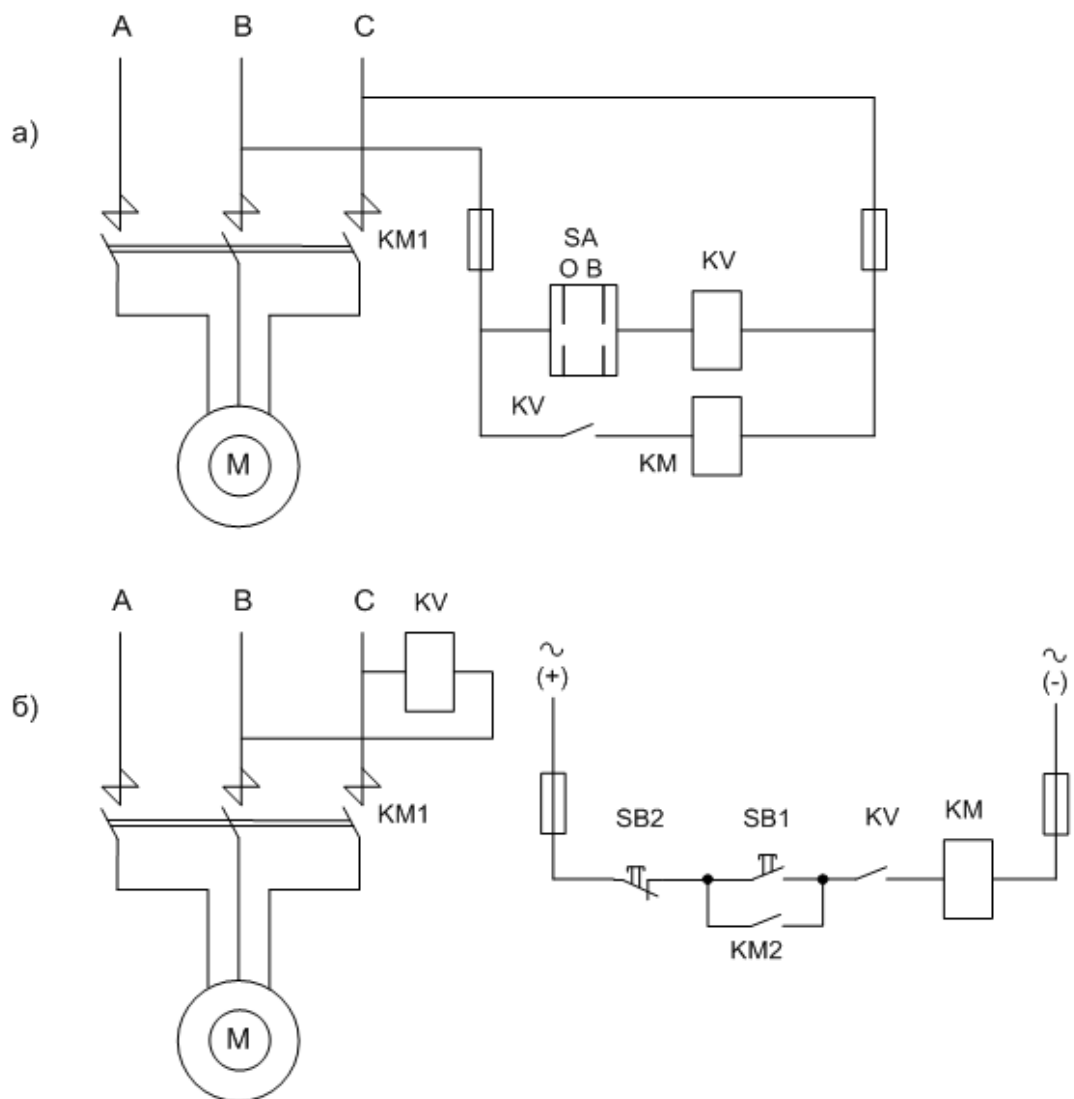


Рисунок 1.5 – Система захисту з реле контролю фаз асинхронної машини

Так названий мінімальний захист допомагає унеможливити режими роботи асинхронної машини з неповнофазним живленням та забезпечує її надійний захист при відсутності однієї з фаз мережі живлення на обмотці статора.

Розділ 2. Система діагностики аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів

2.1. Мікропроцесорна система діагностики та захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів

Розглянемо багатофункціональні пристрої релейного захисту асинхронних електроприводів. До їх складу входять вимірювальні кола що визначають пускові та аварійні характеристики а також впливають на систему логічної розбудови контролю параметрів електромеханічної системи.

Такі системи налаштовуються на задані значення струмів та напруг а також контролюються визначенням опорів у мережі живлення асинхронної електричної машини.

Логічна структура пристроїв релейного захисту базується на відокремлених перемикаючих елементах що проектують відповідні витримки часу та відображують вимірювальні значення у програмному застосунку.

Вихідні елементи що входять до структури релейного захисту відповідають пусковим та аварійним режимом роботи що закладені у структуру програмної моделі системи релейного захисту там відповідають за узгодження значень напруги та струму живлення електричної машини.

Розглянемо багатофункціональні пристрої релейного захисту асинхронних електроприводів. До їх складу входять вимірювальні кола що визначають пускові та аварійні характеристики а також впливають на систему логічної розбудови контролю параметрів електромеханічної системи.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Кіреєв О.О.				Розділ 2	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Сінчук О.М.						23	15
Реценз.								
Н. Контр.	Сінчук О.М.							
Затвердив	Пересунько І.І.					КНУ ЕЕМ-21-2		

Такі системи налаштовуються на задані значення струмів та напруг а також контролюються визначенням опорів у мережі живлення асинхронної електричної машини.

