

Факультет «Управління енергетичними процесами»

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Дослідження режимів захисної апаратури кіл
електрорухомого складу залізниць»
за освітньою програмою: «Електромеханічні системи автоматизації та
електропривод»
зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
Виконав: студент групи «ЕП2121»

Керівник: _____
(підпис студента)

/Максим ЛИСЕНКО/

/доц. Оксана КАРЗОВА/

Нормоконтролер: _____

/доц. Оксана КАРЗОВА/

(підпис)

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

ОП та безпека в НС

(назва розділу)

/проф. Олег Саблін/

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

//

(назва розділу)

(підпис)

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

//

(назва розділу)

(підпис)

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

//

(назва розділу)

(підпис)

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Факультет: Факультет «Управління енергетичними процесами»

Кафедра: «Електротехніка та електромеханіка»


Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ

 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата 01.12.2022

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра студенту Лисенко
Максим Владиславович

1. Тема роботи: «Дослідження режимів захисної апаратури кіл
електрорухомого складу залізниць»

Керівник роботи: Карзова Оксана, доцент
затверджені наказом № 441 ст від 29.10.2021

2. Строк подання студентом роботи: 01.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Апаратура електрообладнання залізниці

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

4.1 Аналітична частина: Розробка схеми реле струму та напруги

4.2 Основна частина: Захисна апаратура електрообладнання залізниці. Опис
принципу дії сучасних однолінійних компонентів типу arduino

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: охорона праці та

безпека при надзвичайних ситуаціях

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


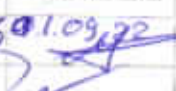

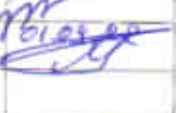
6. 1. Схема живлення і секціонування контактної мережі на двоколійних
дільницях змінного струму.

2. Умовне зображення АЦП, який має вхід опорної напруги VREF.

3. Схема датчика.

4. Результати моделювання

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Основна частина	доц. Карзова О.О.	 01.09.22	 01.09.22
Охорона праці та безпека при НС	проф. Саблін О.І.	 01.09.22	 01.09.22

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.09.22	5%
2	Розділ 1. Захисна апаратура електрообладнання залізниці	08.09.22	25%
3	Розділ 2. Опис принципу дії сучасних однолінійних компонентів типу arduino	15.10.22	15%
4	Розділ 3. Розробка схеми реле напруги	22.10.22	25%
5	Розділ 4. Розробка реле струму	4.11.22	10%
6	Розділ 5. Дослідження перехідних режимів в датчиках напруги і струму в аварійних режимах	15.11.22	5%
7	Розділ 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.11.22	10%
8	Висновки та рекомендації	25.11.22	5%
9	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	01.12.22	
10	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.12.22	

Студент

Максим ЛИСЕНКО


(підпис)

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

доц. Оксана КАРЗОВА


(підпис)

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. арк.	№ екз.	Прим
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Заново розроблена			
3	A4	7.141.170083.ПЗ	Пояснювальна записка	55		
5			Запозичена			
6						
7			<u>Графічна частина</u>			
8			Заново розроблена			
9	A4	7.141.170083.01	Схема живлення і секціонування контактної мережі на двоколійних ділянках змінного струму	1		
12	A4	7.141.170083.02	Умовне зображення АЦП, який має вхід опорної напруги VREF	1		
13						
14	A4	7.141.170083.03	Схема датчика	1		
15						
16						
17	A4	7.141.170083.04	Результати моделювання	1		
21			Запозичена			
22						
23			<u>Електронна частина</u>			
24						

7.141.170083.ВР

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
Розробив		Лисенко М.В.		09.12
Керівник		Карзова О.О.		09.12
Консульт				
Н. Контр.		Карзова О.О.		09.12
Зав.кафед		Муха А.М.		09.12

Відомість
кваліфікаційної роботи

Лист.	Арк.	Аркуші
	5	72

МОН України, УДУНТ
Кафедра ЕТЕМ,
група ЕП2121

РЕФЕРАТ

Дипломна кваліфікаційна робота на тему «Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць» містить: 60 сторінок основного тексту, 3 таблиці, 26 рисунків, 15 літературних джерел.

Метою магістерської дипломної роботи дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць.

В розділі 1 показано, опис захисної апаратури електрообладнання залізниці

Розділ 2 – опис принципу дії сучасних однолінійних компонентів типу arduino.

У розділі 3 - розробка схеми реле напруги.

Розділ 4 - розробка реле струму.

Розділ 5 – дослідження перехідних режимів в датчиках напруги і струму в аварійних режимах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РУХОМИЙ СКЛАД, АРДУІНО, РЕЛЕ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, СХЕМА КЕРУВАННЯ, ПОКАЗНИКОВИЙ ЗАКОН, ЗАЛІЗНИЦЯ.

						Арк.
					7.141.170083.ПЗ	6
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст магістерської роботи

ЗМІСТ

ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1. ЗАХИСНА АПАРАТУРА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗАЛІЗНИЦІ	5
1.1. Опис приладів напруги	5
1.2. Переваги та недоліки апаратів напруги	11
1.3. Споруди та пристрої електропостачання залізниць	13
РОЗДІЛ 2. ОПИС ПРИНЦИПУ ДІЇ СУЧАСНИХ ОДНОЛІНІЙНИХ КОМПОНЕНТІВ ТИПУ ARDUINO	34
2.1. Коротка характеристика	34
2.2. Arduino Uno	38
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ РЕЛЕ НАПРУГИ	41
3.1. Розрахунок АЦП	41
3.2. Вибір датчика напруги	45
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕЛЕ СТРУМУ	46
4.1. Вибір датчика струму	46
РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ В ДАТЧИКАХ НАПРУГИ І СТРУМУ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ	52
5.1. Дослідження перехідних режимів в датчиках напруги в аварійних режимах	52
5.2. Розробка експериментального захисту струму електрорухомого складу залізниць	57
6. Безпека експлуатації електрообладнання	76
6.1. Безпекові дії при роботі з електроприладами	76
6.2. Дії персоналу при електротравматизмі та пожежі	76
ВИСНОВКИ І ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69

					7.141.170033.ПЗ			
Змн.	Лист.	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лисенко М.В.			Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць	Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Карзова О.О.					8	82
Н. Контр.		Карзова О.О.				МОН України, УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП2121		
Затв.		Муха А.М.						

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Нормований рівень напруги в тяговій мережі електрифікованої ділянки забезпечує рух поїздів з необхідною економічно доцільною швидкістю, встановленою умовами пропускної здатності. Такий режим забезпечує регламентовані витрати енергії на тягу з урахуванням втрат в системі електропостачання, необхідну надійність роботи електрорухомого складу (ЕРС) та пристроїв електропостачання.

Робота ділянки при вимушеному режимі напруги призводить до необхідності використання резервної потужності і перевантаження обладнання тягових підстанцій. При цьому напруга на струмоприймачах стає нижчою допустимого рівня і виникає необхідність у зниженні розмірів руху та збільшенні інтервалу між поїздами. Використання нових, більш потужних електровозів або збільшення їх числа чи секцій для пропуску поїздів великої маси, супроводжується значним зростанням потужності та струму, що споживається з тягової мережі.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом роботи є електрорухомий склад залізниць. Предметом дослідження є захисна апаратура електрорухомого складу залізниць.

Мета та завдання дослідження. Метою магістерської дипломної роботи дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць.

На основі мети поставлено ряд **завдань**:

- зробити опис приладів напруги;
- дослідити переваги та недоліки апаратів напруги;
- розглянути споруди та пристрої електропостачання залізниць;
- зробити коротку характеристика Arduino Uno;
- виконати розрахунок АЦП;
- вибрати датчик напруги;
- вибрати датчик струму;

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

- дослідити перехідні режими в датчиках напруги в аварійних режимах;
- розробити експериментальний захист струму електрорухомого складу залізниць.

Методи дослідження. Методи статистичного аналізу, аналітичне дослідження режимів напруги.

Наукова новизна одержаних результатів. З метою забезпечення дослідження захисної апаратури електрорухомого складу залізниць, досліджено рівень напруги високошвидкісного руху на ділянці, яку електрифіковано за системою електропостачання постійного струму запропоновано та обґрунтовано підхід, який полягає у застосуванні несиметричної схеми підсилення тягової мережі, що дозволяє підвищити ефективність системи електричної тяги цієї ділянки.

Практичне значення одержаних результатів. Результати досліджень можуть бути використані при впровадженні захисної апаратури на території України, для забезпечення необхідного рівня напруги та пропускної здатності.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. ЗАХИСНА АПАРАТУРА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЗАЛІЗНИЦІ

1.1. Опис приладів напруги

Складність сучасної електроенергетичної системи (ЕЕС), визначається великою кількістю електроустановок (наприклад генераторів, трансформаторів, ліній, двигунів, електровозів, електропечей та ін.), різних схем первинних (головних) і вторинних (вимірювальних, контрольних, управлінських та ін.) електричних з'єднань і особливостей технологічного процесу.

Розглянемо головні особливості режимів роботи електричних мереж:

1. У кожен момент часу вироблення електроенергії має строго відповідати її споживанню, що забезпечується безперервністю і взаємозв'язком процесів виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії (зі збільшенням споживання електричної потужності має збільшуватися її вироблення, і навпаки).

2. Велика швидкість поширення електромагнітних збурень в електричних мережах, для ліквідації аварій у яких мають застосовуватися тільки автоматичні пристрої. Перехідні процеси в елементах електричних мереж часто супроводжуються відхиленнями параметрів електроенергії від допустимих значень параметрів нормальних експлуатаційних режимів. Ненормальні режими призводять до збільшення струму, зниження напруги, відхилення частоти. Найбільш частим ненормальним режимом є перевантаження устаткування, викликане збільшенням струму понад номінальне значення.

Якщо струм, що проходить по обладнанню, перевищує номінальне значення, то виділяється додаткове тепло, температура струмопровідних частин та ізоляції через деякий час перевершує допустиму величину, що призводить до швидкого зносу ізоляції та її пошкодження. Для попередження

									Арк.
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

7.141.170033.ПЗ

пошкодження обладнання при перевантаженні необхідно вжити заходів до розвантаження або вимикання частини споживачів. Небезпечне для ізоляції підвищення напруги може виникнути при односторонньому вимиканні або вмиканні довгої лінії.

При зниженні частоти і напруги створюється небезпека для нормальної роботи споживачів і стійкості енергосистем, а підвищення напруги і струму загрожує можливими пошкодженнями обладнання та ліній. Ненормальні режими часто є попередниками аварійних режимів, які, як наслідок, призводять до економічних втрат і збитків.

Для забезпечення нормальної роботи електричних мереж необхідно швидше проводити виявлення і відділення місця пошкодження від непошкоджених ділянок, відновлюючи, таким чином, нормальні умови роботи електричних мереж і споживачів. У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні і застосуванні ефективних автоматичних пристроїв, що виконують певні операції і захищають електричні мережі та їхні елементи від небезпечних наслідків пошкоджень і ненормальних режимів.

Ліквідацію аварійних режимів здійснює релейний захист (РЗ), який тісно пов'язаний з пристроями автоматики для швидкого відновлення нормального режиму.

Нижче в тексті і на рис. 1.1 наведено класифікацію функцій пристроїв релейного захисту й автоматики, де позначено:

Н.Р. – нормальний режим;

Д.А. – доаварійний режим;

А.Р. – аварійний режим;

П.А. – післяаварійний режим;

АСГ – автоматична синхронізація генераторів;

СС – самосинхронізація генераторів;

ТС – точна синхронізація генераторів;

АСС – автоматична синхронізація систем (ліній, шин);

АРЗ – автоматичне регулювання збудження;

										Арк.
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					7.141.170033.ПЗ	

Таблиця 1.1 - Номінальні значення напруг для потреб апаратури електрорухомого складу залізниць

1) постійний струм:	
в) залізничний транспорт:	
номінальна напруга на шинах тягової підстанції	3,3 кВ
номінальна напруга на струмоприймачі	3 кВ
мінімальна напруга на струмоприймачі	2,7 кВ
максимальна напруга на струмоприймачі	не більше 4 кВ;
2) стандартні напруги однофазного змінного струму:	
номінальна напруга на шинах тягової підстанції	27,5 кВ
номінальна напруга на струмоприймачі	25 кВ
мінімальна напруга на струмоприймачі	21 кВ
максимальна напруга на струмоприймачі	29 кВ

У режимі електричного гальмування на ЕРС постійного струму система автоматичного регулювання струму тягових двигунів забезпечує стабілізацію струму якоря відповідно до заданого значення шляхом регулювання струму збудження. Задавання струму якоря двигунів здійснюється машиністом через рукоятку контролера машиніста. Реалізація процесу рекуперації на змінному струмі технічно є більш складною технічною задачею, ніж на постійному, що зумовлюється додатковою необхідністю оснащення вхідних реверсивних випрямлячів, до яких висуваються вимоги не тільки за параметрами високого ККД, а й вимоги забезпечення високих показників електромагнітної сумісності. Приклад принципової силової схеми сучасного електровоза, який отримує живлення від тягової мережі змінного струму, з вхідним перетворювачем, автономним інвертором напруги та асинхронним тяговим двигуном, на схемі якого В1 і В2 позначені вхідні перетворювачі, які при

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

живленні від постійного струму використовуються як гальмівні перемикачі, що задіюють опори R1 і R2 відповідно замість одного IGBT-модуля. Вторинні обмотки тягового трансформатора використовуються при живленні на постійному струмі як мережеві фільтри. Елементи L1, L2 і C1 являють собою дроселі і конденсатор у складі резонансного фільтра, що замикає на собі гармоніку струму з частотою 100 Гц.

Конденсатори Сф – це проміжні ланки постійної напруги, на яких вхідні перетворювачі підтримують постійну напругу. АІН1 і АІН2 позначені вихідні перетворювачі, які являють собою автономні інвертори напруги (АІН) і здійснюють регулювання АТД. Резистори r1, r2 використовуються як обмежувачі струму при заряді конденсаторів Сф для першого і другого перетворювачів і C1 відповідно [7]. Після зарядки конденсаторів постійної ланки і резонансного фільтра замкнуті контактори к1, к3, к4, к6, к9, к10, к11, к12. Відповідно вхідні перетворювачі В1 і В2 підключені вхідними затискачами до вторинних обмоток тягового трансформатора, а до їх вихідних затискачів через резонансний фільтр C1-L1-L2 і проміжну ланку постійної напруги підключені вихідні перетворювачі (АІН) з АТД.

Головною проблемою ЕРС змінного струму є підвищення енергетичних показників, таких як ККД і коефіцієнт потужності. Низькі значення коефіцієнта потужності вказують на велику величину реактивної потужності, призводять до зниження пропускної спроможності ліній електропередачі, збільшення падіння напруги в тяговій мережі і неповного використання потужності всієї системи тягового енергопостачання. Крім того, використання традиційних випрямлячів змінної напруги, що працюють на індуктивне навантаження, супроводжується значним спотворенням струму в мережі живлення, що погіршує ЕМС електрорухомого складу з системою енергопостачання та електричними колами залізничної автоматики [7]. Тому розвиток вхідних перетворювачів був постійно пов'язаний з бажанням підвищити енергетичні показники; щоб їх поліпшити необхідно було зменшити величину реактивної потужності контактної мережі. На сучасному

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

електрорухомому складі змінного струму вхідні перетворювачі здійснюють функції випрямлення і рекуперації. Складність вхідного перетворювача визначається вимогами забезпечення рівня електромагнітної сумісності з мережею живлення. При цьому необхідно забезпечити задані масо-габаритні показники і ККД.

1.2. Переваги та недоліки апаратів напруги

Плавкі запобіжники дозволяють здійснити найбільш просту і дешеву захист електроустановки, в тому числі і трансформаторної підстанції. При виконанні захисту трансформатора за допомогою плавких запобіжників виявляються непотрібними трансформатори струму, апаратуру релейного захисту та комутаційні апарати (вимикачі або короткозамикачі з автоматичними віддільниками). Плавкі запобіжники не вимагають проведення налагоджувальних робіт, необхідних для пристроїв релейного захисту, вимикачів та іншого, більш складного обладнання. Завдяки цим перевагам плавкі запобіжники дуже широко використовуються в мережах до 1000 В, а також в мережах вище 1000 В.

Розглянемо основні недоліки запобіжником, відзначаючи попутно можливості їх усунення.

Мала чутливість до перевантажень і віддаленим к. З. Дійсно, дуже важко виконати плавку вставку, яка б довго витримувала номінальний струм трансформатора, а при струмі, наприклад, 1,5 / ном ТР досить швидко розплавляється. Тому існуючі запобіжники 6-35 кВ захищають трансформатори практично тільки при великих токах к. З. Для зменшення цього недоліку розробляються нові запобіжники з комбінованими характеристиками, що дозволяють підвищити чутливість запобіжників до струмів перевантаження і разом з тим дещо сповільнити відключення при великих кратностях струму к. З. Однак цей недолік запобіжників, мабуть, не вдасться повністю усунути.

									Арк.
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				7.141.170033.ПЗ	

Переваги автоматичних вимикачів:

- Регулювання по кривій перевантаження і КЗ, для захисту кабелів і проводів

- Можлива дистанційна комутація

- Потрібно менше місця для монтажу;

- Висока безпека обслуговування, немає необхідності в спеціальному навчанні персоналу

- Можливість повторного включення - відразу після спрацьовування недоліки:

- Після аварійного відключення погіршення властивостей, неконтрольований знос контактів, якість контакту погіршується

- Обмеження за варіантами монтажу

- Прямий монтаж на збірні шини неможливий

Основний захисної характеристикою реле є час-струмовий характеристика, т. Е. Залежність часу спрацьовування реле від кратності струму в ланцюзі по відношенню до номінального струму

Перевагами теплових реле є: малі розміри, маса і вартість, простота конструкції і надійність в експлуатації.

Недоліками теплових реле є необхідність в налаштуванні і в контрольних перевірках кожні кілька років. Інакше є шанс не спрацювання реле або навпаки помилкового спрацьовування при збільшенні струму в допустимих межах

Переваги реле напруги

Тільки реле напруги застосовують для захисту електрообладнання від стрибків напруги тобто ні автоматичні вимикачі, ні пробки не захистять від перепадів струму. Невелика вартість, довговічність, простота конструкції. Недоліки реле напруги В випадках, коли перепади тривають досить довгий час, а причина цих перепадів залишається невирішеним, реле буде включатися і вимикатися тим самим піддаючи захищаються прилади поломки. Для того, щоб захистити від перепадів напруги прилади та обладнання потрібно

										Арк.
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

7.141.170033.ПЗ

використовувати поєднання реле і стабілізаторів напруги. Але основне завдання споживача в разі постійних перепадів напруги - усунути причини перепадів. А тому використання автоматичного реле і стабілізаторів напруги - це тимчасові, хоча і досить дієві заходи по боротьбі з великими перепадами напруги.

