

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ**

До захисту допускається  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Скарга-Бандурова І. С.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА  
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

НА ТЕМУ:

**«Система захисту допоміжних трифазних ланцюгів тепловозу  
2ТЭ116УР»**

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Напрямок підготовки 6.050102 - «Комп'ютерна інженерія»

Керівник проекту:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Недзельський Д.О.

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Критська Я. О.

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Студент:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Лісовін А.В.

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Група:

КІ-15д

\_\_\_\_\_

Сєверодонецьк-2019

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра комп'ютерних наук та інженерії  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напрямок підготовки 6.050102 "Комп'ютерна інженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
Скарга-Бандурова І. С.  
" " 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Лісовін Анатолій Валерійович

1. Тема проекту: «Система захисту допоміжних трифазних ланцюгів тепловозу 2ТЭ116УР»

Керівник проекту Недзельський Д.О. к.т.н., доцент

затверджена наказом по інституту від « 13 » 05 2019 р. № 93/15.15

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): 14.06.2019 року.

3. Початкові дані до проекту : матеріали переддипломної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці): Аналіз та призначення системи захисту допоміжних ланцюгів. Структурна розробка. Вибір Елементів До Структурної Схеми. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень):  
Електронні плакати.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я. О., ст. викл. кафедри комп'ютерних наук та інженерії		

8. Дата видачі завдання: 15.05.2018 р.

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Отримання завдання, збір матеріалів	15.05.19 – 16.05.19	
2.	Вивчення відповідної літератури	15.05.19 – 18.05.19	
3.	Розроблення технічного завдання	21.05.19 – 20.05.19	
4.	Розгляд існуючих рішень щодо вирішення задачі.	26.05.19 – 28.05.19	
5.	Розроблення структурних схем	23.04.19 – 24.05.19	
6.	Вибір мікроконтролерів та допоміжних елементів	25.05.19 – 01.06.19	
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.06.19 – 10.06.19	
8.	Оформлення пояснювальної записки	10.06.18 – 14.06.19	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Лісовін А.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Недзельський Д.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 65 стор., 25 рис., 2 табл., 1 додатки, 16 посилань.

Мета роботи – розроблення системи захисту допоміжних ланцюгів тепловозу.

Здійснено аналіз роботи механізмів тепловозу, допоміжних ланцюгів та тягових генераторів.

Розроблено структурні схеми функціональних елементів системи захисту допоміжних ланцюгів та блок-схеми роботи деяких програм, необхідних для функціонування системи.

Визначено основні вимоги, до системи, по швидкодії, мінімальному об'єму пам'яті, функціоналу та умовах роботи. На основі цих даних підібрано мікроконтролери, додаткову пам'ять, світлодіоди та інші модулі. Опираючись на отримані данні про роботу тягового генератору розроблено систему фільтрації та нормалізації аналогових сигналів.

**Ключові слова:** *тепловоз, мікроконтролер, допоміжні ланцюги, тяговий генератор, світлодіод, блок-схема.*

Умови одержання роботи:

93406. м. Сєвєродонецьк, пр-кт Центральний, 59а, СНУ ім. В. Даля

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
<b>1 АНАЛІЗ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ДОПОМІЖНИХ ЛАНЦЮГІВ</b>	<b>8</b>
1.1 Структура тепловозу .....	8
1.2 Допоміжні системи .....	11
1.3 Генератор власних потреб .....	12
1.4 Системи захисту допоміжних ланцюгів .....	14
1.5 Висновки до 1 розділу .....	15
<b>2 СТРУКТУРНА РОЗРОБКА</b> .....	<b>16</b>
2.1 Функціональні вимоги до системи захисту допоміжних ланцюгів.....	16
2.2 Розробка структурної схеми системи захисту допоміжних ланцюгів .....	17
2.3 Розробка структурної схеми система вводу та обробки.....	19
2.4 Розробка структурної схеми система загального контролю .....	22
1.1 CAN шина .....	25
1.1.1 Структура вузла мережі CAN .....	25
1.1.2 Пакет повідомлення CAN .....	27
2.4.1 Арбітраж доступу.....	27
2.5 Датчик струму.....	28
2.6 Пам'ять.....	29
2.6.1 Робота пристрою та зв'язок.....	31
2.6.2 Операція запису .....	33
2.6.3 Захист від запису.....	34
2.7 Висновки до 2 розділу .....	35
<b>3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ДО СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ</b> .....	<b>36</b>
3.1 Система вводу та обробки .....	36
3.1.1 Мікроконтролер.....	36
3.1.2 Фільтрація та нормалізація.....	40
3.2 Система загального контролю.....	43
3.2.1 Мікроконтролер.....	44