Логічна структура пристроїв релейного захисту базується на відокремлених перемикаючих елементах що проектують відповідні витримки часу та відображують вимірювальні значення у програмному застосунку.

Вихідні елементи що входять до структури релейного захисту відповідають пусковим та аварійним режимом роботи що закладені у структуру програмної моделі системи релейного захисту там відповідають за узгодження значень напруги та струму живлення електричної машини.

Вихідна структура системи релейного захисту виконує функцію зв'язку системи керування комутаційними апаратами із пристроями передавання керуючих завдань за каналами командного зв'язку. Система керування забезпечується доволі потужними перемикаючими елементами що забезпечують її роботу упродовж дії органів захисту.

Мікропроцесорні системи захисту базуються на поєднанні декількох можливих аварійних режимів роботи. Такий підхід спрощує та значно здешевлює виконання систем захисту асинхронних машин.

Реле захисту асинхронних машин що підпорядковують свої вихідні параметри до системи автоматизації є більш складними структурами та володіють значно вищою ефективністю але з тим й вартістю зазначених пристроїв.

Тому більш зручним для промислових асинхронних електроприводів є можливість використовувати невисокі вимоги щодо точності й функціональності роботи захисних пристроїв з поєднанням надійності роботи захисних систем.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також можна зазначити що перехід до нової елементної бази у структурах релейного захисту асинхронних електричних двигунів не призводить до зміни основних напрямків та підходів щодо розбудови систем автоматики та діагностики електромеханічного обладнання.

Отже мікропроцесорні системи релейного захисту асинхронних електричних двигунів покликані не створити нові умови щодо розгляду аварійних режимів роботи а мають на меті забезпечення більш простої та ефективної роботи щодо налагодження та спрацьовування останніх.

Розглянемо цифрові системи релейного захисту.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

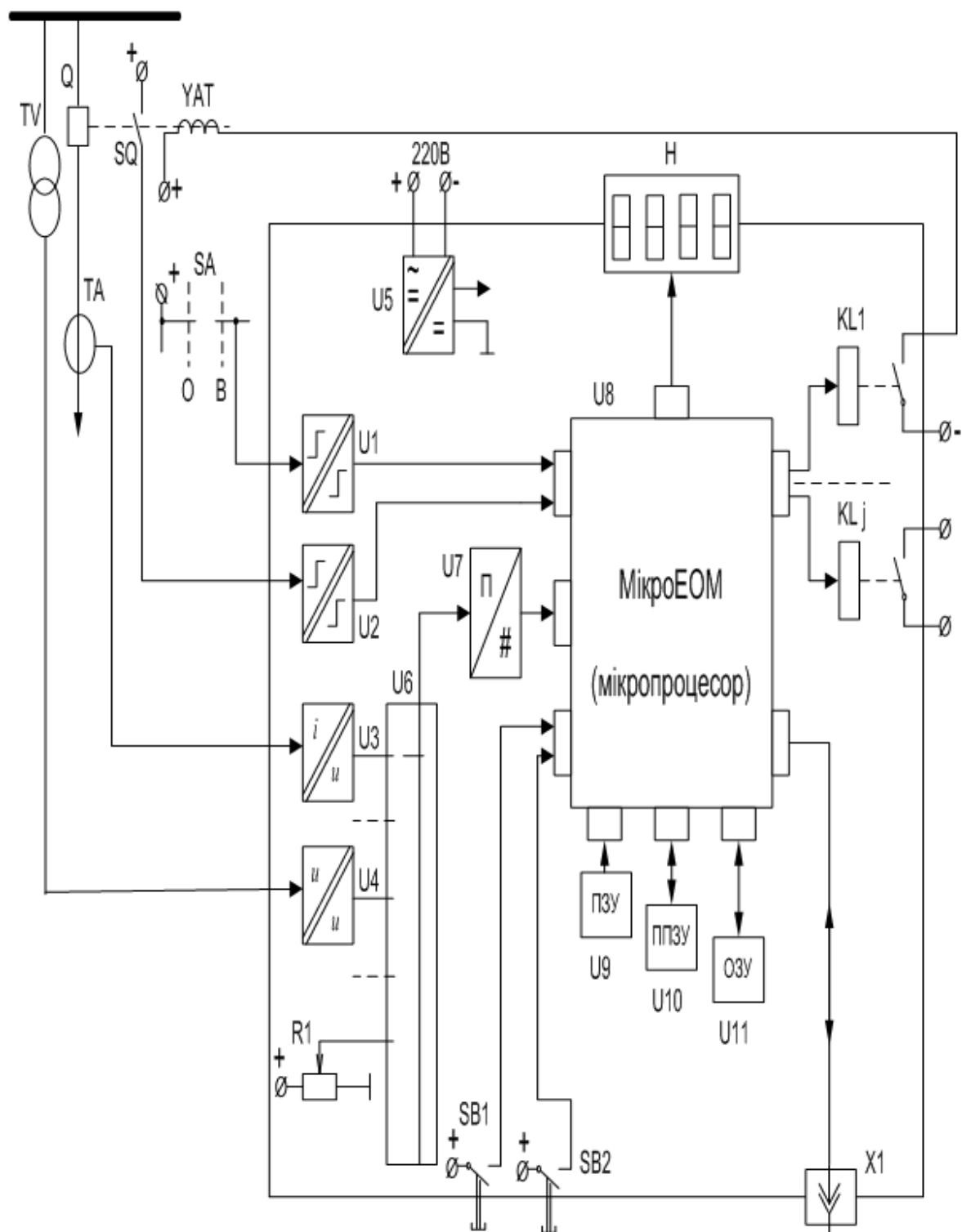


Рисунок 2.1 – Мікропроцесорна система діагностики та захисту від аварійних режимів роботи асинхронного електроприводу

Центральним вузлом узагальненої структури цифрової системи релейного захисту є мікропроцесорний пристрій який виконує обробку інформації та вироблення сигналів завдання на відповідні елементи зазначеної структури.