1.3. Споруди та пристрої електропостачання залізниць

Пристрої електропостачання мають забезпечувати надійне електропостачання:

електрорухомого складу для руху поїздів із встановленими ваговими нормами, швидкостями й інтервалами між ними з дотриманням розмірів руху, що вимагаються;

пристроїв СЦБ, зв'язку і обчислювальної техніки як споживачів електричної енергії I категорії. З дозволу Державної адміністрації залізничного транспорту України до завершення перевлаштування допускається електропостачання цих пристроїв за II категорією;

всіх інших споживачів залізничного транспорту – відповідно до встановленої Державною адміністрацією залізничного транспорту України категорії.

За наявності акумуляторного резерву джерела електропостачання автоматичного і напівавтоматичного блокування він має бути у постійній готовності та забезпечувати безперебійну роботу пристроїв СЦБ і переїзної сигналізації протягом не менше 8 годин за умови, що живлення не вимикалося у попередні 36 год.

Час переходу з основної системи електропостачання автоматичного і напівавтоматичного блокування на резервну або навпаки має не перевищувати 1,3 с.

Для забезпечення надійного електропостачання мають проводитися: періодичний контроль стану споруд та пристроїв електропостачання, виміри

									7.141.170033.ПЗ	Арк.
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

їх параметрів вагонами-лабораторіями, приладами діагностики і здійснюватися планові ремонтні роботи.

До пристроїв, що призначені для забезпечення електроенергією електричної тяги і безперебійного руху поїздів, належать:

лінії електропередачі зовнішнього електропостачання;

тягові підстанції, пости секціонування і пункти паралельного з'єднання контактної мережі, пункти групування станцій стикування;

контактна мережа;

лінії автоблокування та поздовжнього електропостачання.

Джерелами електропостачання для електрифікованих ліній є високовольтні мережі енергосистем. Лінії електропередачі (ЛЕП) зовнішнього електропостачання, від яких безпосередньо живляться тягові підстанції, мають напругу 220, 154, 110, 35, 10, 6 кВ і, як правило, належать енергосистемам та енергопостачальним компаніям. У деяких випадках ЛЕП напругою 35, 110 та 154 кВ належать залізницям.

Надійність електропостачання електричної тяги досягається двостороннім живленням тягових підстанцій від різних джерел живлення за допомогою двоколових ЛЕП і відповідних схем підключення до них тягових підстанцій. Сусідні тягові підстанції підключаються до різних кіл.

Тягові підстанції у залежності від способу приєднання до ліній електропередачі можуть бути тупиковими або транзитними. В свою чергу транзитні поділяються на опорні та проміжні.

На тягових підстанціях електрична енергія змінного струму високої напруги, що надходить із енергосистеми, при тязі постійного струму, перетворюється в електричну енергію постійного струму, або трансформується в електричну енергію змінного струму зниженої напруги. У першому випадку тягові підстанції називаються знижувально-перетворювальними, у другому – знижувальними.

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
											20
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

Електрична схема головних кіл тягової підстанції, обладнання, що застосовується, та її конструктивне виконання у першу чергу залежить від тягового струму.

Основним обладнанням тягової підстанції постійного струму є перетворювальні агрегати, швидкодіючі автоматичні вимикачі та спеціальні пристрої для вирівнювання (зменшення) пульсації випрямленої напруги.

У разі живлення електровозів змінним однофазним струмом використовуються дво-триобмоткові трифазні трансформатори з вторинною тяговою обмоткою, що з'єднана трикутником. Від тягової підстанції відходять фідерні лінії, по яких подається напруга двох фаз у контактну мережу різних перегонів, а третя фаза - відсмоктувальна лінія, що з'єднується з тяговою рейкою. В системі змінного струму електроенергія у контактну мережу поступає по чергово від двох фаз а та б напругою 27,5 кВ та повертається рейковим колом до третьої фази с. Чергування живлення проводять для вирівнювання навантаження окремих фаз системи енергопостачання.

При системі електропостачання постійного струму, у контактну мережу електроенергія надходить від шин плюсової полярності напругою 3,3 кВ і повертається після проходження через тягові двигуни електрорухомого складу по рейковим колам, що приєднані до шин мінусової полярності.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

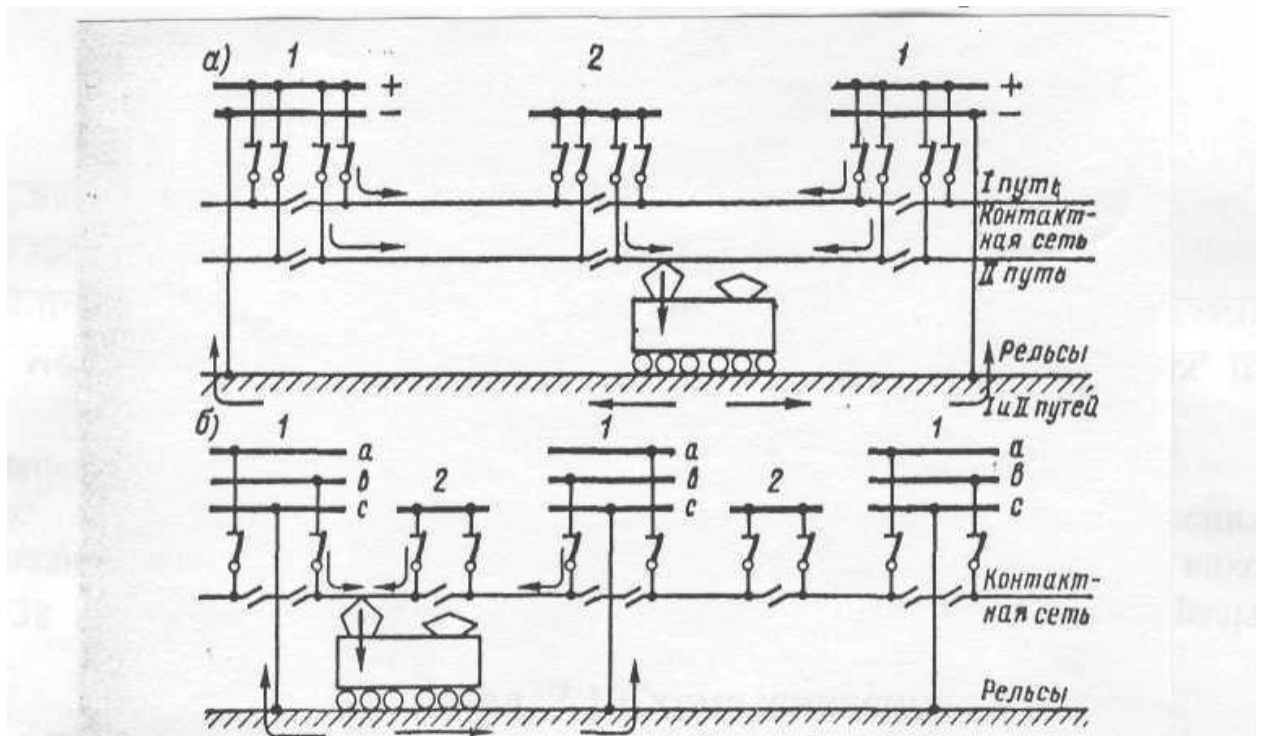


Рис.1.2 - Схема живлення контактної мережі електрифікованих ліній:

а) постійного струму; б) змінного струму

1 – тягова підстанція; 2- пости секціювання

Змінний струм дозволяє значно підвищити техніко-економічні показники електричної тяги:

- забезпечується передача більшої потужності, що дає можливість водити великовагові поїзди з достатньою швидкістю при високій вантажнапруженості;

- приблизно удвоє зменшується витрата кольорових металів через зменшення перерізу контактного проводу;

- збільшується відстань між тяговими підстанціями та значно спрощується їх будова.

- Енергія до електрорухомого складу подається контактною мережею.

На електрифікованих залізницях за способом підвішування контактні підвіски можуть використовуватися, прості - що використовуються на другорядних коліях локомотивних депо та ланцюгові, що застосовуються на основних коліях. До закріплених на опорах консолях на ізоляторах

підвішується мідний або сталевий обміднений несучий трос, до якого за допомогою струн підвішується мідний контактний провід, що має жолобки для захвату його струновими затискачами.

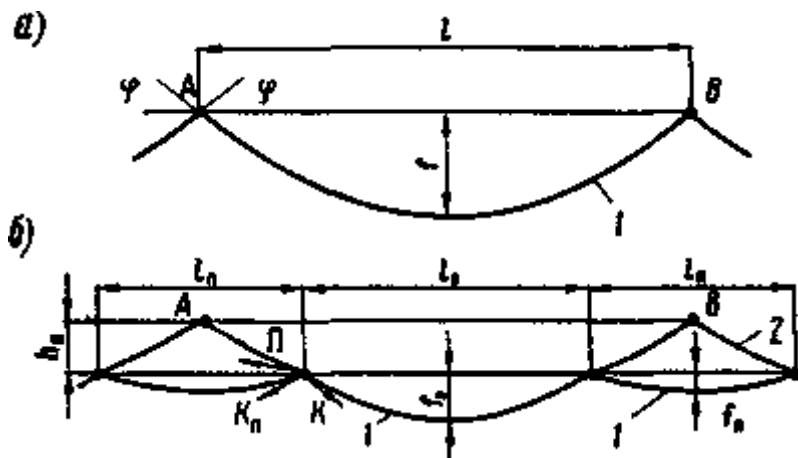


Рис.1.3 - Схеми простих контактних підвісок

a – з однократним кріпленням (підхватом) контактного проводу біля опор; *б* – петельна (з двократним підхватом); 1 – контактний провід; 2 – трос петельної струни.

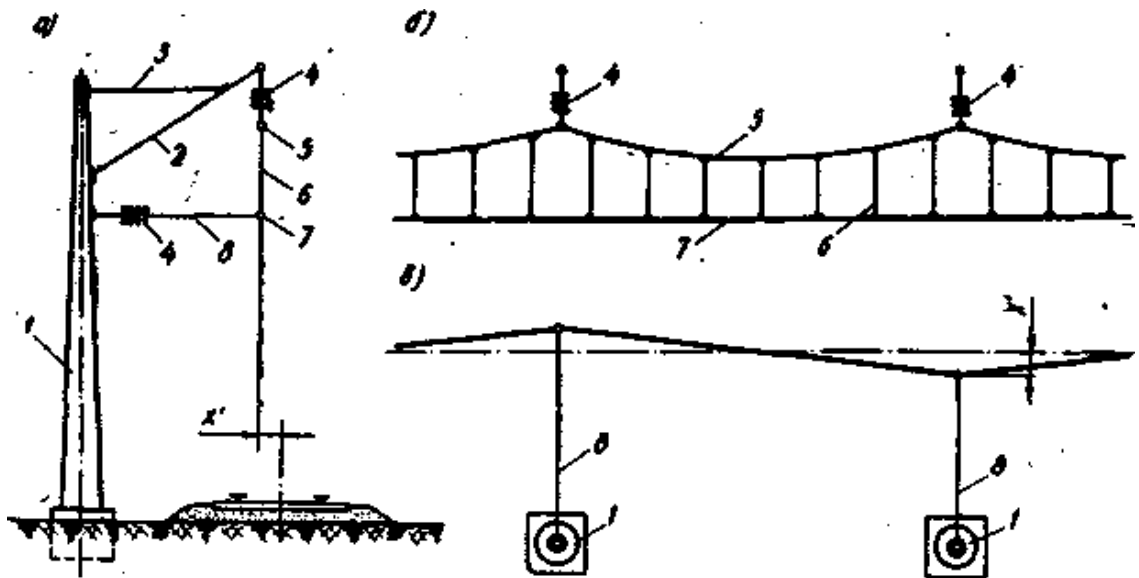


Рис.1.4 - Контактна мережа:

1 – опора; 2 – консоль; 3 – тяга; 4 – ізолятори; 5 – несучий трос; 6 – струна; 7 – контактний провід; 8 – фіксатор

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

7.141.170033.ПЗ

Арк.

23

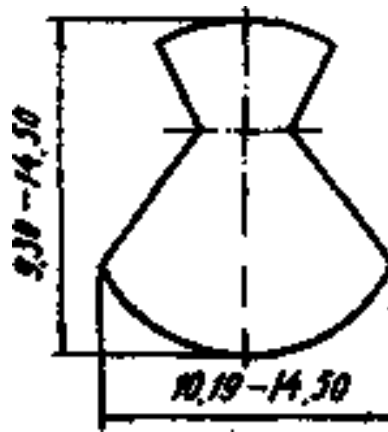


Рис.1.5 - Поперечний профіль контактного проводу

Для рівномірного зносу полозів пантографа контактний провід підвішується над коліями зигзагоподібно, з відхиленням від осі біля кожної опори на + 300 мм на прямих ділянках колії і 400мм на кривих. Утримання контактного проводу у потрібному положенні та усунення відхилення його під дією вітру здійснюється фіксаторами, що приєднані до опор через ізолятори.

Ланцюгові контактні підвіски поділяються на одинарні, подвійні та ресорні. В одинарній ланцюговій підвісці контактний провід через кожні 10-12 м кріпиться до несучого троса струнами; у подвійній ланцюговій – підвішується до допоміжного проводу, а останній струнами – до несучого троса. У залежності від способів натягу проводів ланцюгові підвіски можуть бути некомпенсованими, напівкомпенсованими і компенсованими.

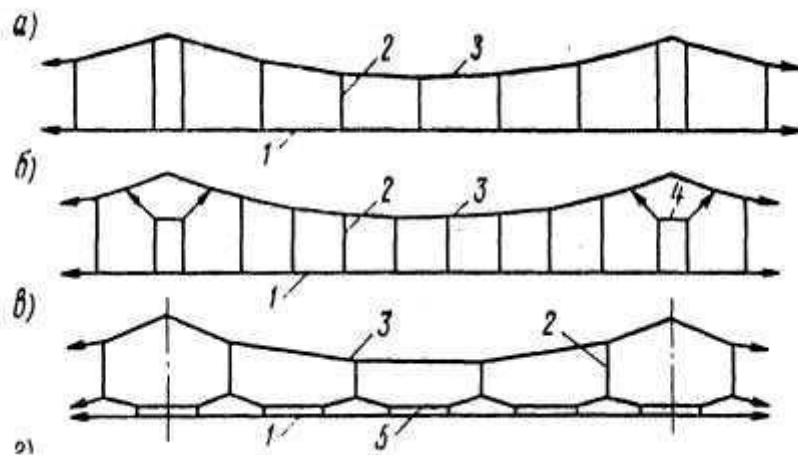


Рис.1.6 - Ланцюгові контактні підвіски:

а - одинарна; б - ресорна одинарна; в – подвійна

									Арк.
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

7.141.170033.ПЗ

У некомпенсованих підвісках несучий трос і контактний провід анкеруються (закріплюються) жорстко. У напівкомпенсованих підвісках контактні та допоміжні проводи (при подвійній підвісці) мають пристрої для автоматичного регулювання натягу – компенсатори.

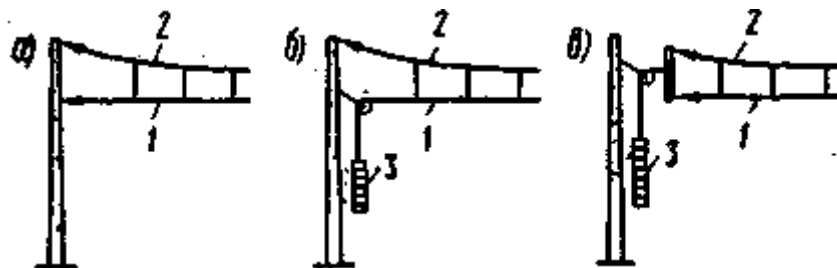


Рис.1.7 - Схеми анкеровок проводів ланцюгових підвісок:

а – некомпенсованої, б – напівкомпенсованої, в – компенсованої. 1 – контактний провід, 2 – несучий трос, 3 – компенсатор.

У компенсованій підвісці компенсаторними пристроями забезпечені усі проводи загальними або окремими для кожного проводу.

Застосовують такі типи контактної підвіски:

- на головних коліях перегонів і станцій при швидкостях руху поїздів більше 120 км/год – компенсована ресорна ланцюгова або напівкомпенсована подвійна ланцюгова із зчленованими фіксаторами; при швидкостях руху поїздів до 120 км/год – напівкомпенсована ресорна ланцюгова із зчленованими фіксаторами;

- на станційних коліях (крім головних і тракційних), а також на малодіяльних коліях, де швидкість руху менше 70 км/год, - напівкомпенсована ланцюгова з простими опорними струнами;

- на другорядних станційних коліях, а також на коліях депо при швидкості до 50 км/год – проста компенсована без несучого троса (просторово-ромбічна або трамвайного типу).

Для забезпечення безперервного живлення електроенергією електрорухомого складу при переході з однієї станційної колії на іншу влаштовують повітряні стрілки. Утворюють їх дві контактні підвіски, що сходяться над стрілочним переволом.

						7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			25

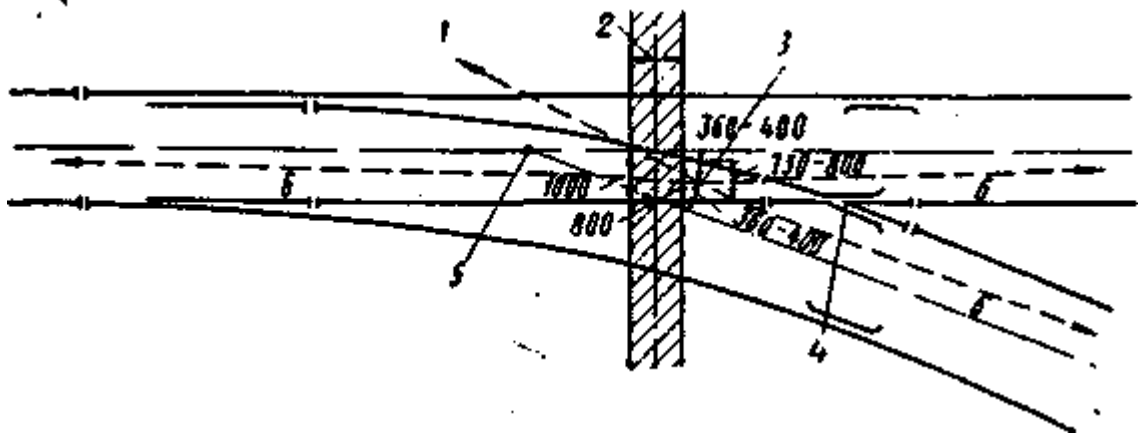


Рис.1.8 - Схема повітряної стрілки:

1 – анкерна вітка ланцюгової підвіски; 2 – зона найкращого розташування фіксуєчої опори; 3 – точка перетину проводів; 4 – математичний центр хрестовини; 5 – центр стрілочного перевodu; 6 – контактний провід.