	6
3.2.2 Панель індикації.....	46
3.3 Висновок до 3 розділу .....	49
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>50</b>
4.1 Вимоги до приміщення.....	50
4.2 Навантаження та напруженість процесу праці .....	50
4.3 Пожежна безпека .....	52
4.4 Електробезпека .....	54
4.5 Розрахунки.....	55
4.5.1 Розрахунок освітлення.....	55
4.5.2 Розрахунок захисного заземлення.....	56
4.6 Висновки до 4 розділу .....	61
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>62</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>64</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>66</b>

## ВСТУП

Сучасний тепловоз є складним технічним пристроєм, обслуговування та ремонт якого потребують висококваліфікованих фахівців. В експлуатації спостерігається значна кількість відмов викликаних різними причинами: низькою якістю виготовлених вузлів, низькою якістю обслуговування локомотивів у депо, неправильними режимами роботи тепловозів та низькою кваліфікацією локомотивних бригад. Відмови роботи тепловоза нерідко викликають тривалі простої потягів, зрив графіку руху. Звичайно, такі відмови, як пробій ізоляції в силовому ланцюзі, вихід з ладу тягового генератора або тягового електродвигуна, ремонтна бригада не може швидко полагодити, але в той же час спостерігається випадки тривалого простою при виникненні відмов у ланцюзі керування, які ремонтна бригада може виправити у найкоротший термін. З досвіду обслуговування тепловозів відомо, що заміна запобіжника, відновлення ланцюгу у контактах реле або допоміжних контактах контактора, усунення обриву дроту потребує малих часових витрат. Отже, при відмові електроланцюгів тривалі простої викликані тим, що ремонтна бригада не може вчасно знайти відмовивший елемент.

Для запобігання більш серйозних несправностей та людських жертв, а також для прискорення ремонтних робіт необхідно встановити систему безпеки, яка буде проводити постійний контроль фазових струмів та напруги генератора власних потреб та у випадку аварійного стану має спрацювати захист, який вимкне потенційно пошкоджену ділянку та повідомити про це оператора.

Мета бакалаврської роботи – розроблення системи захисту обмоток генератору власних потреб, проводки та допоміжних електричних машин тепловозу від аварійних режимів роботи.

# 1 АНАЛІЗ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ДОПОМІЖНИХ ЛАНЦЮГІВ

## 1.1 Структура тепловозу

Магістральний вантажний двосекційний тепловоз 2ТЭ116УМ, є модифікацією тепловозу 2ТЭ116У, потужністю 2х2650 кВт або 2х3604 к.с. призначений для роботи в умовах високогір'я, сильної запиленості навколишнього середовища та розрахований для роботи в умовах помірного клімату.

2ТЭ116У обладнаний електропередачею змінно-постійного струму, мікропроцесорною системою регулювання, керування та технічної діагностики з поосним регулюванням сили тяги. Програмне забезпечення мікропроцесорної системи керування спільно з електронним регулятором частоти обертання та потужності дизеля забезпечує стабільність потужності, як при зміні метеоумов так і при зміні висоти над рівнем моря. У зв'язку з підвищеною запиленістю повітря на тепловозі передбачена триступенева система очищення повітря дизеля. Тепловоз обладнано системою контролю температури підшипників букси та моторно-осьових підшипників тягових двигунів.

Тепловоз 2ТЭ116У складається з двох секцій, керуючих з кабіни будь-якої секції. Усе силове та допоміжне обладнання розміщено у кузові тепловозу.

Тепловоз має кузов з несучою головною рамою (Рис 1.1). Для монтажу та демонтажу обладнання криша кузова виконана у вигляді п'яти з'ємних секцій, з яких три – зі вмонтованими повітрозбірниками для фільтрації повітря, призначеного для охолодження тягового генератора, випрямної установки та тягових електродвигунів.