За допомогою цифрової обчислювальної структури виконується компонування вихідних вузлів системи релейного захисту із зовнішніми елементами. До таких елементів можна віднести датчики електричних показників асинхронного електроприводу та електромеханічні параметри електроприводу які заносяться до пам'яті мікропроцесорної системи.

Давайте розглянемо основні принципи перерахованих вузлів мікропроцесорної системи.

У структурі схеми можна бачити перетворювач що забезпечує гальванічну розв'язку вхідних ланок та відтворює захист керуючих вузлів від впливу силового навантаження.

Для зменшення динамічної складової на керуючі ланки використовується система частотної фільтрації вхідних сигналів яка передбачає аналогово-цифровий перетворювач на вході зазначеної системи.

Таким чином аналогові сигнали від датчиків та показники стану електромеханічної системи проходять попередню обробку та перетворення у цифровий формат що унеможливорює вплив силової частини електромеханічної системи на стан системи керування асинхронним електроприводом.

Внутрішні елементи контурів керування електромеханічною системою захищені спеціальними запобіжниками та автоматичними вимикачами.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чутливість системи керування асинхронним електроприводом налаштована таким чином щоб мати змогу обробки сигналів в усьому діапазоні регулювання можливих значень контрольованого сигналу.

Релейні перетворювачі виконані у вигляді дискретних функцій на які надходять сигнали завданням та контролюються за зворотним зв'язком із зовнішніми сигналами. При цьому вихідні перетворювачі керованих сигналів мають бути забезпечені гальванічною розв'язкою із силовими сигналами електромеханічної системи асинхронного електроприводу.

Контроль зазначених сигналів виконує реле захисту. Комутаційна здатність зазначених реле захисту забезпечується можливістю виконувати розрив кіл живлення та керування. Параметри сигналів керування розраховуються за інтегральною складовою.

Стабілізацію напруги живлення забезпечує спеціальна схема що використовується у якості джерела. Показники режимів роботи записуються на спеціальному запам'ятовуючому пристрої та можуть бути використані для аналізу режимів роботи та створення аварійних ситуацій. Монітор щодо виведення архівної інформації має доволі високу розподільну здатність тому може використовуватись як табло щодо виведення графіків та показників роботи асинхронного електроприводу.

Також можлива дистанційна робота з системою релейного захисту. Аналогово-цифрові перетворювачі які застосовуються у системах релейного захисту асинхронних електричних двигунів використовують часткову вибірку перехідних процесів. Таким чином зберігається можливість запису доволі великої кількості режимів роботи не збільшуючи об'єм запам'ятовуючого пристрою та зробивши можливим використання аналогового цифрового перетворювача у якості об'єкту "чорний ящик"що надає можливості використовувати показники режимів роботи асинхронного електроприводу у

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якості вхідних та вихідних сигналів що спрощує процес обробки даних та зменшує навантаження на систему керування.

Таким чином система автоматичного релейного захисту здійснює відтворення електричних процесів у електромеханічній системі за синхронною електричною машиною та забезпечує наявність графіків зміни електричних навантажень протягом усього часу її роботи. Базовий алгоритм допрацьовуванням електромеханічних характеристик забезпечує відтворення графіків зміни параметрів асинхронного електроприводу та відтворення основних показників його роботи.

Розглянемо роботу автоматичної системи релейного захисту асинхронного електроприводу на прикладі формування графіків струмового навантаження що виникає при його роботі.

Можна бачити що система релейного захисту використовує дискретну інформацію надходжень сигналів що формуються з датчиків аналогової системи регулювання. Кількісні значення що отримуються за допомогою системи зворотного зв'язку аналогових кіл регулювання використовується у дискретній формі. У свою чергу такий підхід дає змогу суттєво скоротити обчислювальні операції. Так можна бачити що початкова інформація з аналогових датчиків що потрапляє у систему обчислення використовується за дискретними інтервалами та обчислені значення мають відповідати певним величинам.

З обчислених значень формується вигляд початкової кривої струму. Надалі логічна функція що використовується у програмному середовищі системи мікропроцесорного релейного захисту визначаємо фактичні значення відшукуваної величини. Остаточне зображення струму ми отримуємо після логічних обчислень та визначення інтервалів часу щодо вимірювання та відповідності цих інтервалів режимам роботи асинхронного електроприводу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення дискретних сигналів використовується метод часткової апроксимації. Запропонований метод визначає спектр амплітуди косинусних та синусних показників ряду Фур'є та розраховує необхідне значення функції струму у зазначених співвідношеннях.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Основні принципи роботи систем захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів

Доволі важливим параметром у асинхронному електроприводі є значення електромагнітного моменту електричної машини. Доволі важливим значенням електромагнітного моменту є його відповідність пусковим діаграмам асинхронного електроприводу.

Слід зазначити що значення електромагнітного моменту асинхронної машини істотно залежить від значення статичного навантаження. Тому при пуску асинхронного електродвигуна важливим є забезпечення значення електромагнітного моменту що буде перевищувати значення статичного навантаження. Звичайно це значення не може відповідати номінальним параметрам асинхронної машини. Тому для асинхронних короткозамкнутих двигунів доволі широко використовується система зниження навантаження при пуску електричної машини.

Зниження навантаження при пуску асинхронного електродвигуна можна досягти зниженням амплітуди живлення обмотки його статора або зменшенню частоти живлення асинхронної машини.

Слід зазначити що критичний момент асинхронної машини має квадратичну залежність від амплітуди напруги живлення обмотки його статора тому слід обирати такі значення напруги щоб значення критичного моменту не були меншими за статичне навантаження на валу асинхронного електродвигуна.