Контактні проводи повинні перетинатися там, де відстань між осями прямої і відхиленої колії 720 – 800 мм, у звичайному стрілочному переводі приблизно між математичним центром хрестовини і центром перевodu.

Опори контактної мережі можуть бути залізобетонними чи металевими. У залежності від характеру механічних навантажень, що сприймаються, вони поділяються на проміжні, перехідні, анкерні, фіксуєчі, а також опори для гнучких поперечин.

Секціонування контактної мережі дозволяє відключати будь-яку секцію для проведення на ній робіт із зняттям напруги або усунення пошкодження без порушення руху електрорухомого складу на інших дільницях. Поздовжнім секціонуванням називається поділ контактної мережі на секції уздовж електрифікованої лінії у місцях примикання перегонів до станцій та перед великими штучними спорудами (тунелями, великими мостами); поперечним – поділ контактної мережі головних колій перегонів і станцій, а також решти паралельних колій станцій.

Для з'єднання окремих секцій між собою та з живильними лініями передбачені секційні роз'єднувачі.

						7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			26

Повітряні проміжки ізолюючих спряжень, що відокремлюють контактну мережу перегонів від мережі станцій, розташовують між вхідним сигналом і першою стрілкою станції.

У місцях поділу дільниць з різною напругою контактної мережі, а також у місцях підключення фідерної лінії живлення на електрифікованих лініях змінного струму застосовують ізолюючі спряження з нейтральними вставками, які забезпечують безупинне прямування поїздів навіть у тих випадках, коли швидкість проходження сигнального знака, що огорожує нейтральну вставку, не перевищує 20 км/год. Швидкість проходження самої нейтральної вставки не нормується. Довжина робочої частини вставки приймається такою, щоб усі підняті у самій невідповідній комбінації пантографи електровозів (з урахуванням кратної тяги) та моторвагонних поїздів поміщалися у ній.

Для оперативного перемикавання обладнання тягових підстанцій, постів секціонування і секційних (щоглових) роз'єднувачів контактної мережі, що знаходяться на станціях, з енергодиспетчерських пунктів, розташованих, як правило, на відстані 150 – 180 км один від одного, використовується телеуправління.

Телеуправління секційними роз'єднувачами набагато прискорює усі оперативні перемикавання контактної мережі і відповідно зменшує витрати часу на ремонтно-ревізійні роботи. У результаті зменшується потреба у “вікнах” для поточного утримання і планових ремонтів контактної мережі та скорочуються затримки поїздів при раптових її пошкодженнях. Мнемонічні схеми на енергодиспетчерських пунктах дозволяють у будь-який момент знати як працюють пристрої електропостачання і вживати своєчасних заходів до безперебійної їх дії.

Електропостачання вузлів і великих станцій здійснюється від районних енергетичних систем або промислових, комунальних чи власних електростанцій через високовольтні мережі і трансформаторні підстанції.

										Арк.
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

7.141.170033.ПЗ

Номинальна напруга змінного струму на пристроях СЦБ має бути 115, 230 або 380 В.

Відхилення від зазначених величин номінальної напруги допускається в бік зменшення не більше 10 %, а в бік збільшення – не більше 5%.

Установлені рівні напруги на струмоприймачі електрорухомого складу забезпечують рух поїздів встановленої маси з установленими швидкостями при розрахунковій вантажонапруженості, а нормальна напруга змінного струму на пристроях СЦБ дає можливість створити умови для нормальної роботи пристроїв та забезпечити безпеку руху поїздів.

Пристрої електропостачання мають захищатися від струмів короткого замикання, перенапружень та перевантажень вище встановлених норм.

Металеві підземні споруди (трубопроводи, кабелі тощо), а також металеві і залізобетонні мости, шляхопроводи, опори контактної мережі, світлофори, гідроколонки тощо, що розташовані в районі впливу ліній, електрифікованих на постійному струмі, мають бути захищені від електричної корозії.

Тягові підстанції ліній, електрифікованих на постійному струмі, а також електрорухомий склад повинні мати захист від проникнення до контактної мережі струмів, що порушують нормальну дію пристроїв СЦБ та зв'язку.

На тягових підстанціях постійного струму основним захисним пристроєм від струмів короткого замикання і перевантажень в контактній мережі є автоматичні швидкодіючі вимикачі. При появі у силових тягових колах струму короткого замикання, який може пошкодити обладнання підстанції, вимикачі моментально відключають його, розриваючи електричне коло.

На тягових підстанціях змінного струму відключення здійснюють масляні, елегазові або вакуумні вимикачі, які можуть відключати максимальні струми навантаження та струми короткого замикання тягової мережі.

В автоматичних швидкодіючих вимикачах розрив кола електричного струму досягається за рахунок електромагнітного видування дуги у спеціальну

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

дугогасильну камеру. У вимикачах фідерів контактної мережі змінного струму це здійснюється за рахунок гасіння дуги у трансформаторному маслі, елегазі або вакуумі, яким заповнені гасильні камери вимикача.

При деяких умовах тягового електропостачання можуть виникати напруги, які у багато разів перевищують номінальне значення. Такі явища носять назву перенапруг. Перенапруги бувають атмосферні або комутаційні. Атмосферні перенапруги виникають від прямих ударів блискавок в лінію електропостачання, струмоведучі частини відкритих пристроїв тягової підстанції, або внаслідок наведення у них електричних зарядів при розряді блискавки на землю поблизу пристроїв.

Комутаційні перенапруги виникають при замиканнях на землю однієї із фаз в установках з незаземленою нейтраллю, а також при відключенні великих потужностей.

Для боротьби з атмосферними перенапругами відкриті частини тягових підстанцій обладнуються блискавковідводами, які являють собою гострий шпиль - блискавкоприймач, який високо піднятий над електричною установкою і з'єднаний тросом із землею.

Для захисту від індукційних і комутаційних перенапруг установлюють захисні апарати, які називаються розрядниками.

Електричний струм проходить по тягових рейках під дією різниці потенціалів. Проходження струму викликає падіння напруги у рейках а, отже, рейки можуть мати позитивний або негативний потенціал відносно землі. Це призводить до того, що частина струму на певному відрізку рейкового шляху відгалужується у землю або повертається у рейки.

Шляхи відгалуження струму в землю і проходження його у ґрунті дуже несподівані і різноманітні. Такі струми називають блукаючими.

Блукаючі струми, відгалужуючись у землю, проходять також по підземних металічних спорудах (водопроводах, газопроводах, різних кабелях тощо), що може викликати корозію металу. Особливо це небезпечно при електрифікації постійним струмом.

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
											30
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

Заходи щодо захисту підземних споруд від корозії блукаючими струмами розбиваються на дві основні групи.

До першої групи належать засоби пасивного захисту, що спрямовані на зменшення величини струмів витoku з тягових рейок. Досягається це правильним розрахунком тягової мережі, збільшенням перехідного опору між рейками і землею шляхом укладання колії на щебінь, просочуванням шпал антисептиками, виключення торкання підшви рейок баласту, установлення електричних стикових і міжрейкових з'єднань.

До другої групи заходів входять активні способи захисту. До них належать: електричний дренаж, протекторний і катодний захист. Вибір типу і місця установлення захисту здійснюється на підставі електричних вимірювань та результатів зовнішнього огляду стану поверхні підземної споруди.

Для зменшення впливу тягового струму на лінії зв'язку на підстанціях постійного струму установлюються вирівнюючі пристрої. Вирівняна напруга є не постійною по величині, а пульсуючою, такою, що змінюється у часі. Ця пульсуюча напруга, крім постійної складової містить ряд перемінних складових різних частот і величин, які називаються гармоніками. Останні викликають перешкоди у роботі ліній зв'язку, погіршують чутність при телефонних переговорах.

Захист ліній зв'язку здійснюють за допомогою спеціальних фільтрів, призначенням яких є зменшення величин гармонік.

Висота підвіски контактного проводу над рівнем верху головки рейки має бути на перегонах і станціях не нижчою 5750 мм.

У виняткових випадках на існуючих лініях ця відстань у межах штучних споруд, розташованих на коліях станцій, на яких не передбачається стоянка рухомого складу, а також на перегонах з дозволу Державної адміністрації залізничного транспорту України може бути зменшена до 5675 мм за електрифікації ліній на змінному струмі і до 5550 мм – на постійному струмі.

Висота підвіски контактного проводу має не перевищувати 6800 мм.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Усі металеві споруди (мости, шляхопроводи, опори), на яких закріплюються елементи контактної мережі, деталі кріплення контактної мережі на залізобетонних опорах, залізобетонних і неметалевих штучних спорудах, а також металеві конструкції (гідроколонки, світлофори, елементи мостів і шляхопроводів тощо), що стоять окремо і розташовані на відстані, меншій 5 м від частин контактної мережі, що знаходиться під напругою, мають бути заземлені або обладнані пристроями захисного вимкнення при попаданні на споруди і конструкції високої напруги.

Заземленню підлягають також усі розташовані у зоні впливу контактної мережі змінного струму металеві споруди, на яких може виникати небезпечна напруга.

На шляхопроводах і пішохідних мостах, розташованих і пішохідних мостах, розташованих над електрифікованими лініями, встановлюються захисні щити і суцільний настил в місцях проходу людей для огороження частин контактної мережі, що перебувають під напругою.

Металеві опори контактної мережі і конструкції кріплення контактної мережі і ПЛ на залізобетонних та дерев'яних опорах або на неметалевих штучних спорудах, а також всі металеві конструкції, (мости, шляхопроводи, світлофори, окремі опори, прожекторні щогли, дахи споруд, гідроколонки і таке інше), розміщені на відстані менше 5 м в плані від проводів та елементів, які перебувають під робочою напругою вище 1 кВ, повинні бути заземлені на тягове рейкове коло. Заземленню підлягають також всі розташовані в зоні впливу контактної мережі змінного струму металеві споруди, на яких виникає небезпечна наведена напруга. Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць (ЦШЕОТ-0005).

Заземлення опор контактної мережі і споруд, які є поблизу цих опор, здійснюється індивідуальними або груповими заземлюючими провідниками, які приєднуються до тягових рейок або середніх точок колійних дросель-трансформаторів.

									7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						34

Заземлюються усі металеві опори і конструкції, що використовуються для кріплення проводів контактної мережі, а також інші металеві конструкції, що розташовані на відстані менше 5 м по горизонталі від частин контактної мережі, що знаходяться під напругою.

Заземлення опор контактної мережі виконується за допомогою сталевого проводу діаметром не менше 12 мм для лінії постійного струму і не менше 10 мм для змінного струму. Провід приєднується до заземлюючого пристрою болтами або зварюванням, а до рейки – тільки механічним способом (крюковим болтом із затискачем).

При постійному струмі зазначені провідники повинні бути ізольовані від землі шляхом прокладання їх на дерев'яних півшпалах (рис. 1.9).

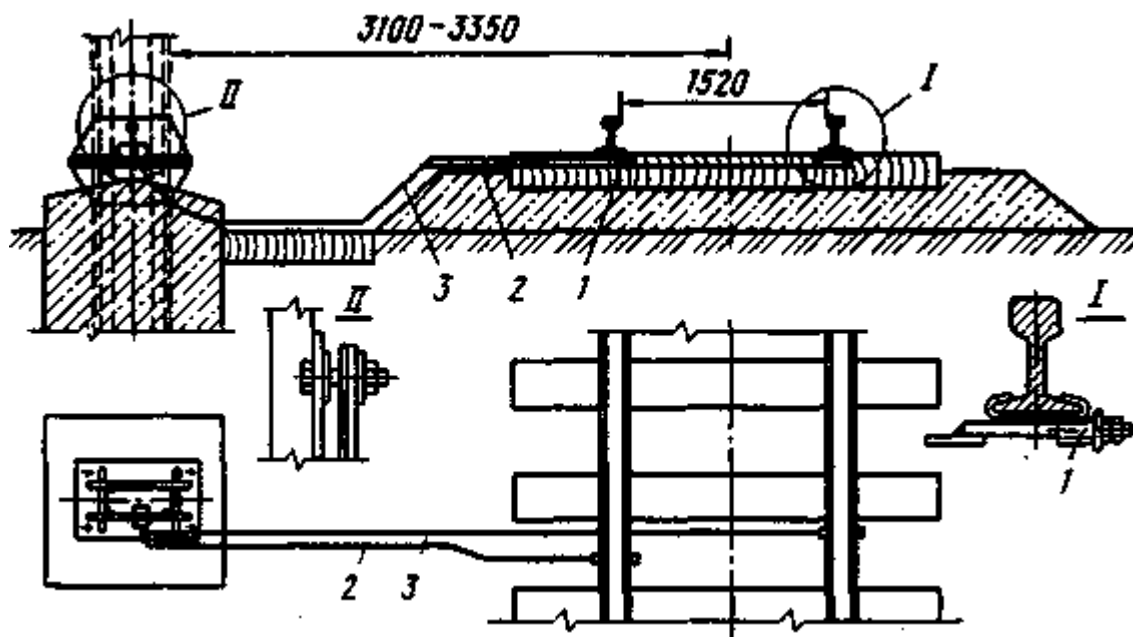


Рис.1.9 - Приєднання заземлюючого проводу до рейки:

1 – затискач; 2, 3 – заземлюючі провідники.

Спеціальні запобіжні щити висотою не менше 2 м встановлюються на шляхопроводах і пішохідних мостах, розташованих над електрифікованими коліями, для запобігання можливості наближення до контактної мережі на відстань ближче 2 метрів.

Контактна мережа, лінії автоблокування і поздовжнього електропостачання напругою понад 1000 В мають розділятися на окремі

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

ділянки (секції) за допомогою повітряних проміжків (ізольованих сполучень), нейтральних вставок, секційних і врізних ізоляторів, роз'єднувачів.

Опори контактної мережі або щити, встановлені в межах повітряних проміжків, повинні мати відрізняюче забарвлення. Між цими опорами або щитами забороняється зупинка електрорухомого складу з піднятими струмоприймачами.

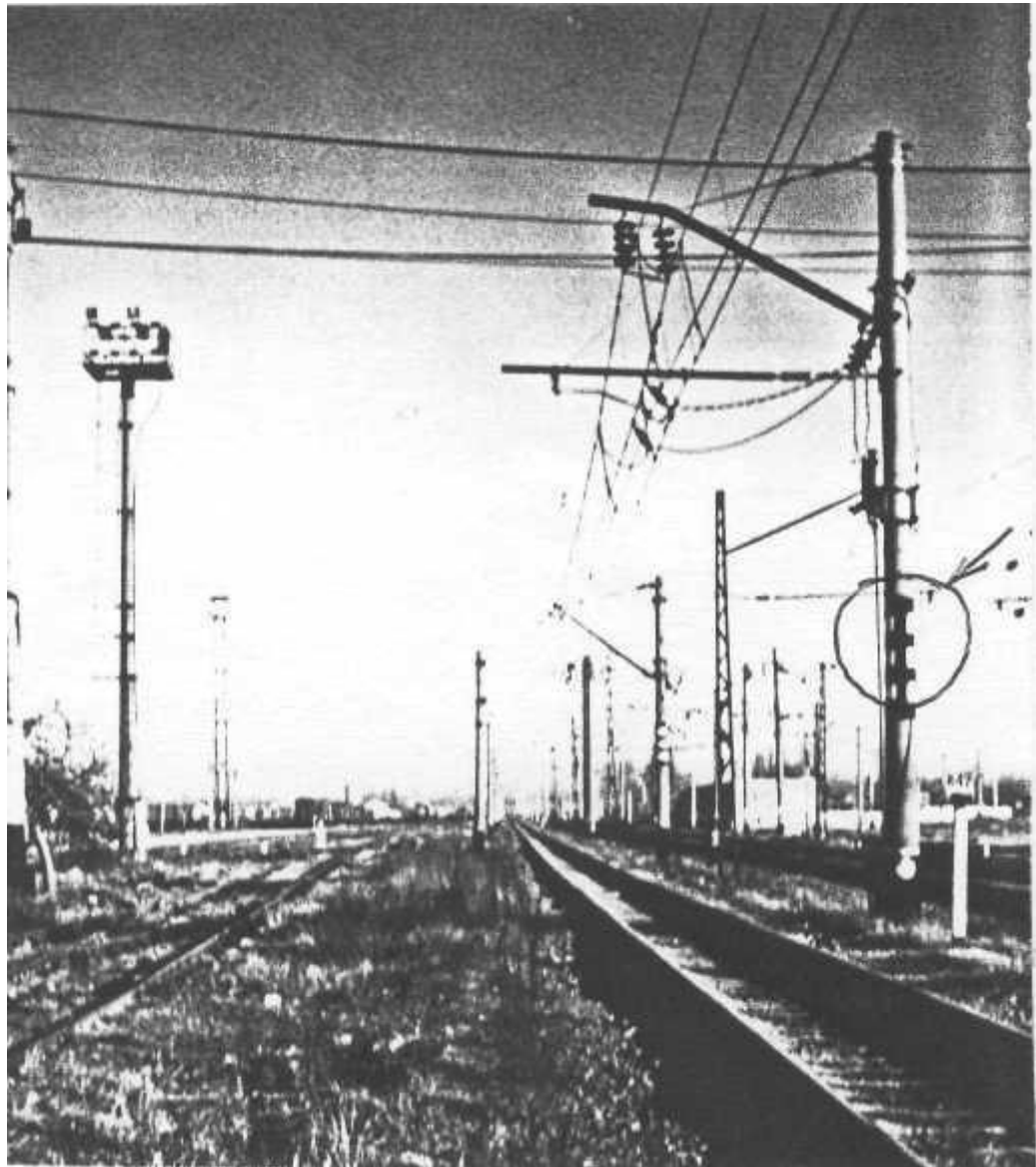


Рис.1.10 - Повітряні проміжки (смугами) на опорах контактної мережі

Викопіровки зі схеми додаються до технічно-розпорядчого акту станції.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Для кожної ділянки електрифікованої лінії складається схема живлення і секціонування контактної мережі на якій показано розташування: тягових підстанцій та постів секціонування; пунктів групування на станціях стикування постійного та змінного струму; постів паралельного з'єднання; лінії два проводи -рейка (ДПР), ліній електропередачі 6, 10 та 35 кВ поздовжнього живлення; високовольтних ліній автоблокування; пересічень контактної мережі з повітряними лініями електропередачі та штучними спорудами; станцій та зупиночних пунктів. На схемі відображують нормальне положення (включено чи відключено) для кожного роз'єднувача та його позначення. Поздовжні роз'єднувачі та відповідні їм ізолюючі спряження позначають першими буквами російського алфавіту А, Б, В тощо. Роз'єднувачі, що встановлені на фідерах -буквою Ф. Поперечні - буквою П. До кожної із вказаних букв у разі необхідності добавляють цифровий індекс, що відповідає номерам колій та напрямкам.