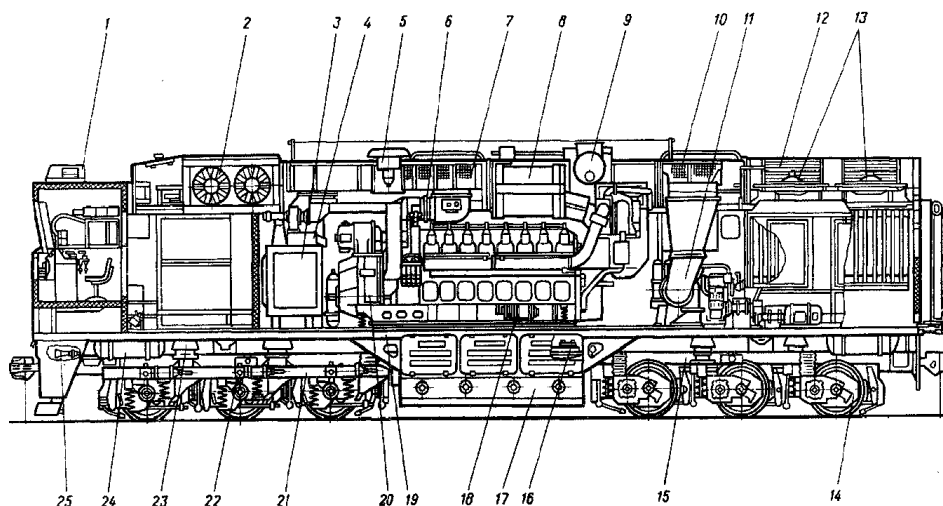


Рис.1.1. - Тепловоз 2ТЕ116 вид збоку

1 - кондиціонер; 2 - вентилятор охолодження гальмівних резисторів; 3 - випрямна установка; 4 - блок випрямлячів управління збудженням; 5 - вентилятор кузова; 6 - вентилятор охолодження тягового генератора; 7 - касета очищення повітря, що охолоджує тяговий генератор; 8 - глушник; 9 - бак для води; 10 - касета очищення повітря, що охолоджує ТЕД заднього візка; 11 - всмоктувальний канал вентилятора охолодження ТЕД заднього візка; 12 - жалюзі верхні; 13 - вентилятори холодильної камери; 14 - тяговий електродвигун; 15, 21 - візки; 16 - акумуляторна батарея; 17 - паливний бак; 18 - маслопрокачувальний агрегат; 19 - рама тепловоза; 20 - тяговий генератор; 22 - гаситель коливань; 23 - ролик опора кузова; 24 - головний резервуар; 25 - тифон.

На тепловозі використано дизель-генераторна установка 1А-9ДГ, розташована у середній частині головної рами (Рис 1.2). Дизель та тяговий генератор змінного струму ГС-591А змонтовані на єдиній рамі сварної конструкції та з'єднані між собою напівжорсткою пластинчастою муфтою. Дизель чотирьохтактний, 16-циліндровий, з газотурбінним наддувом та охолодженням наддувного повітря, зі ступеневим дистанційним електрогідравлічним керуванням частотою обертання валу дизель-генератора.

Для запуску дизель-генератору використовується стартер-генератор, який під час пуску, отримує живлення від акумуляторної батареї, працює у режимі

електродвигуна постійного струму с послідовним збудженням та приводить в обертання вал дизель-генератору через його задній редуктор. Після запуску дизеля стартер-генератор працює у генераторному режимі та живить ланцюги керування тепловозу, освітлення, електродвигун приводу тормозного компресору, зарядки акумуляторної батареї, електродвигуни вентилятора кузову, опалювально-вентиляційного та паливопідкачувального агрегатів.

Акумуляторна батарея розташована у нішах з обох боків головної рами, що спрощує їй обслуговування. Від акумуляторної батареї також живляться радіостанція, сигналізація, ланцюги керування та освітлення тепловозу при вимкненому дизель-генераторі.