Якщо параметри технологічного механізму мають за можливість здійснювати пуск у режимі холостого ходу тоді останні викладки щодо значення електромагнітного моменту не набувають чинності та можуть бути знехтуваними.

При використанні асинхронних двигунів з фазним ротором спостерігається значне зростання пускового електромагнітного моменту асинхронної машини. Це може бути використано для механізмів що потребують підвищеного значення пускового моменту приводного двигуна.

Розглянемо пускові діаграми електромеханічних систем з асинхронними двигунами.

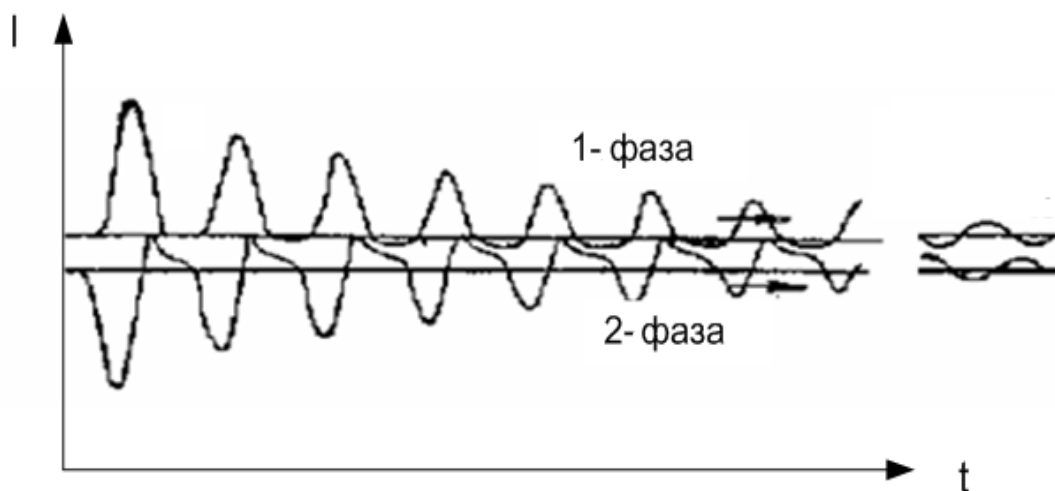


Рисунок 2.2 – Пускові діаграми електромеханічних систем з асинхронними двигунами

Так можна розглянути декілька можливих варіантів пуску асинхронної машини. Один з варіантів передбачає пуск асинхронної машини із розімкненим колом обмотки ротора, що можливо тільки при використанні асинхронного двигуна з фазним ротором. Інший підхід базується на відтворенні процесу пуску при замкненому колі обмотки ротора електричної машини.

Розглянемо перший випадок коли ротор асинхронної машини є розімкненим. При цьому магнітний потік асинхронної машини можна розподілити на дві складові що накладаються одна на одну. Магнітний потік від симетричної та а періодичної складової формують результуючий

магнітний потік. Значення цього магнітного потоку можуть удвічі перевищити номінальні значення електричної машини. Таким чином можна бачити затухаючі аперіодичні коливання у роторі електричної машини.

Значення результуючого магнітного потоку суттєво насичують сталь електричної машини. Таким чином амплітудне значення струму статора асинхронної машини буде значно вище амплітудного значення струму статора асинхронної машини при звичайному режимі роботи. Отже можна зазначити що у такому режимі роботи струм холостого ходу асинхронної машини буде у декілька разів перевищувати номінальне значення струму статорної обмотки.

Розглянемо більш детально процеси що протікають при пуску асинхронної машини із замкненою обмоткою ротора.

Оскільки при початковому значенні частота обертання асинхронної машини дорівнює нулю то пускові процеси можна охарактеризувати як режим короткого замикання на мережу. Такий процес буде наявним доки струм намагнічення не набуде свого номінального значення.

Струм намагнічення так само як і струм холостого ходу при пуску асинхронної машини з розімкненим колом ротора має свої симетричні та аперіодичні значення. Аперіодична складова струму має доволі висока кількісне значення тому у режимі пуску виділяється доволі велика кількість теплової енергії.

Втрати електричної енергії при пуску що розсіюється у вигляді теплової на опорах обмотки статора та ротора може бути визначена за допомогою нескладних рівнянь.

Кількість теплової енергії у процесі пуску при замкненому роторі асинхронного електричного двигуна також може бути підраховано за допомогою аналітичних виразів.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином можна зазначити що кількість теплової енергії яка виділяється у роторі асинхронної машини при пуску буде дорівнювати запасу кінетичної енергії у обертовій частині асинхронного двигуна. От можна бачити що одна зі складових енергетичного процесу пуску асинхронної машини переходить зі статора у ротор у вигляді електромагнітного моменту і створює запаси кінетичної енергії. Інша частина навпаки переходить у вигляді теплової енергії у колах обмотки ротора та статора електричної машини. Таким чином якщо у коло ротора ввімкнено додатковий опір то залишки електричної енергії будуть розсіюватись на елементах що включено до кола ротора електричної машини.

Слід зазначити що чим більша величина моменту інерції електричної машини тим більш низьким буде вплив розсіювання кінетичної енергії та більше значення теплової енергії буде розсіюватись у колі обмотки ротора асинхронної машини.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3. Моделювання роботи системи захисту від аварійних режимів роботи асинхронних електроприводів

3.1. Модель асинхронного електроприводу із системою захисту від аварійних режимів роботи

Розглянемо можливість створення системи яка буде контролювати режими роботи асинхронного електроприводу та запобігати створенню аварійних ситуацій при його функціонуванні.

Для визначення параметрів запропонованої системи скористаємося розглядом електромеханічних процесів у вигляді аналітичної моделі.