Схема живлення та секціонування контактної мережі на двоколійних ділянках змінного та постійного струму показані на мал. 1.11.

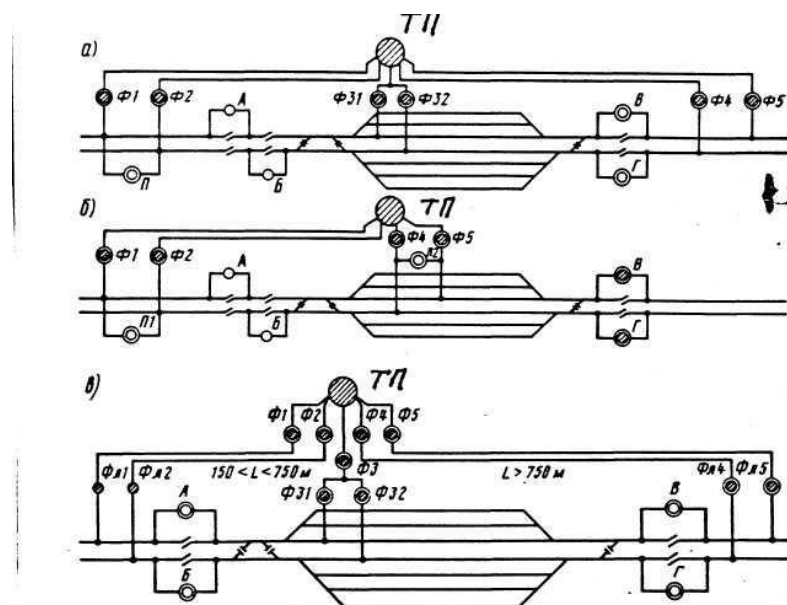


Рис.1.11- Схема живлення і секціонування контактної мережі на двоколійних ділянках змінного струму (а, б); постійного струму - в; ТП - тягова підстанція. Включене положення секційних роз'єднувачів показано штриховими лініями

									Арк.
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

7.141.170033.ПЗ

Схема живлення і секціонування контактної мережі і ПЛ автоблокування і поздовжнього електропостачання затверджуються начальником залізниці. Зміни до схеми вносяться за погодженням служби електропостачання залізниці з повідомленням про це енергодиспетчера, персоналу району контактної мережі і інших причетних осіб. Схеми вивіряються щороку і перезатверджуються через 5 років. Затверджені схеми живлення і секціонування повинні знаходитись в енергодиспетчерському пункті, а вкопіювання із схем повинно бути у техніко-розпоряджувальному акті станції.

Приводи роз'єднувачів з ручним управлінням мають бути замкнені на замки.

Порядок перемикання роз'єднувачів контактної мережі, а також вимикачів і роз'єднувачів лінії автоблокування і поздовжнього електропостачання, збереження ключів від замкнених приводів роз'єднувачів, що забезпечують безперебійність електропостачання й безпеку виконання робіт, визначаються начальником відділка залізниці (начальником залізниці).

Перемикання роз'єднувачів і вимикачів проводиться за наказом енергодиспетчера працівниками інших служб, які пройшли навчання та склали іспити у відповідній комісії.

Порядок перемикання роз'єднувачів контактної мережі, а також вимикачів та роз'єднувачів лінії автоблокування і поздовжнього електропостачання, зберігання ключів від запертих приводів роз'єднувачів має важливе значення для попередження нещасних випадків, а також для швидкого усунення причин, що порушили нормальну роботу контактної мережі та ліній, без шкоди для руху поїздів. Тому цей порядок встановлюється начальником дирекції залізничних перевезень (начальником залізниці) і доводиться до відома усіх причетних працівників. До перемикання роз'єднувачів допускаються працівники інших служб, які пройшли навчання і здали іспити на знання пристроїв перемикання і електробезпеки.

										Арк.
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

7.141.170033.ПЗ

Перемикання роз'єднувачів і вимикачів вручну здійснюється за наказом енергодиспетчера. Виняток складають роз'єднувачі контактної мережі електродепо та екіпірувальних пристроїв, а також колій, де оглядається дахове обладнання електрорухомого складу. Ключі від цих роз'єднувачів зберігаються у чергового по депо, а перемикання їх виконується працівниками депо, які мають необхідну кваліфікаційну групу.

Відстань від нижньої точки проводів повітряних ліній електропередачі з напругою, вищою 1000 В, до поверхні землі при максимальній стрілі провисання має бути не меншою:

- на перегонах – 6,0 м;
- у тому числі у важкодоступних місцях – 5,0 м;
- на пересіченнях з автомобільними дорогами, станціях і населених пунктах – 7,0 м.

На пересіченнях залізничних колій відстань від нижньої точки повітряних ліній електропередачі з напругою більше 1000 В до рівня верху головки рейки неелектрифікованих колій повинна бути не меншою 7,5 м. На електрифікованих лініях ця відстань до проводів контактної мережі має встановлюватися, в залежності від рівня напруги ліній, що перетинаються, відповідно до Правил влаштування електроустановок і за технічними умовами залізниці.

Встановлені розміри визначені за умов забезпечення електробезпеки.

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
											39
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

РОЗДІЛ 2. ОПИС ПРИНЦИПУ ДІЇ СУЧАСНИХ ОДНОЛІНІЙНИХ КОМПОНЕНТІВ ТИПУ ARDUINO

2.1. Коротка характеристика

Arduino - це платформа розробки електронних пристроїв, яка складається з самої плати і програмного забезпечення (Arduino IDE). До плати можна підключити велику кількість датчиків, лампочок, реле і т.д., і керувати ними вручну, за допомогою кнопок, потенціометрів або автоматично, в залежності від прошивки.

Arduino є абсолютно відкритою платформою, до складу якої входить середовища розробки в якій реалізована перероблена версія мови Processing Wiring та плати. Є можливим використання для розробка автономних інтерактивних об'єктів, або взаємодіяти із комп'ютером (через Flash, Processing, MaxMSP)». Дана платформа побудована на базі мікроконтролера ATmega328. Вона має «6 аналогових входів та 14 цифрових виходів та входів.

Зовнішній вигляд платформи показаний на рисунку 2.1.

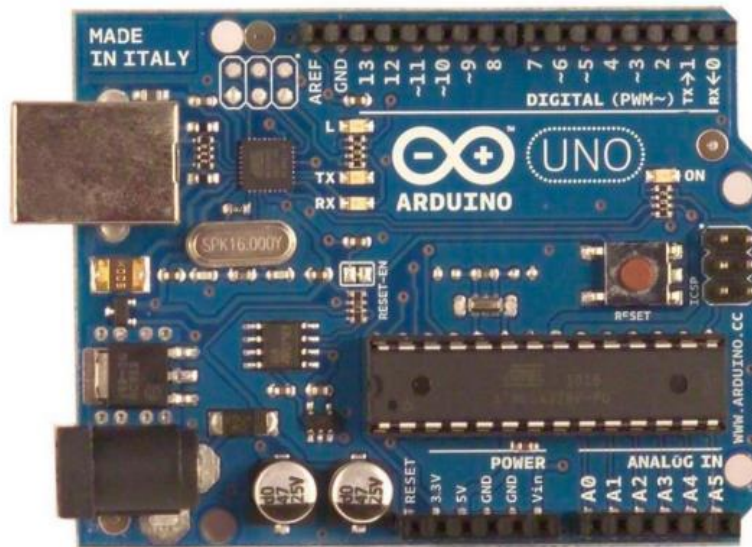


Рис.2.1 - Зовнішній вигляд платформи

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Для запуску Arduino потрібно подати живлення через блоку живлення AC / DC або акумуляторної батареї». Кожен із 14 цифрових виводів Uno можна налаштувати як на вхід так і на вихід, використовуючи спеціальні функції програмування pinMode (), digitalRead (), і digitalWrite (). Потрібне живлення становить 5 В. Аналогові входи платформи позначені як A0 .. A5 та мають 10 біт і межу вимірювання до 5 В. Проте можна й змінити межу вимірювання через AREF.

Плати типу Arduino застосовуються у багатьох проектах, завдяки своїй доступності та простоті. Програмне забезпечення для Arduino універсальне їм можуть користуватися як новачки, так і досвідчені користувачі. Вона працює на Windows, Mac та Linux. Дані плати відрізняються своєю дешевизною, зрозумілими та простими засобами для програмування.

Плати можна розділити на контролери, шілди і аксесуари. Контролери - це найважливіша частина - плата, яка містить мікроконтролер і в яку записується виконувана програма. Шілди - це плати розширення, які містять ту чи іншу периферію, керовану контролером. Шілд одягається зверху на контролер, утворюючи своєрідний «бутерброд». Контролери Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Pro - пристрої на основі 8-розрядного мікроконтролера. Arduino Due – це пристрій на основі мікропроцесора Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. Це перша плата Arduino на базі 32-розрядного мікроконтролера ARM.

Завдяки використанню 32-розрядної ядра ARM, Arduino Due багато в чому перевершує типові плати на базі 8-розрядних мікроконтролерів. Найбільш суттєві відмінності полягають в наступному:

- 32-бітове ядро дозволяє обробляти 4х-байтові дані всього за один такт. Тактова частота - 84 МГц.
- Обсяг оперативної пам'яті SRAM складає 96 КБ.
- Обсяг флеш-пам'яті програм - 512 КБ.

Наявність DMA-контролера, що дозволяє розвантажити центральний процесор від виконання ресурсномістких операцій з пам'яттю. Arduino YUN –

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

це контролер із вбудованим Wi-Fi модулем під управлінням ОС Linux і системою команд Arduino. Arduino YUN є комбінацією класичного Arduino Leonardo (на базі мікроконтролера ATmega32U4) і Wi-Fi системи на кристалі, що працює під управлінням Linino (дистрибутив ОС GNU / Linux на основі OpenWRT для мікропроцесорів MIPS).

Arduino Robot – перша офіційна версія Arduino, в конструкції якого передбачено колеса. Робот складається з двох плат, кожна з яких містить свій мікропроцесор. Плата приводів (Motor Board) контролює роботу двигунів, в той час, як керуюча плата (Control Board) зчитує показання датчиків і приймає рішення про подальші операції. Кожна з двох плат є повноцінним пристроєм Arduino, програмованим за допомогою середовища розробки Arduino IDE. Arduino Esplora – це мікропроцесорний пристрій, спроектований на основі Arduino Leonardo.

Esplora відрізняється від усіх попередніх плат Arduino наявністю безлічі вбудованих, готових до використання датчиків для взаємодії. Esplora має вбудовані звукові і світлові індикатори (для виведення інформації), а також кілька датчиків (для введення інформації), таких, як джойстик, слайдер, датчик температури, акселерометр, мікрофон і світловий датчик. Arduino ADK – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega2560. У ньому реалізований USB-хост для підключення смартфонів на базі операційної системи Android. Плати розширення: Arduino GSM, Arduino Ethernet, Arduino Wi-Fi, Arduino Motor, Arduino Proto і т.д.

Arduino Nano - це повнофункціональний мініатюрний пристрій на базі мікроконтролера ATmega328 (Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (Arduino Nano 2.x), адаптований для використання з макетної платі. Arduino Nano розроблено і випускається фірмою Gravitech.

Характеристики:

-Мікроконтролер: Atmel ATmega168 або ATmega328

-Робоча напруга (логічний рівень): 5В

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

-Напруга живлення (рекомендована): 7-12В •Напруга живлення (гранична): 6-20В

-Цифрові входи / виходи: 14 (з яких 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи)

-Аналогові входи: 8

-Максимальний струм одного виведення: 40 мА

-Flash-пам'ять: 16 КБ (АТmega168) або 32 КБ (АТmega328) з яких 2 КБ використовуються завантажувачем

-SRAM: 1 КБ (АТmega168) або 2 КБ (АТmega328)

-EEPROM: 512 байт (АТmega168) або 1 КБ (АТmega328)

-Тактова частота: 16 МГц

-Розміри плати: 1.85 см x 4.3 см

Arduino Nano може живитися через кабель Mini-B USB, від зовнішнього джерела живлення з нестабілізованою напругою 6-20В або зі стабілізованою напругою 5В. Пристрій автоматично вибирає джерело живлення з найбільшим напругою. Входи і виходи. З використанням функцій `pinMode ()`, `digitalWrite ()` і `digitalRead ()` кожен з 14 цифрових виводів Arduino Nano може працювати в якості входу або виходу. Робоча напруга виводів - 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА.

Всі виводи пов'язані з внутрішніми підтягуючими резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм.

Крім основних, деякі виводи Arduino можуть виконувати додаткові функції: Послідовний інтерфейс: виводи 0 (RX) і 1 (TX). Використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Ці виводи з'єднані з відповідними виводами мікросхеми-перетворювача USBUART від FTDI.

Зовнішні переривання: виводи 2 і 3. Дані виводи можуть бути налаштовані в якості джерел переривань, що виникають при різних умовах: при низькому рівні сигналу, по фронту, по спаду або при зміні сигналу. ШІМ: виводи 3, 5, 6, 9, 10 і 11. За допомогою функції `analogWrite ()` можуть виводити

						7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			44

8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу. Інтерфейс SPI: виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Дані виводи дозволяють здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI. У пристрої реалізована апаратна підтримка SPI, проте на даний момент мова Arduino поки її не підтримує. Світлодіод: Вбудований світлодіод, приєднаний до цифрового виводу 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW – вимикається. I2C: виводи 4 (SDA) і 5 (SCL).

З використанням бібліотеки Wire дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу I2C (TWI).

Крім перерахованих, на платі існує ще кілька виводів:

- AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може бути задіяна функцією analogReference ().

- Reset. Формування низького рівня (LOW) на цьому виводу призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей вивід служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення.

2.2. Arduino Uno

Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. У його склад входять все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів / виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМвиходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньосхемного програмування (ICSP) і кнопка скидання.

Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від АС / DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							45



Рис.2.2 - Плата Arduino Uno

Характеристики:

- Мікроконтролер: ATmega328
 - Робоча напруга: 5 В
 - Напруга живлення (рекомендована): 7-12 В
 - Напруга живлення (гранична): 6-20 В
 - Цифрові входи / виходи: 14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
 - Аналогові входи: 6
 - Максимальний струм одного виводу: 40 мА
 - Максимальний вихідний струм виводу: 3.3V 50 мА
 - Flash-пам'ять: 32 КБ (ATmega328) з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем
 - SRAM: 2 КБ (ATmega328)
 - EEPROM: 1 КБ (ATmega328)
 - Тактова частота: 16 МГц
- Arduino Uno може живитися від USB або від зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично.

У якості зовнішнього джерела живлення (не USB) може використовуватися мережевий AC / DC-адаптер або акумулятор / батарея. Штекер адаптера (діаметр - 2.1мм, центральний контакт - позитивний) необхідно вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. У разі живлення від акумулятора / батареї, її провід необхідно під'єднати до виводів Gnd і Vin роз'єму POWER.

										Арк.
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

7.141.170033.ПЗ

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виводі 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги більше 12В може призводити до перегріву стабілізатора напруги і виходу плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.

Виводи живлення, що розташовані на платі: VIN. Напруга, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (не пов'язане з 5В від USB або іншою стабілізованою напругою). Через цей вивід можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера. 5V. На вивід надходить напруга 5В від стабілізатора напруги на платі, незалежно від того, як живиться пристрій: від адаптера (7 - 12В), від USB (5В) або через вивід VIN (7 - 12В). Живити пристрій через виводи 5V або 3V3 не рекомендується, оскільки в цьому випадку не використовується стабілізатор напруги, що може привести до виходу плати з ладу. 3V3. 3.3В, що надходять від стабілізатора напруги на платі. Максимальний струм, споживаний від цього виводу, становить 50 мА. GND. Загальний мінусовий вивід. IOREF. Цей вивід надає платам розширення інформації про робочу напругу мікроконтролера Arduino. Залежно від напруги, зчитуваної з виводу IOREF, плата розширення може переключитися на відповідне джерело живлення або задіювати перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати як з 5В, так і з 3.3В-пристроями.

									7.141.170033.ПЗ	Арк.
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ РЕЛЕ НАПРУГИ

3.1. Розрахунок АЦП

Для передачі аналогового сигналу до МПС використовують АЦП. АЦП сприймає аналоговий сигнал, напругу або струм, і перетворює його в цифрове слово, зрозуміле МП (рисунок 3.1). На рисунку 3.2 наводиться умовне зображення АЦП, який має вхід опорної напруги V_{REF} (reference) та вхід, куди подається сигнал. АЦП має один вихід – цифрове слово розмірністю 8 біт, що представляє в цифровій формі вхідну величину.