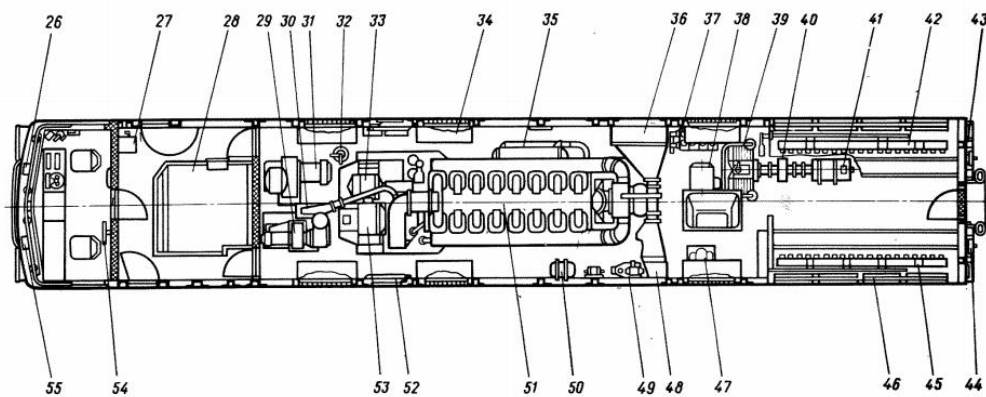


Рис.1.2 - Тепловоз 2ТЕ116 вид зверху

26, 55 - передні бункери для піску; 27 - електричний пристрій автоматики; 28 - високовольтна камера; 29 - вентилятор охолодження випрямної установки; 30 - інвертор кондиціонера; 31, 38 - вентилятори охолодження тягових електродвигунів; 32 - установка порошкового пожежогасіння; 33 - збудник; 34 - канал бічного забору повітря; 35 - охолоджувач масла для дизеля; 36, 48 - очищувачі повітря дизеля; 37 - фільтр тонкого очищення масла; 39 - гальмівний компресор; 40 - редуктор; 41 - електродвигун приводу компресора; 42, 45 - радіаторні секції; 43, 44 - задні бункери для піску; 46 - бокові жалюзі; 47 - санвузол; 49 - паливопідкачувальний агрегат; 50 - підігрівач палива; 51 - дизель; 52 - жалюзі вентиляції кузова; 53 - стартер-генератор; 54 - привід ручного гальма.

## 1.2 Допоміжні системи

Призначення допоміжних систем локомотиву – забезпечує роботу енергетичного обладнання та нормальні умови його експлуатації. При працюючому дизелі електропривід усіх допоміжних систем тепловозу здійснюється від стартер-генератора або синхронного генератора. Джерелом енергії при непрацюючому дизелі є акумуляторна батарея.

На тепловозі з електричною передачею змінно-постійного струму електропривод мають наступні агрегати допоміжних систем:

- Допоміжні насоси дизеля.
- Компресор.
- Вентилятори охолодження теплоносія дизеля.
- Вентилятори охолодження тягового електрообладнання.
- Вентилятори тормозних резисторів.
- Вентилятор кабіни, кузову, опалювального агрегату та інші.

В залежності від режимів роботи (короткочасний або постійний) для приводу допоміжних систем використовують електродвигуни постійного або змінного струму. Для роботи у короткочасних режимах використовують переважно електропривід постійного струму. Для приводу вентиляторів охолодження тягового обладнання тривалість роботи яких може бути необмежена – трифазні асинхронні електродвигуни з живленням від синхронного генератора. На тепловозі 2ТЭ116 усі допоміжні трифазні асинхронні електродвигуни ввімкнені на напругу статорних обмоток тягового генератора, так як тільки потужності тягового генератора достатньо для безперервної роботи вентиляторів охолодження тягового обладнання.

Для живлення електродвигунів маслопрокачувального та паливнопідкачувального насосів дизелю використовують акумуляторну батарею, тому що вони працюють тільки при пуску дизелю.

Електродвигун приводу вентилятора кузову та опалювального агрегату отримує живлення від акумулятору – при непрацюючому дизелі, або від

стартер-генератору – при працюючому дизелі. Електродвигун компресора - від стартер-генератора, тобто робота компресора можлива тільки при працюючому дизелі. У зв'язку з великим споживанням енергії (потужність електродвигуна компресора тепловозу 2ТЭ116 становить 37 кВт) робота компресора від акумулятора не передбачена.

### **1.3 Генератор власних потреб**

Основним джерелом живлення у тепловозі є тяговий генератор змінного струму ГС-501А призначений для перетворення механічної енергії дизеля у електричну. Вироблений генератором трифазний змінний струм частотою 35-100 Гц надходить у випрямну установку, а з неї до тягових електродвигунів постійного струму.

Генератор являє собою синхронну електричну машину захищеного виконання з явно вираженими 12 полюсами на роторі, незалежним збудженням та примусовою вентиляцією.

Генератор складається з нерухомих частин статора 9, в пазах якого розташовується дві трифазні обмотки, та обертової частини – ротора 7 з полюсами, на яких встановлені катушки збудження, що живляться постійним струмом через кільця та щітки.

Для зменшення пульсації випрямленої напруги обмотка виконана по схемі двох незалежних зірок, зсунутих одна по відношенню до другої на 30 електричних градусів(рис.1.3). Секція обмотки прямокутного перетину, відповідає формі паза сердечника, складається з дев'яти укладених один на одного широкою стороною мідних провідників. Лобові частини обмотки кріпляться до корпусу статора за допомогою пластмасових обмоткотримачів з запресованими в них шпильками.