Для визначення параметрів режимів роботи асинхронного електроприводу зручно користуватись рівняннями енергетичного балансу у структурі електричного приводу.

Сигнали зворотних зв'язків мають надходити від відповідних датчиків які характеризують параметри асинхронного електроприводу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Кіреєв О.О.				Розділ 3	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Сінчук О.М.						35	6
Реценз.								
Н. Контр.	Сінчук О.М.							
Затвердив	Пересунько І.І.					КНУ ЕЕМ-21-2		

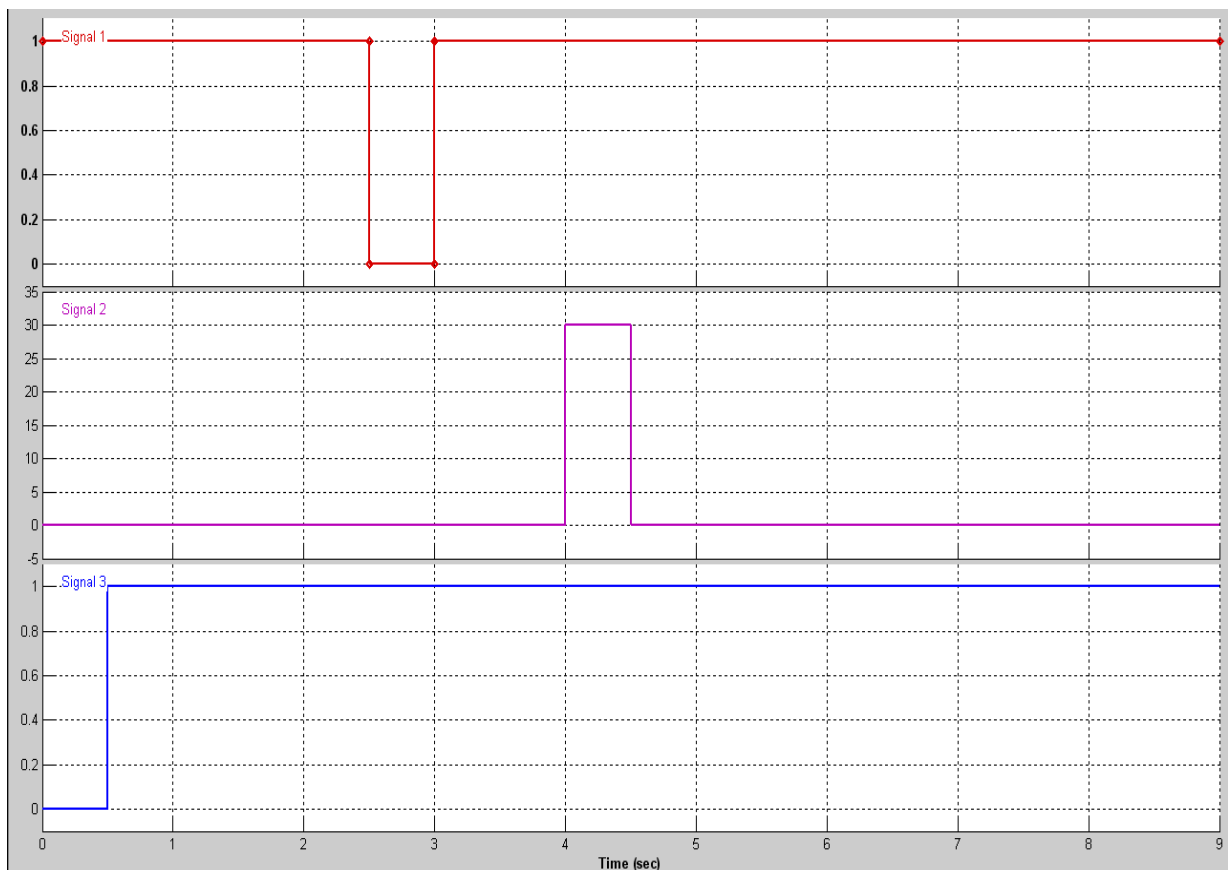


Рисунок 3.1 – Контрольні сигнали роботи асинхронного електроприводу

Мікропроцесорна система релейного захисту має бути підключення до електричного джерела живлення там безпосередньо до асинхронного електроприводу. Для обробки інформації буде застосована комп'ютеризована система.

Розглянемо процес роботи мікропроцесорної системи релейного захисту при виникненні різних аварійних режимів.