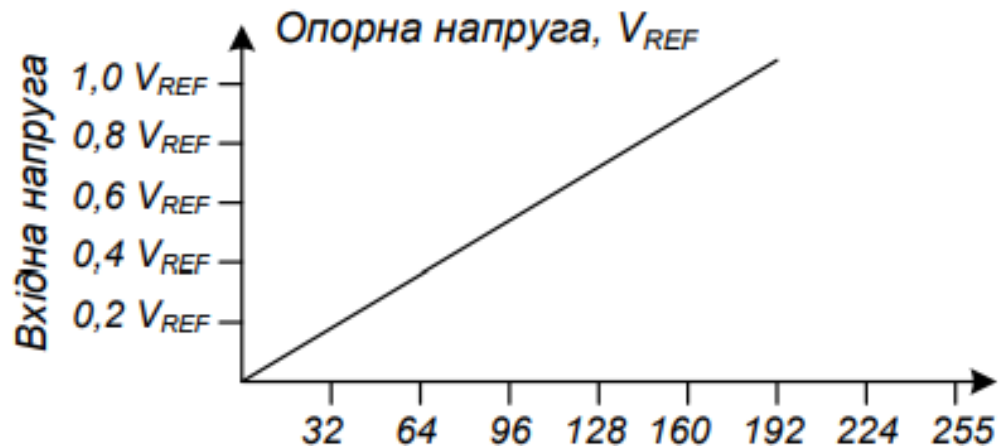


Рис.3.1 - Вихідний рівень (десятькове значення)

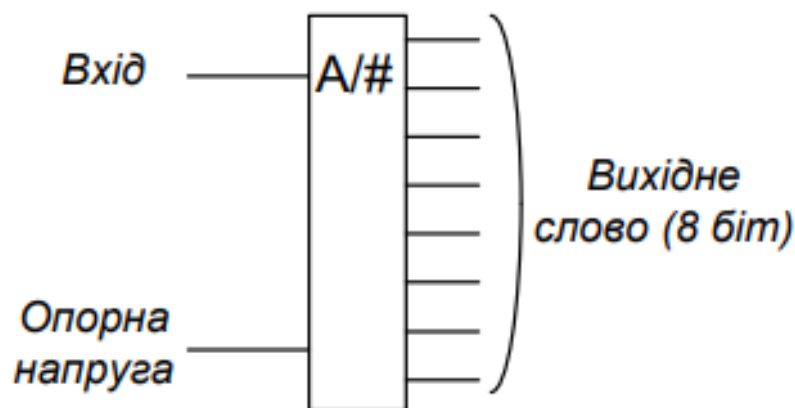


Рис.3.2 - Умовне зображення АЦП, який має вхід опорної напруги V_{REF}

Опорна напруга, V_{REF} – максимальна величина напруги, яку АЦП може перетворити. АЦП, що зображений на рисунку 3.1, може перетворити напругу з величинами від 0 до V_{REF} . Цей діапазон напруги поділений на 256 рівнів або кроків. Розмір одного кроку задається так:

$$V_{REF}/256=5\text{В}/256=0,0195\text{В}=19,5\text{мВ}$$

8-бітний АЦП представляє аналоговий сигнал цифровим словом. Старший значущий біт цього слова (біт 7) показує, чи вище вхідна напруга, ніж $V_{REF}/2$ (2,5 В при $V_{REF} = 5$ В). Кожен наступний біт (від біта 6 до біта 0, який буде молодшим значущим бітом – least significant bit, LSB) представляє половину значення попереднього, як показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Представлення аналогового входу цифровим словом

Біт	Біт 7	Біт 6	Біт 5	Біт 4	Біт 3	Біт 2	Біт 1	Біт 0
Напруга (В)	2,5	1,25	0,625	0,3125	0,156	0,078	0,039	0,0195

Так, маючи цифрове слово 0010 1100, можна визначити величину напруги (таблиця 3.2.).

Таблиця 3.2 - Відповідність цифрового слова певним значенням

Біт	Біт 7	Біт 6	Біт 5	Біт 4	Біт 3	Біт 2	Біт 1	Біт 0
Напруга (В)	2,5	1,25	0,625	0,3125	0,156	0,078	0,039	0,0195
Вихідна	0	0	1	0	1	1	0	0

Роздільна здатність АЦП визначається опорною напругою і розрядністю слова. Роздільна здатність - це найменша напруга, яка може бути виміряна АЦП і визначає точність перетворення. Роздільна здатність – це найменший крок і може бути визначена діленням V_{REF} на число можливих величин перетворення. Для 8-бітного АЦП з $V_{REF} = 5$ В, роздільна здатність дорівнює 0,0195 В (19,5 мВ). Це означає, що будь-яка вхідна напруга менше 19,5 мВ дасть на виході 0. Вхідна напруга між 19,5 і 39 мВ призведе до 1 на виході.

Між 39 і 58,6 мВ - до 2 і так далі. Роздільна здатність може бути покращена зменшенням VREF. Зміна VREF з 5 до 2,5 В дасть роздільну здатність 2,5/256 або 9,7 мВ. Проте максимальна напруга вимірювання тепер складе не 5, а 2,5 В.

Є лише один шлях збільшення роздільної здатності без зміни опорної напруги – використання АЦП з більшою розрядністю слова. Так 10-бітовий АЦП з опорною напругою 5 В має 210, або 1024 можливих вихідних двійкових кодів. Роздільна здатність складе 5 В/1024 або 4,88 мВ.

Слідкуючий АЦП складається з компаратора, реверсивного лічильника, керованого компаратором, і ЦАП. Компаратор порівнює вхідну напругу з вихідною напругою ЦАП і керує напрямком лічби реверсивного лічильника (+/-). Якщо вхідна напруга більша, ніж напруга ЦАП, лічильник під дією тактових імпульсів, що поступають на його вхід рахує на додавання (+), якщо ж менше напруги ЦАП, лічильник рахує на віднімання (-). Вхід ЦАП з'єднаний з виходом лічильника. Припустимо VREF = 5 В. Це означає, що перетворювач зможе працювати в діапазоні вхідної напруги 0...5 В. Якщо старший значущий біт вхідного слова ЦАП дорівнює 1, то VЦАП = 2,5 В. Якщо наступний біт дорівнює 1, додається 1,25 В, в результаті встановлюється 3,75 В. Кожен наступний біт додає половину вихідної напруги, що відповідає попередньому біту. Таким чином, вхідні біти ЦАП відповідають певній напрузі.

Головний недолік слідкуючих АЦП – низька швидкість перетворення. Перетворення може зайняти до 256 тактів 8-бітного виходу, 1024 такти для 10-бітного значення і так далі. До того ж, швидкість перетворення змінюється залежно від VBХ. Якби напруга в даному прикладі складала 0,18 В, перетворення зайняло лише половину тактів у порівнянні з VBХ = 0,37 В.

АЦП послідовного наближення подібний до слідкуючого АЦП в тому, що система ЦАП/лічильник формує напругу, яка поступає на один вхід компаратора, а вхідний сигнал поступає на інший вхід. Відмінність полягає в

									Арк.
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

тому, що регістр послідовного наближення виконує двійковий пошук, замість лічби вгору або вниз по одиниці.

Початкова вхідна напруга складає 3 В, а опорна 5 В. Регістр послідовного наближення виконає перетворення таким чином:

Встановити MSB, напруга на виході ЦАП дорівнює 2,5 В

Вихід компаратора – високий логічний рівень, MSB залишається встановленим.

Результат: 1000 0000

Встановити біт 6, напруга на виході ЦАП рівна 3,75 В ($2,5 + 1,25$)

Вихід компаратора - низький логічний рівень, скидається біт 6.

Результат: 1000 0000

Встановити біт 5, напруга на виході ЦАП рівна 3,125 В ($2,5 + 0,625$)

Вихід компаратора - низький логічний рівень, скидається біт 5.

Результат: 1000 0000

Встановити біт 4, напруга на виході ЦАП рівна 2,8125 В ($2,5 + 0,3125$)

Вихід компаратора - високий, залишається біт 4 встановленим.

Результат: 1001 0000

Встановити біт 3, напруга на виході ЦАП рівна 2,968 В ($2,8125 + 0,15625$)

Вихід компаратора - високий, залишається біт 3 встановленим.

Результат: 1001 1000

Встановити біт 2, напруга на виході ЦАП рівна 3,04 В ($2,968 + 0,078125$)

Вихід компаратора - низький, скидається біт 2.

Результат: 1001 1000

Встановити біт 1, напруга на виході ЦАП рівна 3,007 В ($2,8125 + 0,039$)

Вихід компаратора - низький, скидається біт 1.

Результат: 1001 1000

Встановити біт 0, напруга на виході ЦАП рівна 2.988 В ($2.8125 + 0.0195$)

Вихід компаратора - високий, залишається біт 0 встановленим.

Результат: 1001 1001

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
											51
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

При використанні 8-бітного ЦАП з вихідною напругою 0...5 В, цьому результату відповідає напруга розрахована у формулі

$$2,5 + 0,3125 + 0,15625 + 0,0195 = 2,988 \text{ В}$$

Це не точно 3 В, але настільки близько, наскільки можна отримати з 8-бітовим перетворенням і опорною напругою 5 В. 8-бітний АЦП послідовного наближення може завершити перетворення за 8 тактів, незалежно від вхідної напруги. Потрібно більше логічних кіл, ніж для слідкуючого АЦП, але швидкість перетворення буде вища.

3.2. Вибір датчика напруги

Для комутації потужних пристроїв, було обрано твердотільне реле для поверхневого монтажу фірми Panasonic. Модель ALZ12F12. Дане реле має управляючий вхід на 12 В, може пропускати крізь себе до 16 А. Робоча температура від -40° С до +105° С. Реле має відносно низький статичний струм комутуючої котушки у робочому режимі - 33 мА, що дозволяє зменшити статичне споживання схеми.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕЛЕ СТРУМУ

4.1. Вибір датчика струму

Вимірювання струму базується на Принцип котушки Роговського. Котушка Роговського - це тороїдальна котушка без залізного ядра. Котушка розміщена навколо струмопровідного первинного провідника. Вихід з котушки є сигналом напруги, пропорційним похідній первинного струму.

Потім сигнал вбудовується у вторинне пристрій для отримання сигналу, пропорційного форма первинного струму.

Оскільки заліза не використовується, не відбувається насичення, на відміну від традиційних трансформаторів струму.

Традиційно відкритий струм Трансформатор виробляє небезпечні напруги на вторинній стороні і призводить до серйозного перевантаження трансформатора. Оскільки вихідний сигнал з датчика струму є сигналом напруги, відкриті вторинні умови не призводять до небезпечної ситуації, ні до людей, ні до апарату.

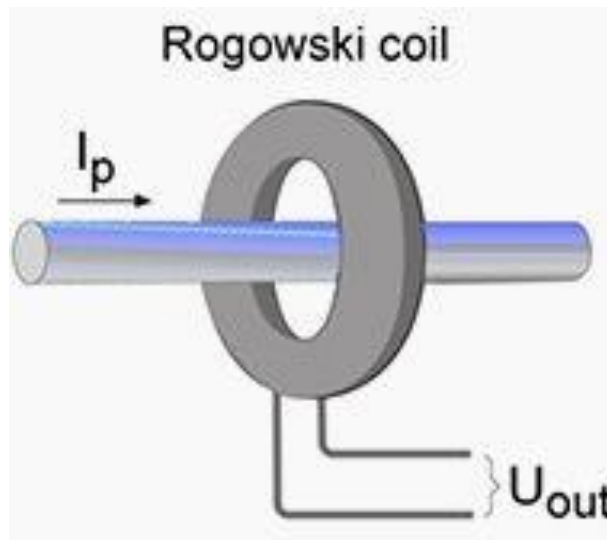


Рис.4.1 - Принцип вимірювання струму на основі котушки Роговського

Передаваний сигнал є напругою:

$$U_3 = M * \frac{di_{\text{стоп}}}{dt}$$

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

Для синусоїдального струму в стаціонарних умовах напруга:

$$U_z = M \cdot j \cdot \omega \cdot I_{стор}$$

З традиційними трансформаторами струму співвідношення КТ фіксується на одне значення, або, у випадку множинного співвідношення КТ, на кілька значень. Ці значення вибираються відповідно до конкретних потреб застосування і струмів навантаження.

В результаті, один, наприклад, первинний розподільний пристрій середньої напруги, установка зазвичай вимагає декількох типів КТ.

З датчиком струму ситуація простіша, оскільки один тип датчиків охоплює діапазон первинних струмів, а в оптимальному випадку вся установка може бути покрита тільки одним типом.

Щоб дати уявлення про рівень сигналу вторинної напруги, може бути одна фіксована точка (співвідношення) всередині номінального діапазону струму 400 Основна вартість, як правило, відповідає Рівень вторинного сигналу 150 мВ.

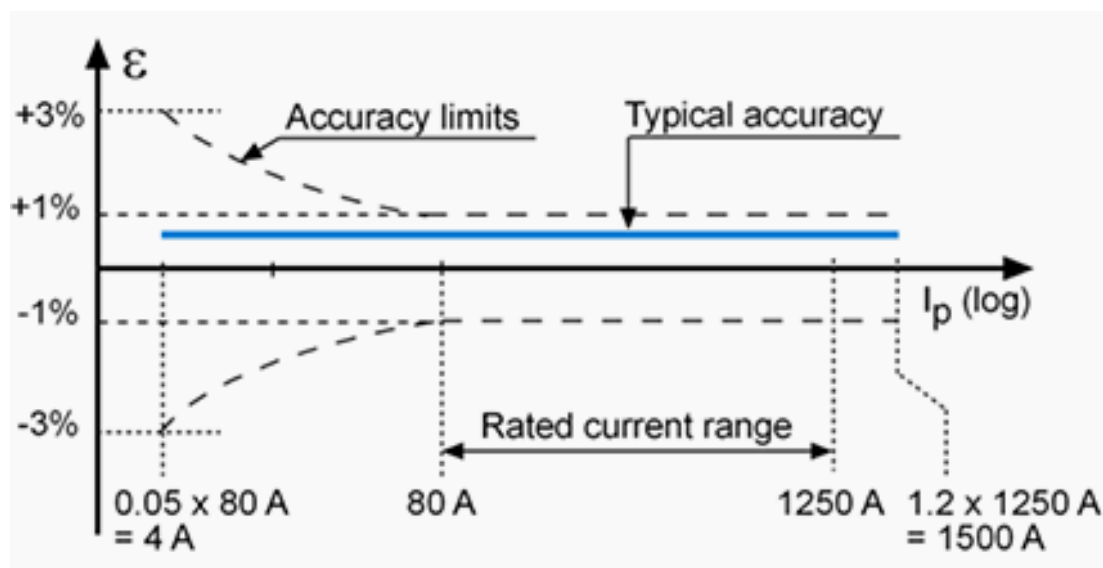


Рис. 4.2 - Приклад номінального діапазону струму датчика струму

Проблеми, пов'язані з насичує залізне ядро в звичайних трансформаторах струму можна подолати за допомогою сенсорної технології.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

На малюнку нижче показана різниця між продуктивністю вторинного сигналу як для традиційного трансформатора струму, так і для датчика струму.

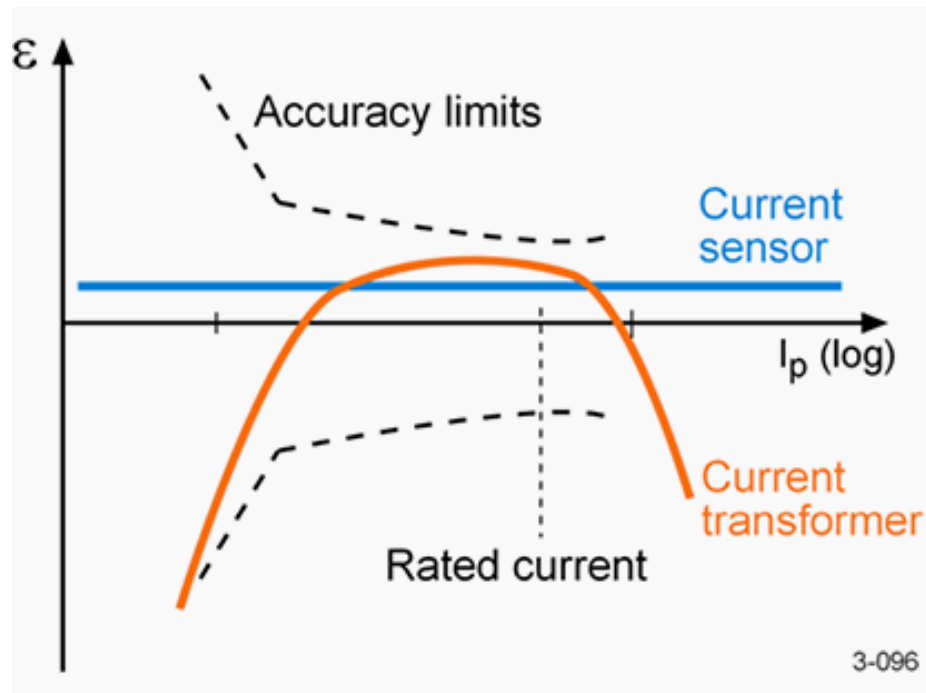


Рис.4.3 - Принципове порівняння характеристик вторинного сигналу датчика струму і трансформатора струму як функції комбінованої похибки (ε) і первинного струму (I_p)

Завдяки компактному розміру датчика струму (без залізного сердечника) є кращі можливості для інтеграції вимірювальних приладів всередині інших конструкційних частин закритого розподільного пристрою з металом.

Прикладом такої можливості було б інтеграція датчика всередині кабельних вимикачів середнього напруги.