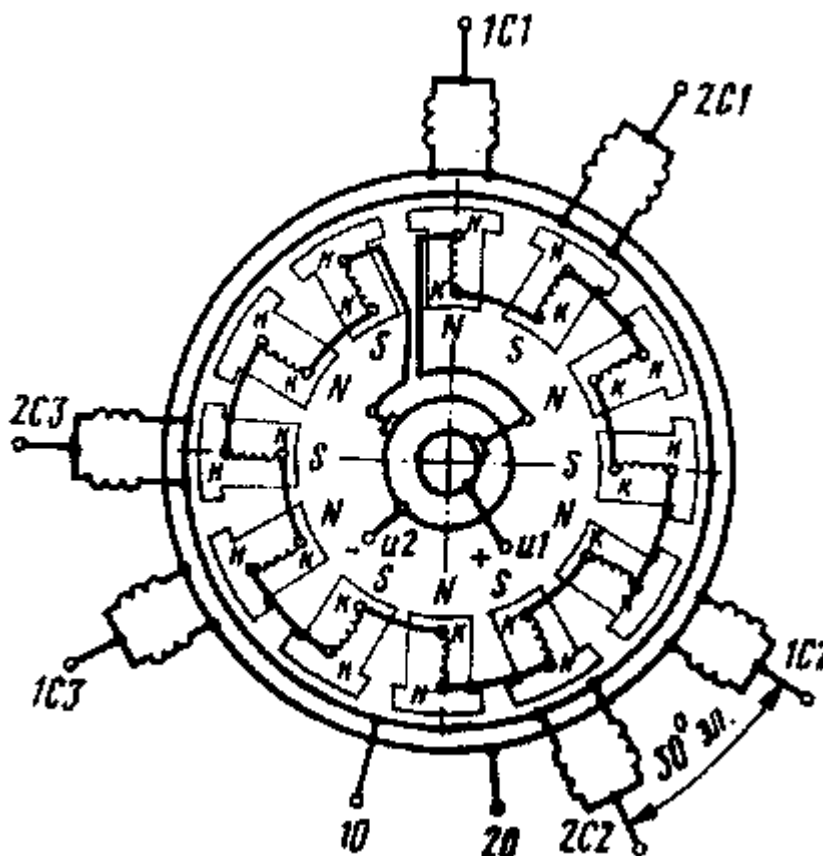


Рис 1.3 - схема з'єднань генератора ГС-501А

Обмотка статора має шість фазних виводів (по три від кожної зірки) та два виводи нульових точок. Фазні виводи являють собою гнучкі шини, набрані з тонкої мідної стрічки та припаяні до жорстких луджених наконечників з отворами для підключення до випрямної установки.

Ротор має зварний корпус з литих деталей, на яких нашіхтовано та спресовані пакет цільноштампованої тонколистової електротехнічної сталі. У цих листах виштамповані пази форми “ластівчин хвіст”, в яких після виготовлення корпусу ротора клинами кріплять 12 полюсів моноблочної конструкції. Сердечник полюсу ротора набрано з листів сталі товщиною 1,4 мм, спресованих та стягнутих чотирьома стальними заклепками. Котушки полюсів ротору виконано з мідної стрічки розміром 1,35x25 мм, гнутої “на ребро”. Між витками міді прокладено ізоляцію. Котушка у зборі з сердечником просочена епоксидним компаундом. Чергування полярності полюсів ротору досягається

почерговим встановленням катушок з різними напрямками намотки витків та виконанням міжкатушечних з'єднань тільки зі сторони контактних кілець.

З протилежної контактним кілецем сторони ротор має фланець, з'єднаний еластичною пластинчастою муфтою з фланцем колінчастого вала дизеля.

Генератор з одним підшипниковим щитом і вільним кінцем валу зі сторони контактних кілець допускає відбір від нього потужності на власні потреби тепловозу у разі відсутності спеціалізованого джерела.

Таблиця 1 характеристики генератора ГС-501А

Активна потужність, кВт	2190
Лінійна напруга, В	290\535
Діюче значення лінійного струму, А	2x2350\2x1330
Найбільший струм, А	2x3700
Кпд, %	94,1\95,8
Частота обертів валу, об\хв	1000
Клас ізоляції:	
Обмотки статора	Н
Полюсів ротора	F

#### 1.4 Системи захисту допоміжних ланцюгів

Специфічні умови роботи електродвигунів на тепловозі – змінні у широких межах напруга живлення та частота, часті пуски та великі вібраційні навантаження призводять до підвищеного ризику появи несправностей, таких як:

- Обрив однієї з фаз живлення.
- Замкнення однієї фази живлення на корпус тепловозу.
- Міжфазне коротке замикання.