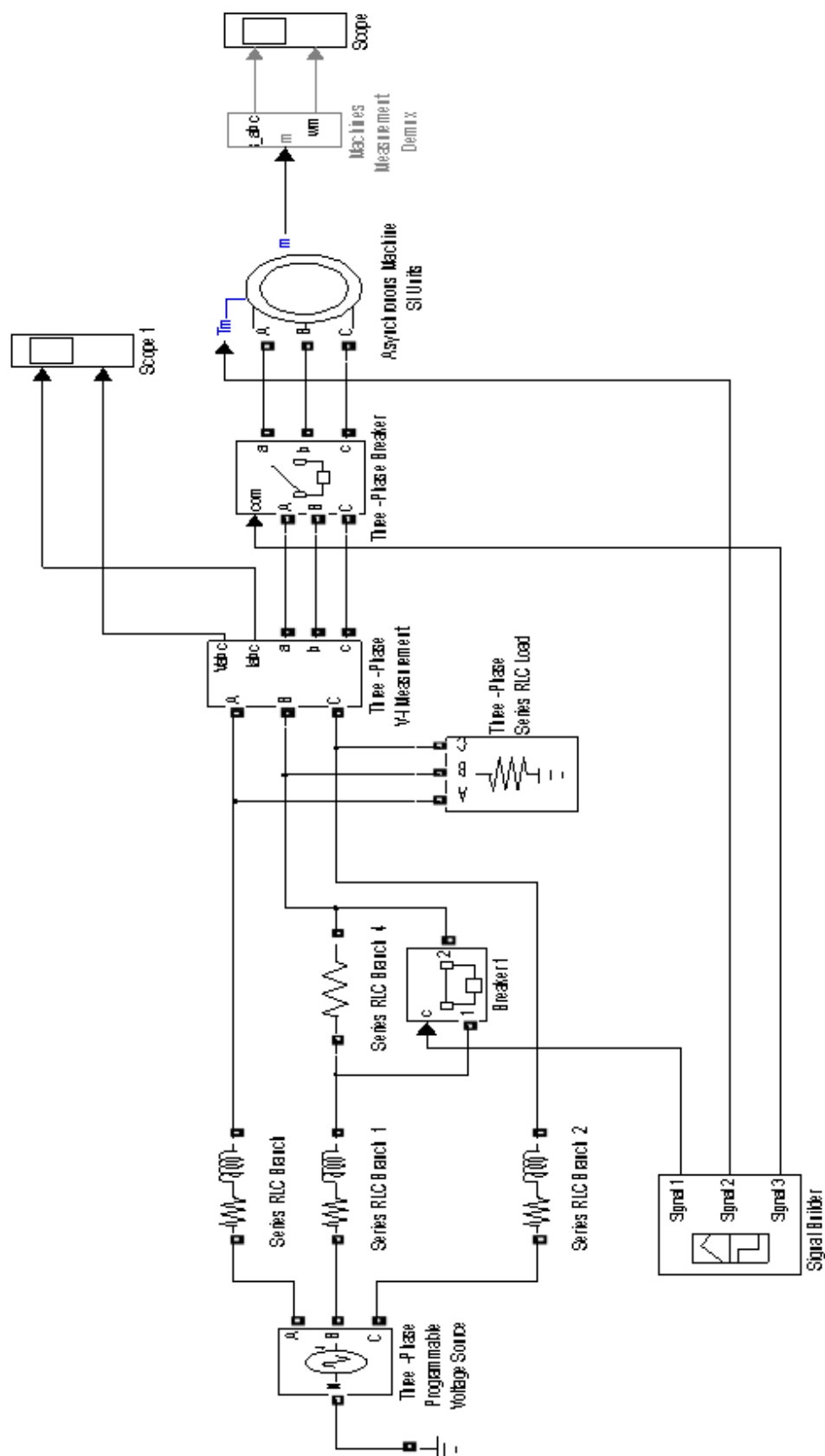


Рисунок 3.2 – Модель дослідження режимів роботи мікропроцесорної системи релейного захисту при виникненні різних аварійних режимів

Можна зазначити що до структури моделі буде включено джерело живлення а також еквівалентні контури силових тіл а також блоки датчиків та еквівалентних навантажень. Окремою ланкою у моделі виступає асинхронний електричний двигун.

При моделюванні було виконано наступні допущення, а саме:

- задані значення джерела живлення;
- задані значення активних опорів у колах живлення та навантаження;
- симетричність струмів;
- відсутність інерційності у колах керування.

Отже відповідно до прийнятих зауважень проведемо обчислення перехідних процесів при роботі системи мікропроцесорного релейного захисту асинхронних електричних двигунів.

3.2. Перехідні процеси у асинхронному електроприводі при виникненні аварійних режимів роботи

Дослідимо електромагнітні процеси у структурі асинхронного електроприводу з використанням системи мікропроцесорного релейного захисту.

Аналіз режимів роботи мікропроцесорної системи захисту у релейному виконанні будемо виконувати за допомогою графіків зміни струму та напруги живлення асинхронного електричного двигуна.