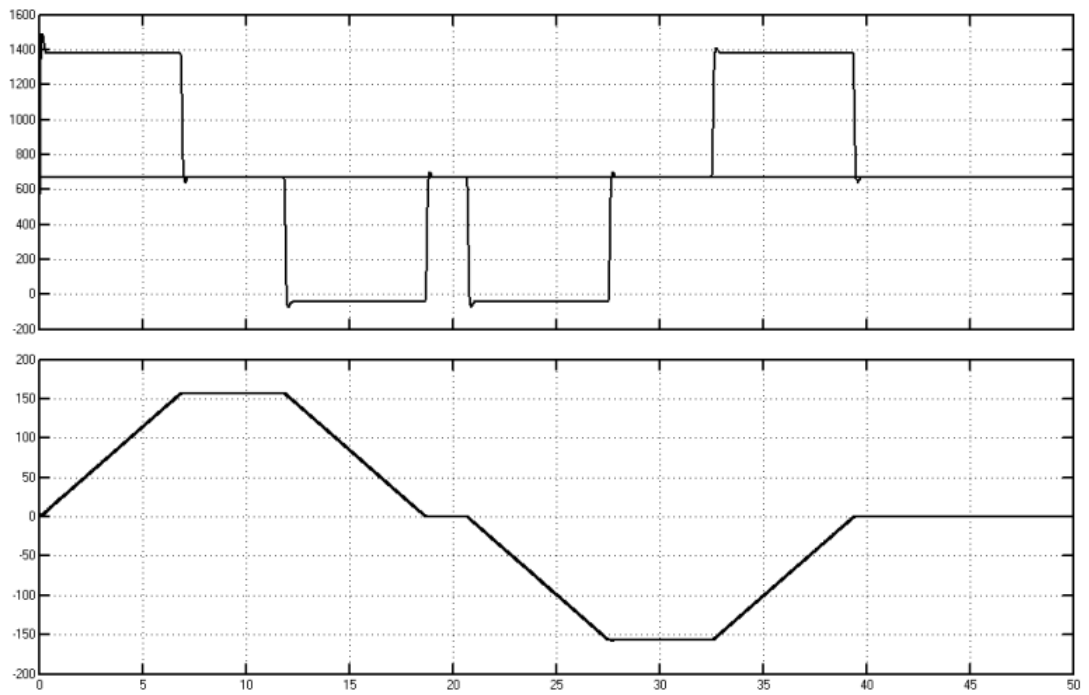
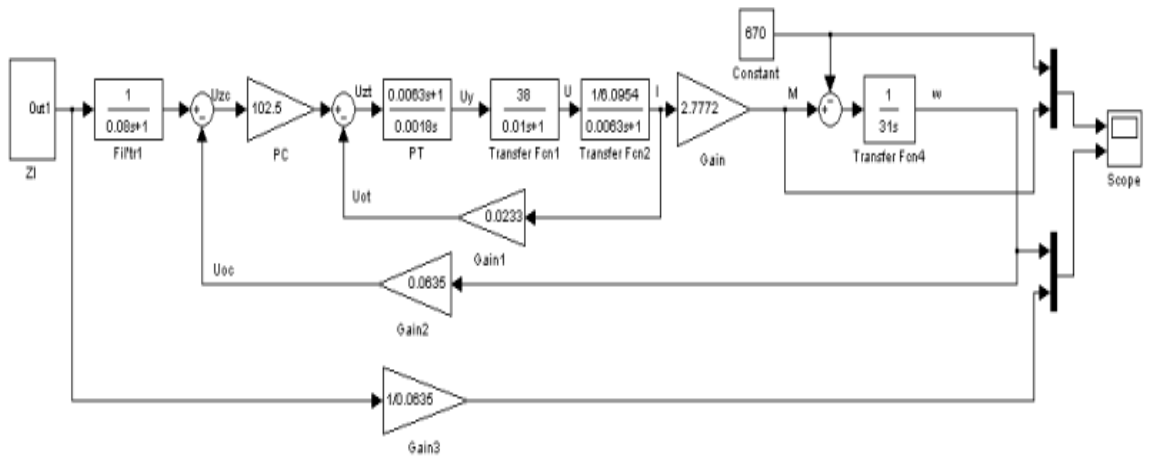


Рис.4.6 - Структурна схема та графічні результати моделювання електропривода по системі ПЧ-АД з ПІ-регулятором



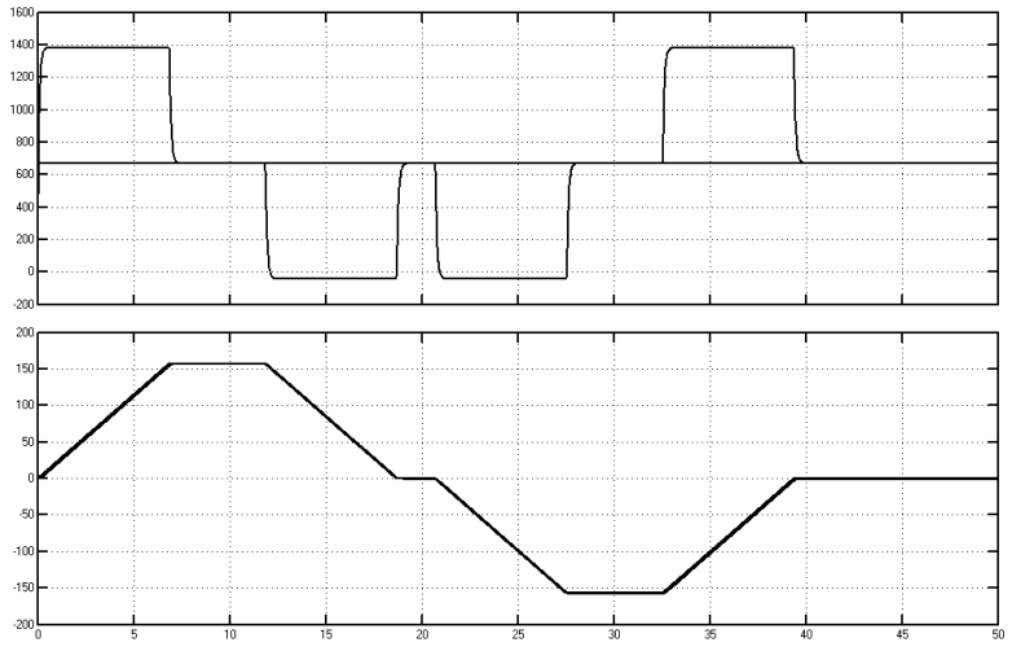


Рис.4.7 - Структурна схема та графічні результати моделювання електропривода по системі ПЧ-АД з П-регулятором

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

7.141.170033.ПЗ

Арк.

58

РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ В ДАТЧИКАХ НАПРУГИ І СТРУМУ В АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

5.1. Дослідження перехідних режимів в датчиках напруги в аварійних режимах

На рис. 5.1 показана спрощена схема, що досліджується. Вона складається з трьох генераторів, трьох мостових трифазних випрямлячів, трьох імпульсних перетворювачів постійної напруги (ІППН) та двох трирівневих мостових інверторів.

У перетворювачі відбувається багаторівневе перетворення електричної енергії. Напруга генераторів змінюється в деякому діапазоні, як за амплітудою, так і за частотою, в залежності від швидкості вітру, випрямляється в некерованому випрямлячі та стабілізується ІППН. Формування синусоїдальноїзмінної напруги з регульованою частотою здійснюється трирівневим мостовим інвертором.

Схема забезпечує підтримку частоти обертання генераторів. Частота комутації ключа ІППН – 1000 Гц, частота комутації ключа трирівневого інвертора – 900 Гц. Ланка постійного струму має велику ємність, яка призначена для згладжування пульсацій випрямленої напруги та накопичення енергії як джерела напруги для живлення інвертора [2].

З метою уточнення класифікації аварійних режимів роботи даної схеми розглянемо можливі аварійні ситуації. Аварії в залежності від місця їх виникнення розділяють на зовнішні та внутрішні, а також перенапруги [3].

Принадгдно слід зазначити, що внутрішнє та зовнішнє коротке замикання викликають значний гальмівний момент на валу вітрогенератора, в зв'язку з чим необхідна перевірка його механічної частини.

									Арк.
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

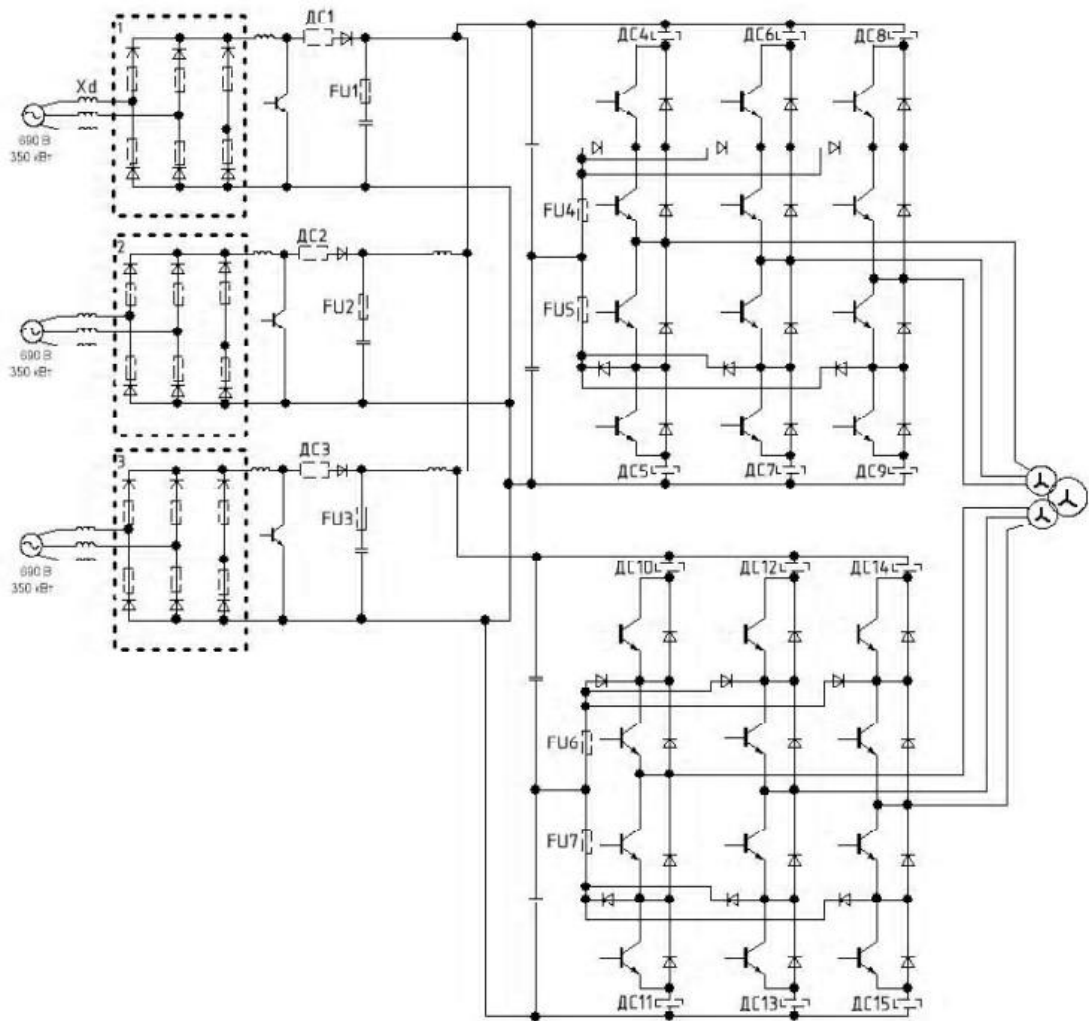


Рис.5.1 - Спрощена електрична схема перетворювача типу МПЧ-Т2ТПТ-418-690-50У3 для ВЕУ ТГ-1000 [2]

Розглянемо можливі аварійні ситуації даного перетворювача. По-перше: внутрішнє коротке замикання в одному з випрямлячів перетворювача, яке пов'язане з пробоем одного з діодів та замиканням напівпровідникової структури. У результаті виникає двофазне коротке замикання між фазами, яке спричинить коротке замикання у статорних обмотках синхронного генератора та викривлення випрямленої напруги.

Амплітуда струму короткого замикання випрямляча при роботі з явнополюсним синхронним генератором визначається за формулою [4]:

									Арк.
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	7.141.170033.ПЗ				

$$I_{кз} = \frac{E_m}{X_d} = \frac{\sqrt{2} \cdot E_0}{X_d} \cdot K_y,$$

(5.1),

де E_m – амплітуда внутрішньої ЕРС генератора;

X_d – індуктивний опір по продольній осі генератора;

E_0 – ЕРС холостого ходу генератору;

K_y – ударний коефіцієнт, визначається співвідношенням a до R X ;

R_a – активний опір кола, при достатньо малому $R_a - K_y \approx 2$. Л

Ліквідацію аварії пропонується виконувати запобіжниками фірми Ferraz Shawmut (блоки 1, 2, 3 (пунктир) на рис.5.1). Необхідність встановлення запобіжників залежить від потужності генератора. Для даного генератора типу СГ-300 запобіжники не потрібні, тому що струм короткого замикання генератора $I_{кз}$ (1) становить приблизно 2 кА, а це значно менше ударного струму діодів.

Для більш потужних ВЕУ замість діодів із запобіжниками можливе використання тиристорів, які вмикаються в нормальному режимі з $\alpha = 0$ (кут керування тиристором), що дозволяє зменшити струм короткого замикання блокуванням керуючих імпульсів тиристорів. Вибір схеми захисту здійснюється на підставі техніко-економічного обґрунтування або на вимогу замовника.

Вихід з ладу діода призведе до несиметричного навантаження фаз генератора із значних пульсацій вихідної напруги, що є неприпустимим для ВЕУ через те, що викликає асиметрію в навантаженні вітроколеса та перевантаження ІППН.

Усунення такого режиму можливе зменшенням струму збудження генераторів або вимкненням інверторів, що вимагає створення спеціальних систем захисту ВЕУ від аварійних режимів.

По-друге: аварійний режим ІППН, спричинений пробоем діода ІППН через перегрів його структури в процесі перевантажень, призводить до виникнення аварійного струму в колі транзистората конденсатора.

						7.141.170033.ПЗ	Арк.
							61
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Розвитком такої аварії буде виникнення пробою транзистора, що є найбільш важким аварійним режимом роботи перетворювача, він супроводжується протіканням великих струмів з високими значеннями швидкості наростання струму (dt/di) [3]:

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_k}{L_k} \quad (5.2)$$

де U_k – напруга колектора;

L_k – індуктивність колектора.

Для перетворювача типу МПЧ-Т2ТПТ-418-690-50У3 похідна струму $mc = 200 \cdot 106 \text{ A dt di}$. Для запобігання такій аварії пропонується перед діодом встановити швидкодіючий датчик струму (ДС1-ДС3).

Сигнал датчика закриває транзистор до настання значення амплітуди допустимого струму.

При наведених значеннях $dt di$ датчик має спрацювати за 1–2 мкс. Потретьє: можливий також пробій діода надто високою напругою при виході з ладу ланки захисту від перенапруг. Перенапруги виникають при вимиканні транзисторів у ланці постійного струму на елементах фільтру, значення перенапруги на ємності буде складати [6]:

$$\Delta U_c = I_d \sqrt{\frac{L}{C}} * e^{\frac{-1}{2Q} * \frac{\pi}{2}} \approx 0,92 * I_d \rho \quad (5.3),$$

де Q – добротність контуру, що містить індуктивність (L) та ємність (C);

I_d – миттєве значення струму в реакторі в момент вимикання транзистора.

Струм короткого замикання LC-контуру розраховується за формулою [6]:

$$I_{k3} = \frac{U}{\rho} \quad (5.4),$$

де U – напруга контуру постійного струму; $C L \rho =$ – хвильовий опір контуру.

Для захисту конденсаторів пропонується встановити швидкодіючі запобіжники (FU1-FU3). Вихід з ладу діода унеможливорює функцію ІППН як

										Арк.
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

стабілізатора напруги, це призведе до коливання напруги інвертора, а це в свою чергу призведе до необхідності вводити захисну функцію в систему автоматичного керування інвертора, щоб забезпечити нормальне функціонування ВЕУ.

По-четверте: внутрішнє коротке замикання інвертора, наприклад вихід з ладу одного з транзисторів трирівневого інвертора, унеможливило його нормальне функціонування. В разі виходу з ладу напівпровідникових приладів або керуючої системи інвертора він повинен відімкнутися від схеми і перетворення енергії буде відбуватися іншим інвертором. Як запобіжний захід пропонується встановити перед транзисторами швидкодіючі датчики струму (ДС4-ДС15). Датчик повинен виявити неприпустиме перевищення струму в ланцюзі інвертора та подати сигнали на замикання/розмикання транзисторів за 1–2 мкс.

Також пропонується встановити запобіжники (FU4-FU7), які захищають інвертор від аварійного струму.

На рис. 5.1 пунктиром показано запропоноване автором розміщення захисних елементів (запобіжників (FU1- FU7), швидкодіючих датчиків струму (ДС1-ДС15)). Рекомендовані захисні елементи (датчики струму ДС1- ДС15 та запобіжники FU1-FU7), які показані пунктиром на рис. 5.1, встановлені у реальному зразку перетворювача МПЧ-Т2ПТ-418-690-50У3 для ВЕУ ТГ-1000 (розробка підприємства ТОВ НДІ «Перетворювач»).

У подальшому для потужних ВЕУ з метою докладнішої оцінки номінальних даних елементів захисту та швидкодії датчиків струму в системі керування перетворювача з урахуванням взаємного впливу між функціональними вузлами на розподіл струмів, необхідно розробити математичну модель та провести дослідження процесів у перетворювачі методом моделювання.

Вдосконалення електронних систем нейтралізації негативних наслідків роботи безмультіплікаторних ВЕУ в аварійних режимах сприяє підвищенню надійності та ефективності їх функціонування.

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
											63
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

Для захисту досліджуваної схеми та підвищення надійності функціонування її в аварійних режимах необхідновикористатишвидкодіючі датчикимиттєвихзначень струмів через транзистори, а такожзапобіжники.

Аналіз можливих ситуацій струмових аварійних режимів дозволяє запропонувати схему розміщення захисних елементів багатоканального перетворювача частоти дляВЕУ з аеродинамічною мультиплікацією.

5.2. Розробка експериментального захисту струму електрорухомого складу залізниць

На діючому рухомому складі залізниць питання захисту обладнання від коротких замикань (КЗ) та перевантажень в основному вирішено. На електрорухомому складі (ЕРС) постійного струму при повному КЗ, наприклад у випадку перекидання дуги з найближчого струмоприймача до щіткотримача тягового двигуна на землю, зростання струму визначається тільки параметрами тягової мережі і живлячої підстанції. Швидкість його зростання у цьому випадку досягає 20-30 кА.

Захист у таких випадках забезпечується швидкодіючим вимикачем, який безпосередньо реагує на струм КЗ, як тільки останній досягає значення уставки, і розриває коло, яке з'єднує струмоприймачі з тяговими двигунами. Швидкодія цих вимикачів така, що коло розривається до того, як струм КЗ досягне сталого значення. На ЕРС змінного струму основним апаратом для захисту від КЗ є головний вимикач, після відключення якого розривається з'єднання первинної обмотки тягового трансформатора із струмоприймачами. Швидкодіючі вимикачі, головні вимикачі та інші захисні апарати, які передбачені заводами-виробниками рухомого складу в основному виконують своє призначення при захисті кіл локомотивів.

Але в деяких випадках, наприклад при створенні загальних електричних силових кіл електровоза і пасажирських вагонів, недостатньо уваги

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

приділяється питанню швидкодії апаратів, які захищають ці кола від струмів КЗ.

В деяких випадках при вирішенні питань захисту електричних кіл рухомого складу залізниць недостатньо уваги приділяється питанню швидкодії апаратів, які захищають ці кола від струмів короткого замикання. Наприклад, захист від струмів КЗ кіл опалення пасажирських вагонів, які живляться від спеціальної обмотки тягового трансформатора електровозів типу ЧС8, здійснюється з допомогою головного вимикача електровозу, номінальний час спрацювання якого 0,04 с.

Сигнал на розмикання головного вимикача (ГВ) електровоза подається через два проміжних якірних реле, номінальний час спрацювання кожного з яких 0,02 с (рис. 5.2).

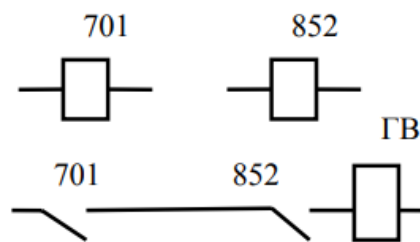


Рис.5.2 - Котушки та контакти проміжних реле, що подають сигнал на відключення ГВ

Отримання сигналу на спрацювання реле 701 (702) та 852 показано на рис. 5.3.