### – Перенавантаження по струму

На всіх тепловозах мають бути передбачені пристрої захисту обладнання та електричних ланцюгів від аварійних режимів. Ці пристрої бувають двох типів. Перший, попереджує появу аварійного режиму (заземлення, захист від перенавантаження і т.д.), а другий - спрацьовує при виникненні аварійного режиму, обмежуючи час та область дії (захист від коротких замкнень, захист від перенавантаження тягових двигунів та допоміжних агрегатів).

## **1.5 Висновки до 1 розділу**

Для запобігання виходу з ладу генераторів та електроланцюгів, необхідна система постійного моніторингу фазних струмів та напруги генератора власних потреб. Ґрунтуючись на отриманих даних моніторингу система захисту має виявляти аварійні режими роботи користувачів та передавати інформацію про відхилення від норми мікропроцесорній системі керування

При виникненні аварійного стану система має негайно вимкнути живлення на аварійній ділянці шляхом роз'єднання ланцюга живлення.

Мікропроцесорна система керування, опираючись на отриманні дані, має проводити коректну розбірку електричної схеми тепловозу з метою захисту генератору та електропроводки.

Інформація про режими роботи контролера повинна відображатися на світлодіодних індикаторах, розташованих на лицьовій панелі.

## 2 СТРУКТУРНА РОЗРОБКА

### 2.1 Функціональні вимоги до системи захисту допоміжних ланцюгів

2.1.1 Система має контролювати стан трифазної мережі змінного струму з наступними параметрами:

- Фазна напруга 25...320В.
- Фазна напруга – синусоїда, викривлена роботою керованого тягового випрямляча; коефіцієнт викривлення змінюється у залежності від режиму роботи випрямляча.
- Частота 30...105Гц.
- Струм номінальний при напрузі 250 В, до 200 А.
- Струм максимальний (при старті асинхронних двигунів та напрузі 250 В), 400 А.

2.1.2 Система має безперервно контролювати діючі значення шести фазних струмів та шести напруг (дві зірки генератору).

2.1.3 Система має виявляти наступні види несправностей у ланцюгах живлення двигунів власних потреб:

- Обрив однієї з фаз живлення.
- Замкнення однієї фази живлення на корпус тепловозу.
- Міжфазне коротке замкнення.
- Перенавантаження по струму.

2.1.4 Для виконання функції захисту від перенавантаження по струму має бути розроблено алгоритм селективного захисту, який дозволяє змінювати критерії безпечної роботи в залежності від частоти та напруги генератору, а також симетричності та тривалості перенавантаження.

2.1.5 При виявленні несправностей по п.2.1.3 контролер має формувати два сигнали для подальшої роботи схеми захисту:



- Напруга 110 В постійного струму для керування незалежним розчеплювачем, який розірве ланцюг обмотки збудження генератору. Ланцюг керування розчеплювачем має контролюватись на обрив.

- цифрові сигнали по CAN-шині для передачі в мікропроцесорну систему МСУ-ТП. Данні мають містити інформацію про місце та характер несправності.

2.1.6 Час спрацювання захисту не має перевищувати двох періодів частоти живлення при перенавантаженні по струму, обриві або замкненні на корпус. При міжфазному короткому замкненні час спрацювання має захисту не має перевищувати 0.5мс.

2.1.7 У контролері має бути встановлено реле з нормально розімкненими контактами. Данні контакти є ознакою ввімкнення живлення контролеру та його нормального функціонування для МСУД.

2.1.8 На передній панелі має знаходитись орган індикації та керування. Обов'язково має відображатись – стан живлення контролера, стан захищених ланцюгів (норма/захист), причина спрацювання захисту. Має бути передбачена кнопка “Скидання захисту”, що переводять контролер у початковий стан після усунення несправності у ланцюгах.

## **2.2 Розробка структурної схеми системи захисту допоміжних ланцюгів**

Система має бути побудована по блочному принципу та складатись з окремих конструктивно та функціонально закінчених елементів на рівні складності: блоків та вузлів. Усі компоненти системи мають поєднуватись між собою за допомогою кабелів монтажного комплекту. У комплект монтажних частин має входити також набір роз'ємів для підключення зовнішніх ланцюгів к пристроям та вузлам системи.

Система має оброблювати три струми та три фазних напруги на кожную зірку, отже беручі до уваги, що у генератора 2 зірки це 6 аналогових входів.