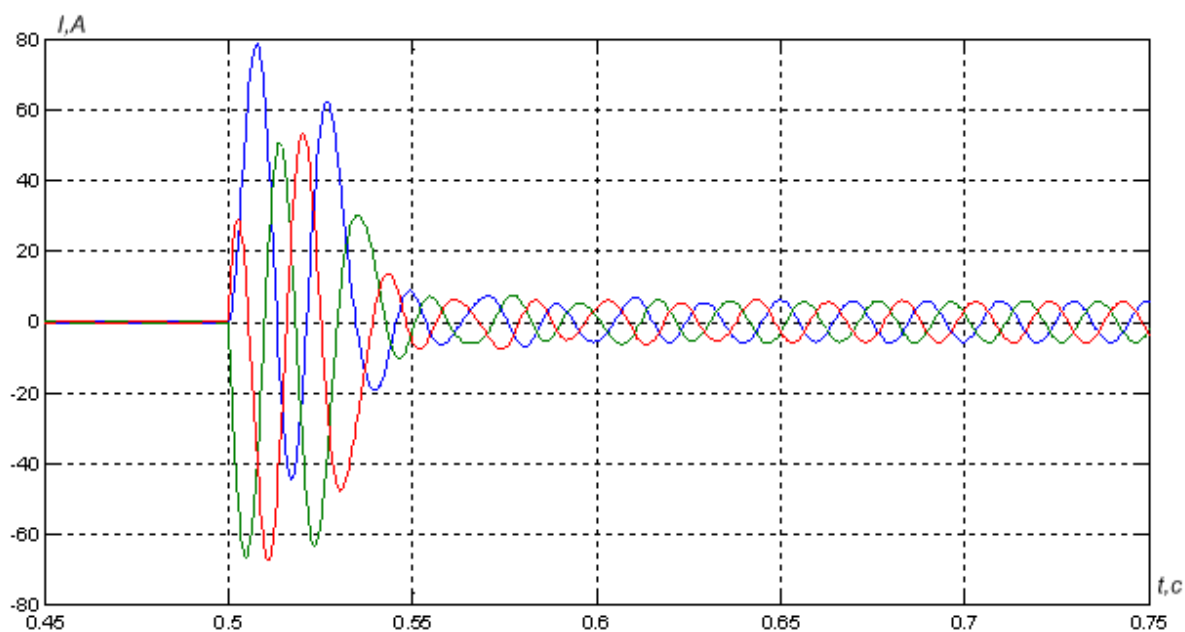


Рисунок 3.3 – Графіки зміни струму асинхронного електричного двигуна

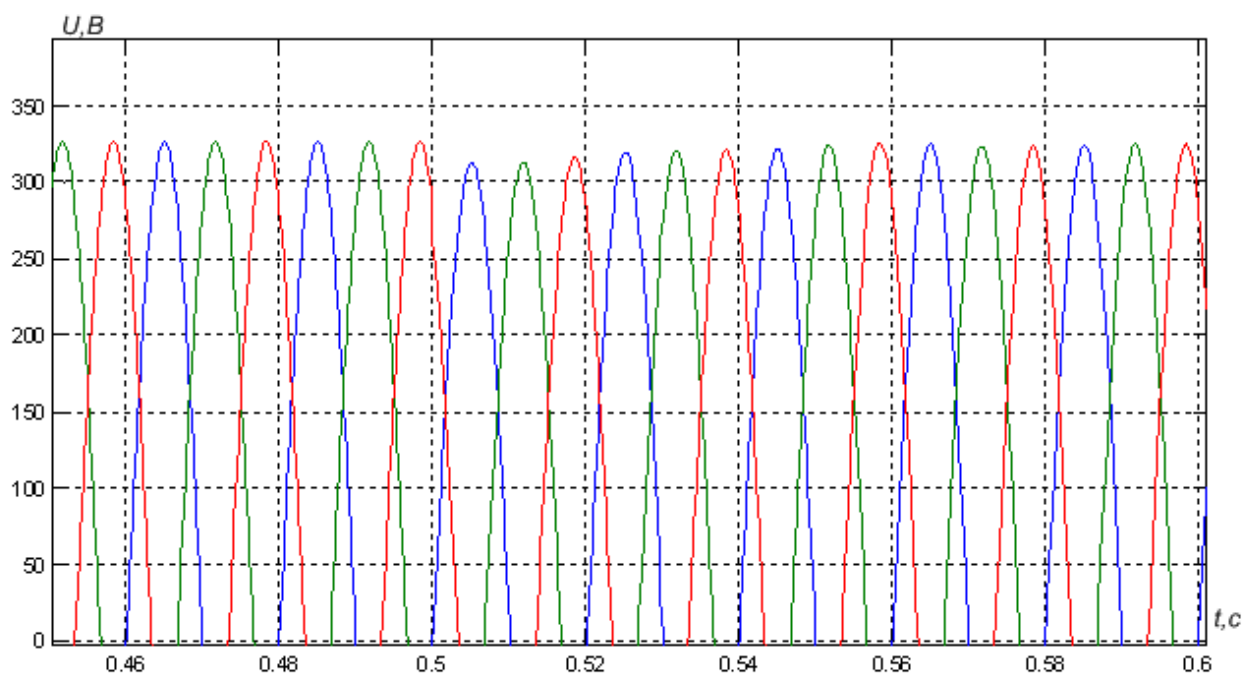


Рисунок 3.4 – Графіки зміни напруги живлення асинхронного електричного двигуна

За отриманими графіками можна бачити що пуск асинхронного двигуна буде відбуватись із значним перевищенням струму статора асинхронної машини. При цьому процесі зміни у напрузі живлення асинхронного двигуна на графіках електромагнітних процесів помічено не було. Останнє свідчить про асиметричність розглянутих процесів з позиції відображення напруги живлення та струму навантаження асинхронної машини.

Розглянемо режими роботи при живленні асинхронної електричної машини спотвореним значенням напруги живлення. Слід зазначити що у модельному дослідженні було використано можливість змінити амплітуду однієї з фаз напруги живлення відносно інших. Частота напруги живлення при цьому експерименті залишалась незмінною.