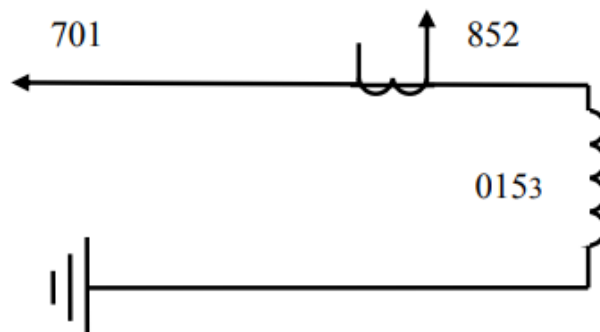


Рис.5.3 - Схема живлення опалення пасажирських вагонів від електровозу ЧС8

0153 – вторинна обмотка тягового трансформатора, від якої живляться печі опалення пасажирських вагонів. При перевантаженнях та КЗ у колах опалення сигнал поступає на котушки проміжних реле, які розривають свої контакти у колі котушки ГВ, головний вимикач розмикає коло живлення електровозу.

Таким чином, сумарний час ($t_{\text{сум}}$) від моменту виникнення КЗ до розмикання кола головним вимикачем складає: $t_{\text{сум}} = (0,04 + 2 \cdot 0,02) = 0,08$ с.

Відомо, що перехідний процес при раптовому КЗ на затискачах вторинної обмотки трансформатора середньої потужності, до яких можна віднести розглядаємий варіант, продовжується 3-4 періоду [1]. Зміна струму при цьому показана на рис. 5.4.

На цьому рисунку величина $i_{\text{к,і}}$ – це струм КЗ; $i_{\text{к,у і}}$ – усталена складова струму КЗ; $i_{\text{к,в і}}$ – вільна складова струму КЗ; $i_{\text{к,уд I}}$ – ударний струм КЗ; $\varphi_{\text{к}}$ – кут, на який струм відстає по фазі від напруги в усталеному режимі.

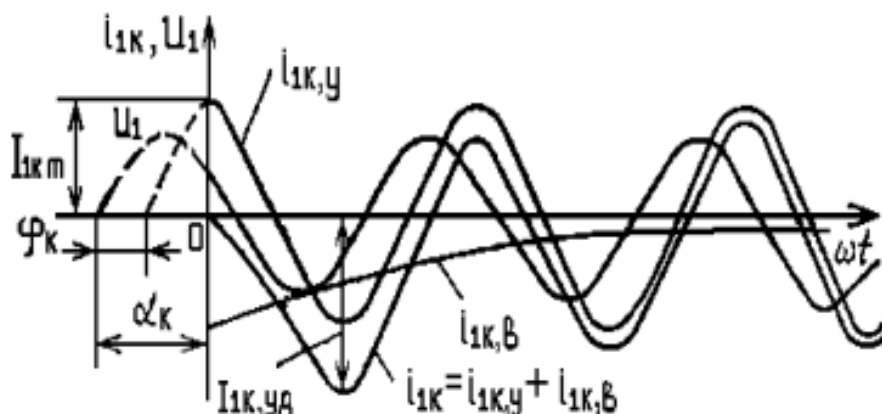


Рис.5.4 -Графік зміни струму раптового КЗ на затискачах вторинної обмотки трансформатора

Схема заміщення трансформатора при раптовому КЗ у колі обмотки опалення показана на рис. 5.5.

									Арк.
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

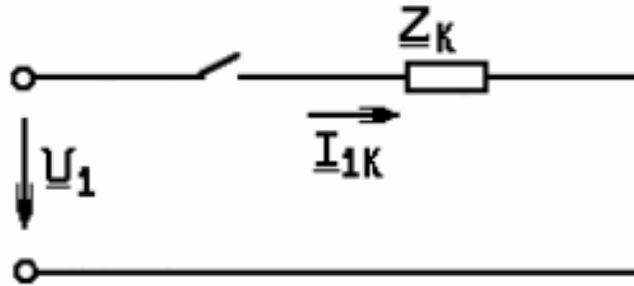


Рис.5.5 - Схема заміщення трансформатора при раптовому КЗ

Усталений струм КЗ змінюється по косинусоїді, тому період зміни цього струму дорівнює 0,02 с (частота струму 50 Гц). Тобто, при КЗ на затискачах обмотки опалення, наприклад, при пробі «на корпус» у високовольтному міжвагонному з'єднанні, у колі живлення опалення вагонів через чотири періода зміни встановлюється усталений струм КЗ.

Значення усталеного струму КЗ у обмотці опалення визначається із виразу:

$$I_{1k,y} = I_{1НОМ} * \frac{100}{u_k} \quad (5.3),$$

де $I_{1НОМ}$ – діюче значення номінального струму у обмотці опалення, u_k – напруга КЗ, %. У нашому випадку $u_k = 5\%$.

$$I_{1НОМ} = \frac{P_{опал}}{U_{опал}} \quad (5.4),$$

де $P_{опал}$ – потужність обмотки опалення тягового трансформатора електровоза ЧС8, $U_{опал} = 3000$ В - напруга обмотки опалення.

В числах:

$$I_{1НОМ} = 500A$$

$$I_{1k,y} = 10000A$$

Амплітуда усталеного струму:

$$I_{1k max} \sqrt{2} * 10000 = 140000A$$

Ударний струм $I_{к,уд}$ дорівнює:

$$I_{1k,уд} = k * I_{1k max} = 21000A$$

де k – коефіцієнт, що показує, у скільки разів ударний струм КЗ більше амплітуди усталеного струму КЗ. У нашому випадку значення k можна прийняти 1,5 [1].

Таким чином, до розмикання кола опалення головним вимикачем у колі протікає струм, значно більше ніж $I_{к,у} = 10000 \text{ А}$.

При вмиканні на КЗ електропневматичного контактора 710, який призначений тільки для оперативних комутацій номінального навантаження 500 А, відбувається не тільки різке збільшення струму через його силові контакти, а й збільшення перехідного опору $R_{пер}$ контактів через послаблення контактного тиску, яке викликається значними електродинамічними силами.

Теплова енергія, яка при цьому виділяється у місці контакту

Це об'єктивно може привести до розплавлення та зварювання контактів контактору 710, що й має місце на практиці.

Доцільно значно зменшити в порівнянні з 0,08 с час спрацювання захисної апаратури. Бажано, щоб цей час був менший часу, який відповідає півперіоду зміни струму, тобто менший 0,01с.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

РОЗДІЛ 6 БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

6.1 Безпекові дії при роботі з електроприладами

Заходи захисту і засоби захисту від ураження електричним струмом повинні бути розроблені з урахуванням допустимих значень сили струму для людини за певний час впливу і характерних шляхів його проходження через тіло або напруг дотику, відповідних ці течії. На даний момент державними стандартами визначено гранично допустимі напруги і струми дотику, що протікають через тіло людини, для електроустановок у нормальному (неаварійному) режимі роботи, а також в аварійному режимі промислових і побутових електроустановок. Ці еталони відповідають протіканню струму через тіло людини по шляху «рука — рука» або «рука — ноги».

Ураження людини електричним струмом під час аварійної роботи в електроустановках має більш імовірний характер і виникає при збігу таких випадкових подій: - пошкодження ізоляції електрообладнання та поява небезпечного потенціалу на корпусі електрообладнання; - особа, яка під час захисту торкається корпусу електроприладу з пошкодженою ізоляцією; - протікання через тіло людини струму достатньої величини та тривалості для виникнення мерехтіння.

6.2. Дії персоналу при електротравматизмі та пожежі

Навчання та подальший інструктаж персоналу з надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом краще проводити в реанімаційному закладі. Ця установка дає можливість практично відпрацьовувати першу медичну допомогу: штучне дихання та зовнішній масаж серця для контролю за правильністю та інтенсивністю цих операцій.

У комплект установки входить манекен людини, що лежить на підніжці, пульт управління, пульт класного керівника та з'єднувальні кабелі. Манекен імітує людину, яка потребує першої допомоги. З його допомогою можна

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

виконувати всі необхідні операції під час штучного дихання: піднімати голову, вдихати повітря «з рота в рот», імітувати рух грудної клітки під час вдиху та можливої обструкції дихальних шляхів, а також при непрямому масажі від серця визначає місце прикладання сили і стискає грудну клітку

На екрані пульта управління відтворюється рухоме рентгенівське зображення, що імітує роботу серця і легенів потерпілого. Елементи електричних і пневматичних схем вмонтовані в стояк, а на лицьовій стороні, поруч з екраном, розміщені банери, що показують, як це працює. Навчання реанімаційним заходам проводиться при роботі системи в режимі «Навчання». У цьому режимі можна підказати учневі, як робити штучне дихання або масаж серця.

У режимі «Оцінювання» повний контроль за діями учня відбувається автоматично. Вмикання установки, вибір режиму роботи та контроль за правильністю дій учня здійснюється за допомогою пульта класного керівника, на лицьовій частині якого розміщені елементи управління та банери.

При опіках необхідно обережно зняти з потерпілого одяг і взуття (при сильних опіках їх краще розрізати), а також не торкатися руками до обпалених ділянок тіла і не мазати їх мазями чи розчинами, місце опіку стерильним накрийте індивідуальним пакетом першої допомоги (чистою, випрасуваною тканиною), зверху покладіть шар вати та закріпіть бинтом. Після цього відправити потерпілого до найближчого медичного закладу.

При наданні першої допомоги при опіках забороняється:

- відкриті пухирі;
- Видалить мастику, каніфоль та інші смолисті речовини, які прилипли до обпалених місць (щоб запобігти луценню шкіри та зараженню рани мікробами);
- Зірвати обгорілий одяг, який прилип до рани (за потреби, гострими ножицями відрізати прилиплий до рани одяг).

При опіках очей електричною дугою необхідно прикласти до очей холодні примочки з 5% розчину борної кислоти і терміново направити

						7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			70

потерпілого до лікаря. При опіку кислотою (сірчаною, азотною, соляною) необхідно ретельно промити уражене місце під струменем води з крана або відра протягом 10-15 хвилин (дозволяється опустити обпечену кінцівку). помістити в ємність або відро з чистою водою і робити нею інтенсивні рухи), а потім - 5% розчином марганцівки або 10% розчином питної соди (чайна ложка на склянку води) і накрити стерильною пов'язкою. або марля , яку просочують сумішшю рослинного масла і вапняної води в рівних частинах

При попаданні кислоти або її парів в очі або ротову порожнину необхідно промити очі або прополоскати рот 5% розчином питної соди. Якщо кислота потрапила в дихальні шляхи, вдихніть цей розпилений розчин за допомогою пульверизатора. При опіках їдким лугом (їдким натром, негашеним вапном) уражену частину тіла необхідно промити струменем води протягом 10–15 хв. Потім уражене місце промивають 5% розчином оцту або борної кислоти (чайна ложка на склянку води).

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

ВИСНОВКИ І ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Таким чином, можемо навести наступні висновки щодо роботи:

1. Головною проблемою ЕРС змінного струму є підвищення енергетичних показників, таких як ККД і коефіцієнт потужності. Низькі значення коефіцієнта потужності вказують на велику величину реактивної потужності, призводять до зниження пропускної спроможності ліній електропередачі, збільшення падіння напруги в тяговій мережі і неповного використання потужності всієї системи тягового енергопостачання. Крім того, використання традиційних випрямлячів змінної напруги, що працюють на індуктивне навантаження, супроводжується значним спотворенням струму в мережі живлення, що погіршує ЕМС електрорухомого складу з системою енергопостачання та електричними колами залізничної автоматики.

2. Переваги автоматичних вимикачів:

- Регулювання по кривій перевантаження і КЗ, для захисту кабелів і проводів

- Можлива дистанційна комутація

- Потрібно менше місця для монтажу

- Висока безпека обслуговування, немає необхідності в спеціальному навчанні персоналу

- Можливість повторного включення - відразу після спрацювання
недоліки:

- Після аварійного відключення погіршення властивостей, неконтрольований знос контактів, якість контакту погіршується

- Обмеження за варіантами монтажу

- Прямий монтаж на збірні шини неможливий

Перевагами теплових реле є: малі розміри, маса і вартість, простота конструкції і надійність в експлуатації.

Недоліками теплових реле є необхідність в налаштуванні і в контрольних перевірках кожні кілька років. Інакше є шанс не спрацювання

										7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							72

реле або навпаки помилкового спрацьовування при збільшенні струму в допустимих межах

Переваги реле напруги:

Тільки реле напруги застосовують для захисту електрообладнання від стрибків напруги тобто ні автоматичні вимикачі, ні пробки не захистять від перепадів струму. Невелика вартість, довговічність, простота конструкції.

Недоліки реле: напруги В випадках, коли перепади тривають досить довгий час, а причина цих перепадів залишається невирішеним, реле буде включатися і вимикатися тим самим піддаючи захищаються прилади поломки. Для того, щоб захистити від перепадів напруги прилади та обладнання потрібно використовувати поєднання реле і стабілізаторів напруги. Але основне завдання споживача в разі постійних перепадів напруги - усунути причини перепадів. А тому використання автоматичного реле і стабілізаторів напруги - це тимчасові, хоча і досить дієві заходи по боротьбі з великими перепадами напруги.

3. Рівень напруги на струмоприймачі електрорухомого складу має бути не меншим 21 кВ при змінному струмі, 2,7 кВ – при постійному струмі і не більше 29 кВ – при змінному струмі, та 4 кВ – при постійному струмі.

На окремих ділянках з дозволу Державної адміністрації залізничного транспорту України допускається напруга не менша 19 кВ при змінному струмі і 2,4 кВ – при постійному струмі.

Номінальна напруга змінного струму на пристроях СЦБ має бути 115, 230 або 380 В.

4. Arduino - це платформа розробки електронних пристроїв, яка складається з самої плати і програмного забезпечення (Arduino IDE). До плати можна підключити велику кількість датчиків, лампочок, реле і т.д., і керувати ними вручну, за допомогою кнопок, потенціометрів або автоматично, в залежності від прошивки.

5. Характеристики:

- Мікроконтролер: АТmega328

									Арк.
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

7.141.170033.ПЗ

- Робоча напруга: 5 В
- Напруга живлення (рекомендована): 7-12 В
- Напруга живлення (гранична): 6-20 В
- Цифрові входи / виходи: 14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)

- Аналогові входи: 6
- Максимальний струм одного виводу: 40 мА
- Максимальний вихідний струм виводу: 3.3V 50 мА
- Flash-пам'ять: 32 КБ (АТmega328) з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем

- SRAM: 2 КБ (АТmega328)
- EEPROM: 1 КБ (АТmega328)
- Тактова частота: 16 МГц Arduino Uno може живиться від USB або від зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично.

6. Розмір одного кроку задається так:

$$V_{REF}/256=5V/256=0,0195V=19,5mV$$

8-бітний АЦП представляє аналоговий сигнал цифровим словом. Старший значущий біт цього слова (біт 7) показує, чи вище вхідна напруга, ніж $V_{REF}/2$ (2,5 В при $V_{REF} = 5$ В).

7. Для комутації потужних пристроїв, було обрано твердотільне реле для поверхневого монтажу фірми Panasonic. Модель ALZ12F12. Дане реле має управляючий вхід на 12В, може пропускати крізь себе до 16 А. Робоча температура від $-40^{\circ}C$ до $+105^{\circ}C$. Реле має відносно низький статичний струм комутуючої котушки у робочому режимі - 33 мА, що дозволяє зменшити статичне споживання схеми.

8. Вибираємо датчик струму ДТ424Н1-400/0,1.

$$U_{ВЫХ} = I_{ВЫХ} \cdot R_{наг} = 0.1 \cdot 40 = 4 \text{ В}$$

$$I_{кДТ} = U_{ВЫХ} / R_{н} = 4 / 400 = 0.01$$

$$K_{ДТ} = K_{Т} I_{кДТ} = 0.0233 \cdot 0.01 = 2.33$$

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

9. Для перетворювача типу МПЧ-Т2ТПТ-418-690-50У3 похідна струму $i_{\text{мкс}} = 200 \cdot 106 \text{ A dt di}$. Для запобігання такій аварії пропонується перед діодом встановити швидкодіючий датчик струму (ДС1-ДС3).

Сигнал датчика закриває транзистор до настання значення амплітуди допустимого струму.

10. Таким чином, до розмикання кола опалення головним вимикачем у колі протікає струм, значно більше ніж $I_{\text{к,у}} = 10000 \text{ A}$.

При вмиканні на КЗ електропневматичного контактора 710, який призначений тільки для оперативних комутацій номінального навантаження 500 А, відбувається не тільки різке збільшення струму через його силові контакти, а й збільшення перехідного опору $R_{\text{пер}}$ контактів через послаблення контактної тиску, яке викликається значними електродинамічними силами.

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Naglaa Farag Soliman, Samir Mahmoud Nasr and Mohamed Abdelaziz Okbah Potential ecological risk of heavy metals in sediments from the Mediterranean coast, Egypt // Journal of Environmental Health Science and Engineering – 2015, Vol. 13, doi:10.1186/s40201-015-0223-x
2. Xudong Jiao, Yanguo Teng, Yanhong Zhan, Jin Wu, and Xueyu Lin Soil Heavy Metal Pollution and Risk Assessment in Shenyang Industrial District, Northeast China // Plos One. – 2015, Vol. 10 (5), doi:10.1371/journal.pone.0127736
3. Yuanan Hu, Xueping Liu, Jinme i Bai & Kai min Shih, Eddy Y. Zeng, Hefa Cheng Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization // Environmental Science and Pollution Research. – 2013, Volume 20, Issue 9, pp 6150–6159
4. Басов, Г. Г. Розвиток електричного моторвагонного рухомого складу [Текст]: навч. посібник. Ч. 2 / Г. Г. Басов, С. І. Яцько. – Харків: Апекс+, 2005. – 248 с.
5. Бедерак Я.С. Засоби захисту конденсаторних установок 10 (6) кВ, встановлених в однієї вітці зведеного струмообмежувального реактору, у випадку наявності підключеного до другої вітки джерела вищих гармонік, від резонансу струмів / Я.С. Бедерак // Енергетика і Електрифікація. – 2014. – №6. – С. 34–37.
6. Даніленко, Е. І., Вербицький, В. Г., & Уманов, М. І. (2010). Вплив поперечних та поздовжніх горизонтальних сил на роботу безпідкладкової та підкладкової конструкції рейкової колії.
7. Даренський, О. М. (2013). Аналіз фактичних експлуатаційних умов роботи залізничних колій підприємств чорної металургії. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, (3), 39.
8. ДСТУ 3812-98. Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Контроль оперативний стічних вод очисних споруд міст і

					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

промислових підприємств. Загальні положення. - Наказ від 16.12.1998 р. № 976. – Київ, Держстандарт України, 1999 – 32 с.