Зважаючи на необхідну швидкість реакції доречно буде розподілити обчислювальні навантаження на два модулі, по одному на кожну зірку. Для більш ефективної взаємодії системи з системою керування тепловозом буде доцільно використати модуль зв'язку та контролю, який буде збирати інформацію та повідомляти про стан генератора, за допомогою CAN шини та панелі індикації. При виявленні небезпечних режимів система буде вмикати розчеплювач для вимкнення обмоток збудження генератора. Після усунення поломок виникає необхідність вимкнути режим захисту та вимкнути розчеплювач, тому необхідно встановити кнопку вимкнення захисту. Для аналізу інформації про роботу генератора доцільно щоб система мала порт USB або miniUSB.

Структура модуля СЗДЛ приведена на рис. 1.2

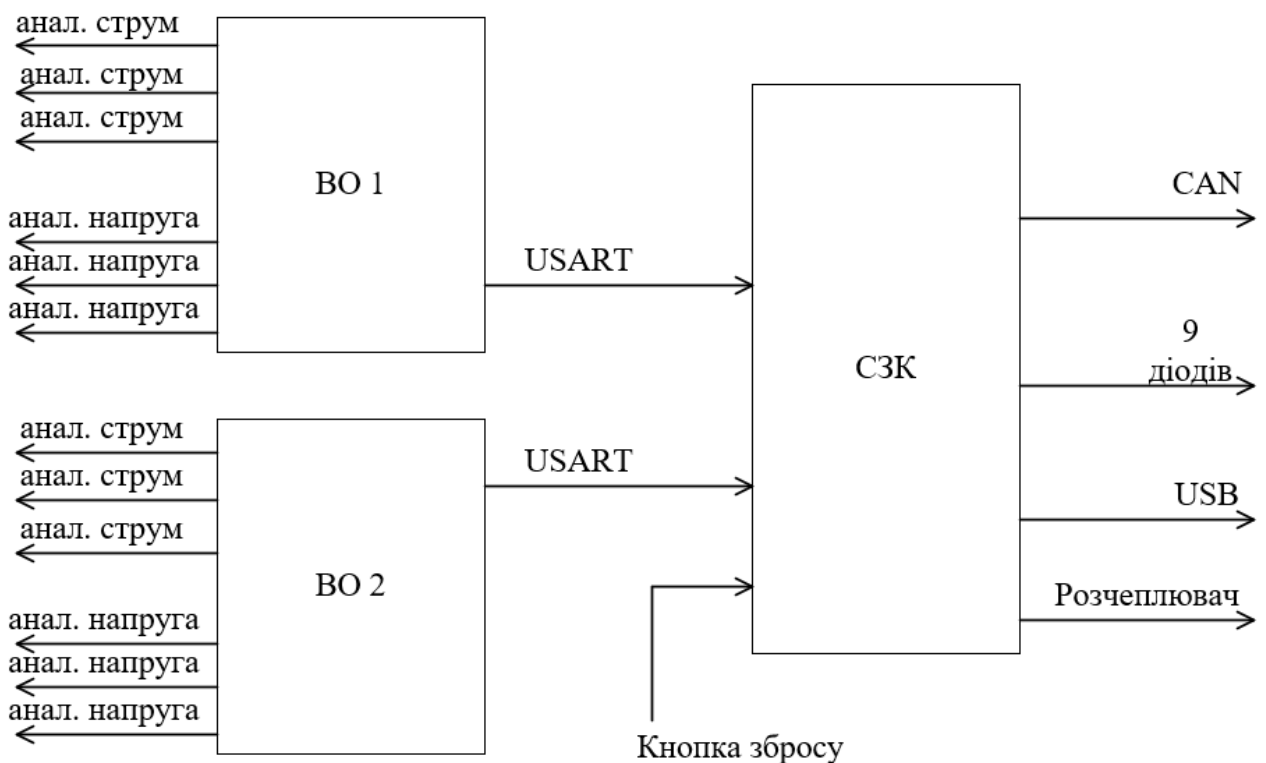


Рис 1.2 - Модуль СЗДЛ

Система на одну секцію тепловозу має включати в себе:

1. 6 трансформаторів струму(використаних у якості датчиків струму);

2. два модулі ВО(Вводу та обробки ) по одному на кожен з кіл генератора;
3. один модуль СЗК (Системи загального керування) для живлення, керування та зв'язку з МСУ.
4. комплект монтажних частин.

Таблиця 2.1 Загальні технічні та електричні параметри.