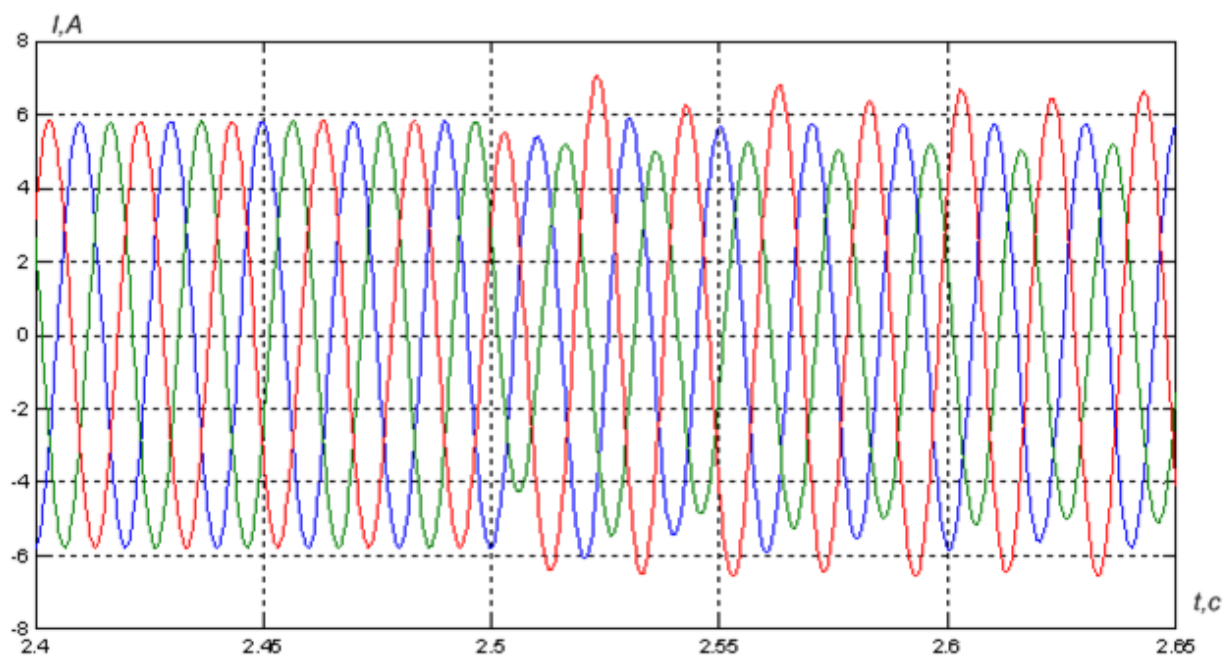


Рисунок 3.5 – Графіки зміни напруги живлення асинхронного електричного двигуна при живленні спотвореним значенням

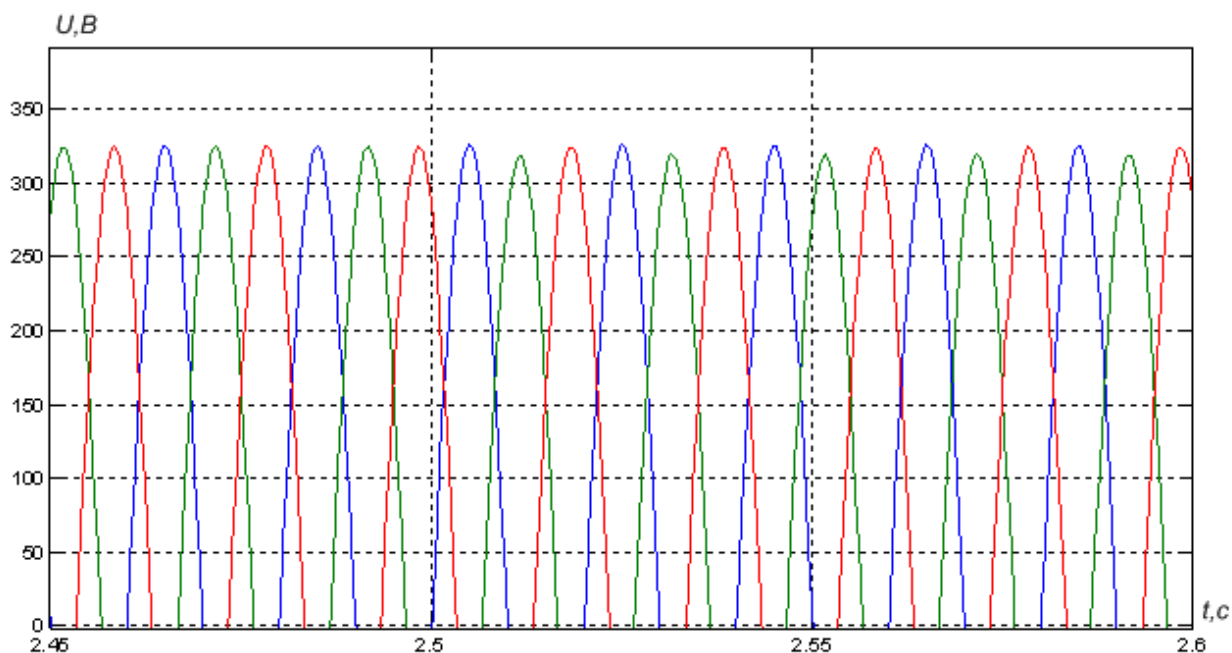


Рисунок 3.6 – Графіки зміни струму асинхронного електричного двигуна при живленні спотвореним значенням напруги живлення

За наведеними графіками можна бачити що зміна амплітуди живлення однієї з фаз напруги на статорі асинхронної машини призводить до несиметричного режиму розподілення струмового навантаження у контурі обмотки статора.

Також можна бачити нерівномірне розподілення значення електромагнітного моменту при наявності несиметрії напруги живлення.

Як було сказано раніше для виправлення подібних ситуацій застосовуються диференційне реле захисту.

Слід зазначити що розглянута мікропроцесорна система релейного захисту включає у себе як захист від перевантажень так і захист від наявності струмів нульової послідовності.

Тобто при наявності режиму несиметричного живлення з боку джерела система мікропроцесорного релейного захисту має вимкнути електричний двигун та припинити його роботу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У першому розділі було визначено електромеханічні складові асинхронного електроприводу які впливають на аварійні режими роботи.

Також було проаналізовано та визначено основні напрямки для підвищення ефективності роботи асинхронних електричних приводів.

Основними напрямками з підвищенням ефективності роботи асинхронних електроприводів було визначено впровадження систем діагностики та контролю параметрів з впровадженням функції захисту електричних споживачів.

У другому розділі було розроблено математичну модель електромеханічної системи за синхронним електричним двигуном та визначено показники електромагнітних та електричних параметрів у колах обмоток статора та ротору асинхронної машини.

Було виділено аварійні режими роботи асинхронного електроприводу та визначено чинники які впливають на характер протікання перехідних процесів у аварійних режимах роботи.

У третьому розділі було запропоновано математичну модель для визначення параметрів аварійних режимів роботи асинхронного електроприводу.

До базової структури входили аналітичні блоки та елементи комп'ютеризованої моделі асинхронного електроприводу.

За отриманими графіками було проведено аналіз та визначено показники якості перехідних процесів при зміні режимів роботи асинхронного електроприводу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.249-05	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		