9. Коменда Н.В. Пошук споживачів-регуляторів на основі морфометричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства / Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, О.Д. Демов // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: Зб. наук. пр. — К.: ІЕД НАНУ, 2010. — Вип 27. — С. 22 – 26.

10. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку / Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України №32/28/28/276/75/54 від 17.04.2000 р. - м. Київ.

11. Находов В.Ф. Контроль та аналіз виконання встановлених «стандартів» в системах статистичного контролю ефективності використання електричної енергії / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2011. – № 2. – С. 16 – 23.

12. Праховник А.В. Автоматизовані системи обліку та якості електроенергії в оптовому ринку / А.В. Праховник, Ю.Ф. Тесик, А.Ф. Жаркін, В.О. Новський, О.Г. Гриб [та ін.] (під ред. Гриба О.Г.). – Харків.: ПП «Ранок-НТ», 2012. – 516 с.

13. Рудаков, О. Г. (2011). Державна програма реформування залізничного транспорту на 2009-2015 роки: проблеми та шляхи вирішення. Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/usoc/2010_2/133-143_2'10_-15.pdf.





14. Технічні вказівки по правилах вхідного контролю приймання матеріалів верхньої будови колії [Текст] : затв. розпоряд. Голов. упр. колійного госп. Укрзалізниці від 29.02 2003 р. - К, 2004. - 72 с. - (Мін-во трансп. України. Держ. адмін. заліз. трансп. України. Голов. упр. колійношго госп.). - ISBN 966-8173-07-4

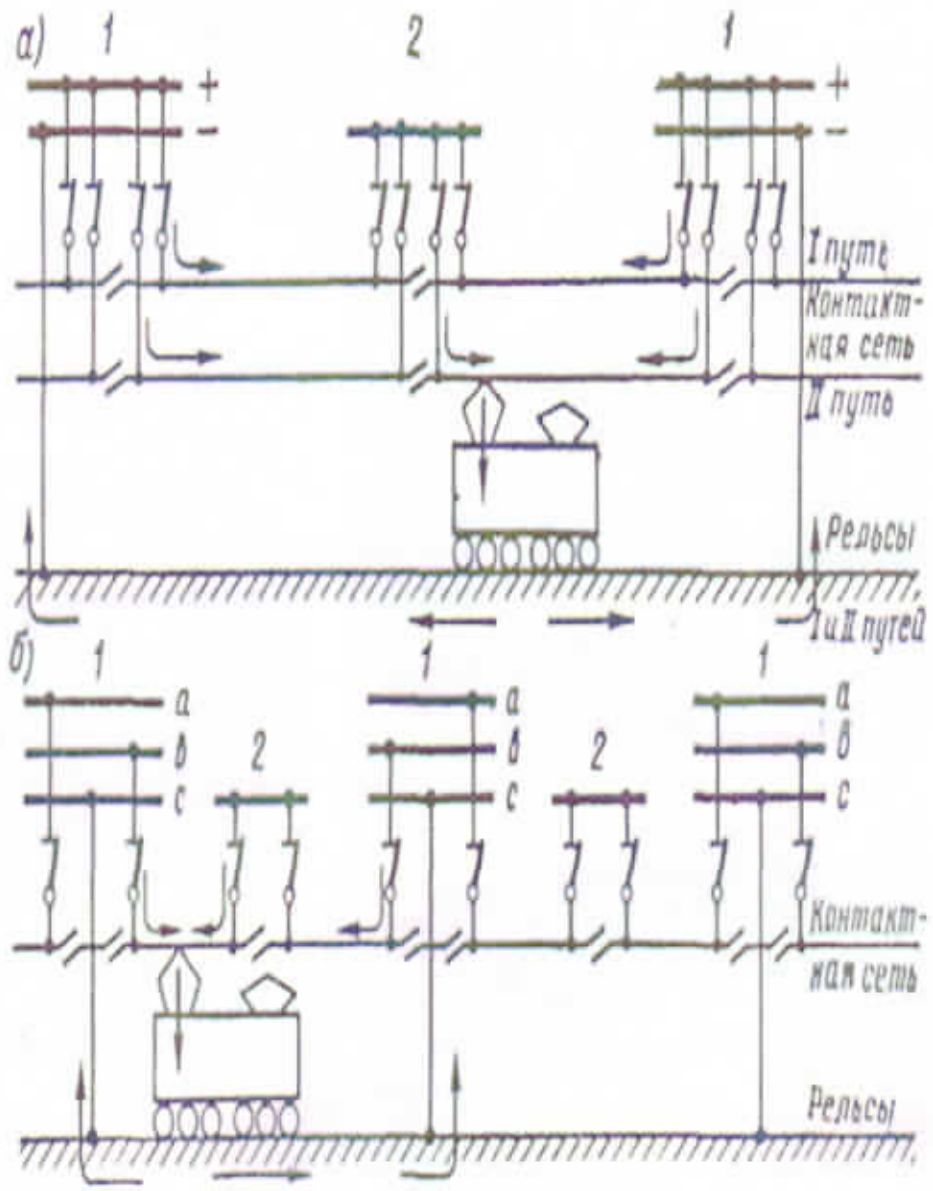
						7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			77

15. Томашевський В.М. Моделювання систем. / В.М. Томашевський –
Київ: ВНУ, 2005. – 349 с.

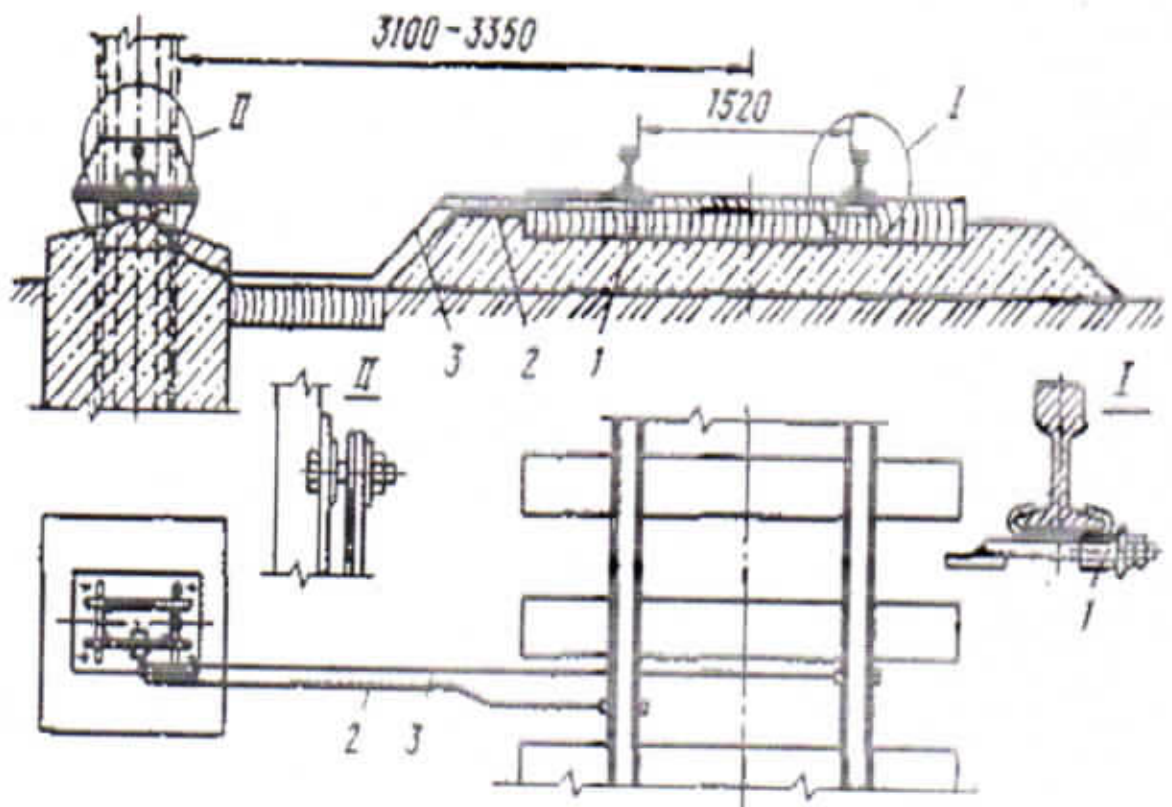
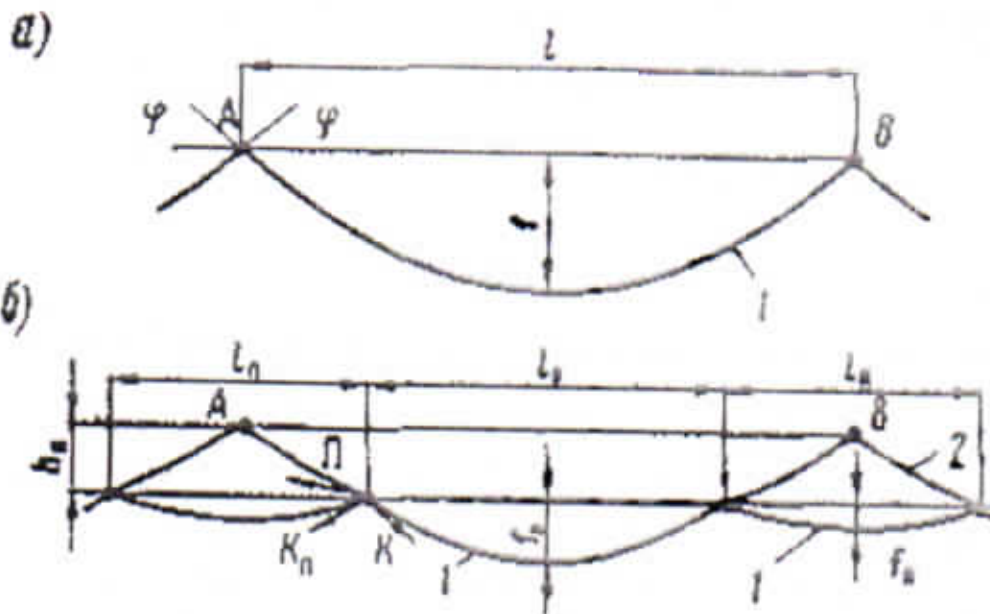
					7.141.170033.ПЗ	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

ДОДАТОК А

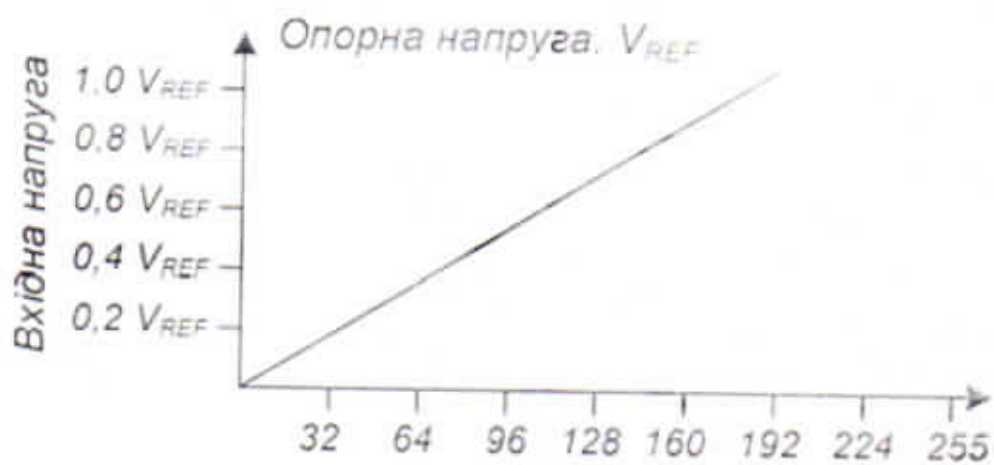
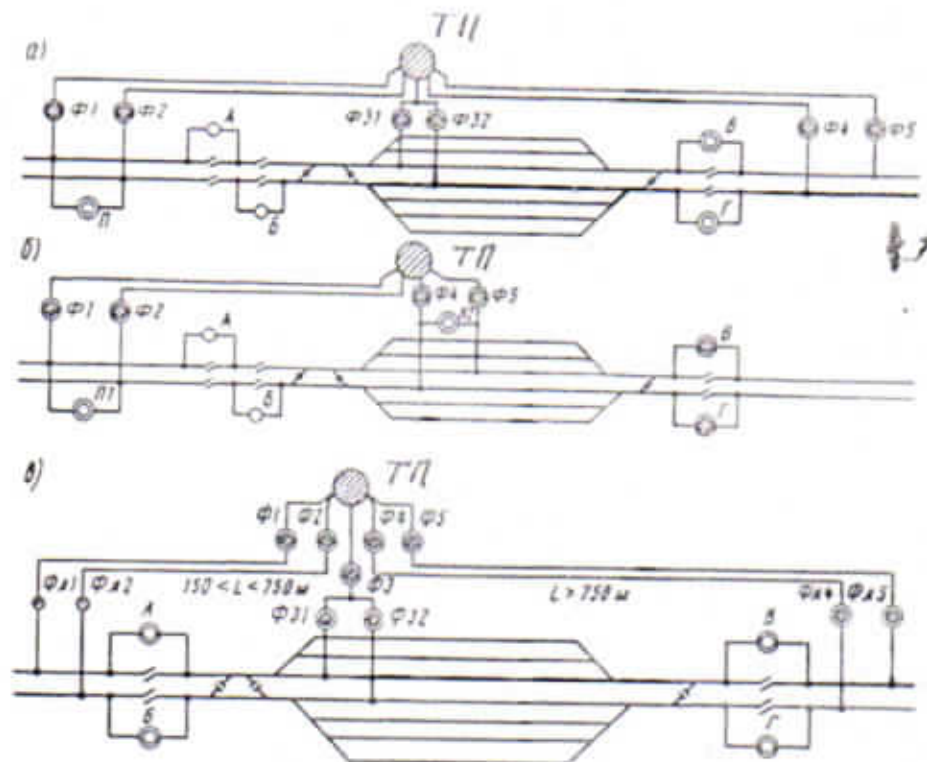
					7.141.170033.ПЗ	
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць	
<i>Розроб.</i>		<i>Лисенко М.В.</i>		<i>01.12</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Карцова О.О.</i>		<i>17.12</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Карцова О.О.</i>		<i>17.12</i>		
<i>Затв.</i>		<i>Миха А.М.</i>		<i>19.12</i>		
				<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
				79	82	
МОН України, УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП2121						



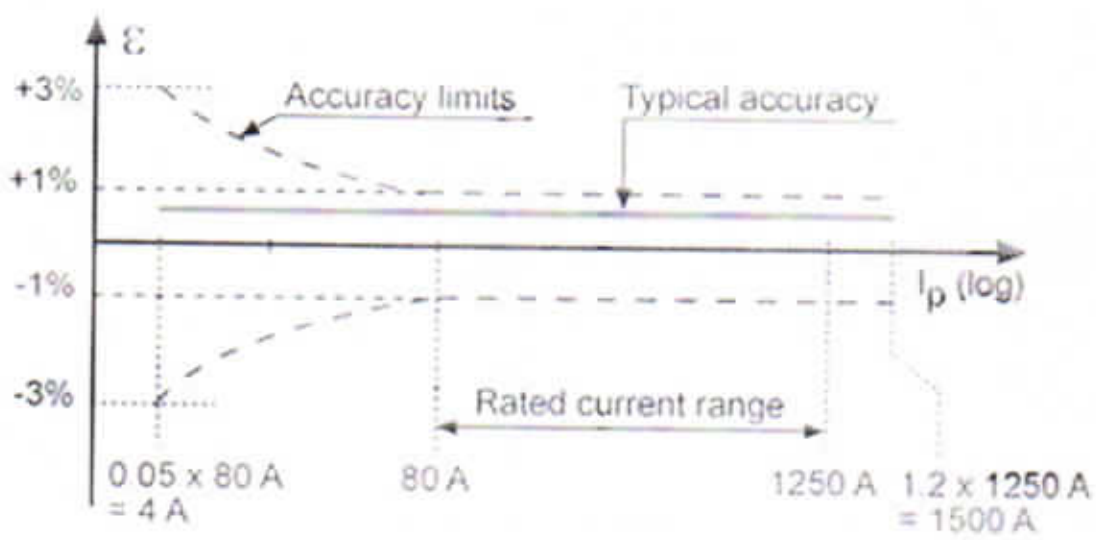
					7.141.170033.ПЗ				
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць	Лит.	Лист	Листів	
Розроб.	Лисенко М.В.		<i>[Signature]</i>	01.12			79	80	82
Перевір.	Карцова О.О.		<i>[Signature]</i>	18.10					
Н. Контр.	Карцова О.О.		<i>[Signature]</i>	19.12					
Затв.	Миха А.М.		<i>[Signature]</i>	19.12					
						МОН України, УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП2121			



					7.141.170033.ПЗ			
Лист	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата	Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць	Лист	Лист	Листів
Розробл.	Лисенко М.В.		<i>[Signature]</i>	01.12			80	82
Перевір.	Карцова О.О.		<i>[Signature]</i>	01.12				
Н. Коонтр.	Карцова О.О.		<i>[Signature]</i>	01.12				
Затв.	Муха А.М.		<i>[Signature]</i>	01.12				
						МОН України, УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, групи ЕП2121		



					7.141.170033.ПЗ			
Зам.	Лист	М.Докум	Підпис	Дата				
Розроб.	Лисенко М.В.		<i>[Signature]</i>	01.12	Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць	Лист	Лист	
Перевір.	Карцова О.О.		<i>[Signature]</i>	01.12			81	
							82	
Н. Контр.	Карцова О.О.		<i>[Signature]</i>	01.12		МОН України, УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП2121		
Зам.	Муха А.М.		<i>[Signature]</i>	01.12				



7.141.170033.ПЗ				
Ім'я	Лист	№ Докум	Підпис	Дата
Розроб.		Лисенко М.В.	<i>[Signature]</i>	01.12
Перевір.		Карцова О.О.	<i>[Signature]</i>	01.12
Н. Кошар.		Карцова О.О.	<i>[Signature]</i>	01.12
Затв.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>	01.12
Дослідження режимів захисної апаратури кіл електрорухомого складу залізниць				
Лист	Лист	Листів		
	82	82		
МОН України, УДУНІТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП2121				