№	Найменування параметру	
1	Напруга живлення постійного струму, В	110±40
2	Струм споживання, А, не більше	0,05
3	Тип контрольованих ланцюгів	Трифазна зірка
4	Фазна напруга, В	25..350
5	Частота, Гц	35..105
6	Струм у контрольних ланцюгах, А	0..800
7	Час реакції системи на аварійний режим, с:	
	Обрив однієї фази	2
	Замкнення однієї фази на корпус	2
	Двофазне коротке замкнення	0,0005
8	Інтерфейс обміну з системою МСУ-ТП	RS-422

### 2.3 Розробка структурної схеми система вводу та обробки

Оскільки напруга знімається напряму з виходів генератора, а на струм впливають різні шуми та наводки виникає необхідність проводити фільтрацію аналогових сигналів перед оцифруванням. У СЗДЛ є система ВО яка призначена для фільтрації, нормалізації та оцифрування вхідних аналогових сигналів з трансформаторів струму та генератору.

Блок повинен мати 6 аналогових входів, 6 аналого-цифрових перетворювачів по одному на кожний вхід, систему фільтрації та нормалізації

сигналів з датчиків, через яку буде проходити сигнал перед оцифруванням, підтримувати інтерфейси I2C та CAN, мати енергонезалежну пам'ять та мінімальну систему індикації “Захист”, “Відмова”, “Норма”, “ЗВ (живлення)”.

Структура системи ВО приведена на рис. 1.3.



Рис 1.3 - Система ВО

Система має виявляти двофазне замкнення і видавати сигнал по шині CAN “Ввімкнути захист” до СЗК. Записувати показники датчиків у EEPROM до виникнення аварійного стану.

Блок-схема роботи ВО приведена на рис. 1.4.

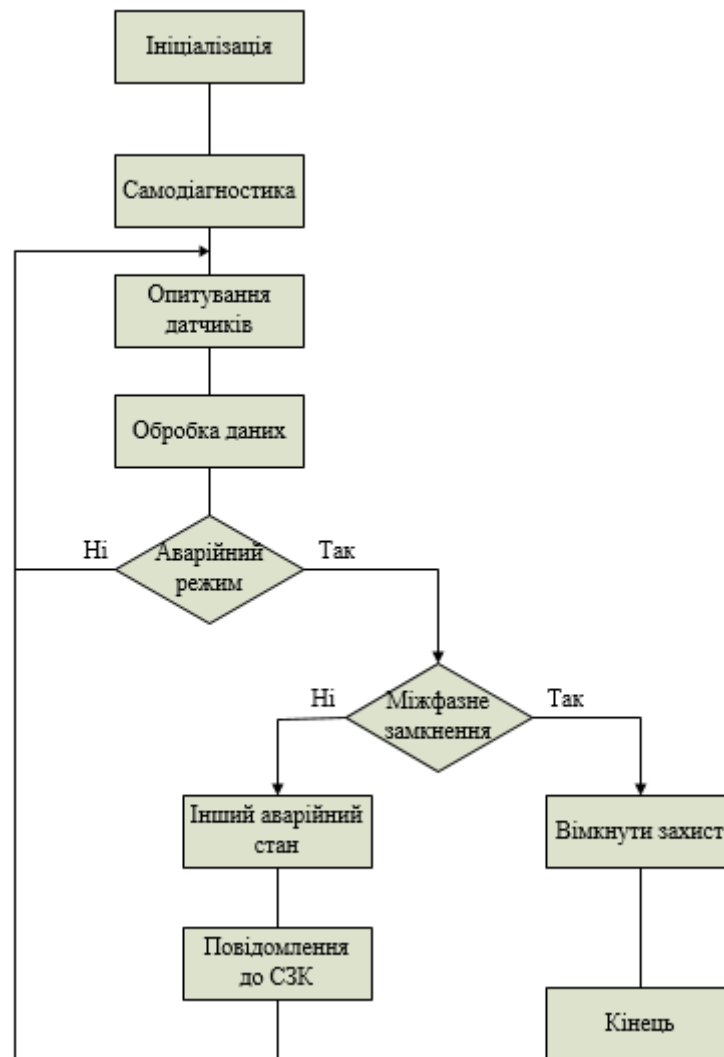


Рис 1.4 - Блок-схема роботи ВО

Система має розрізняти два аварійних стани двофазне замкнення та інші.

Під іншими мається на увазі:

- Замкнення однієї фази.
- Перенавантаження по струму.
- Обрив однієї з фаз.

При виникненні між фазного замкнення система має негайно відреагувати та ввімкнути захист. При виникненні інших аварійних станів усунення проблеми покладається на систему керування тепловоза. Якщо через 1 секунду проблему не виправлено система захисту допоміжних ланцюгів вмикає захист, як при виникненні між фазного замкнення.

Блок-схема обробки аварійних станів приведено на рис 1.5

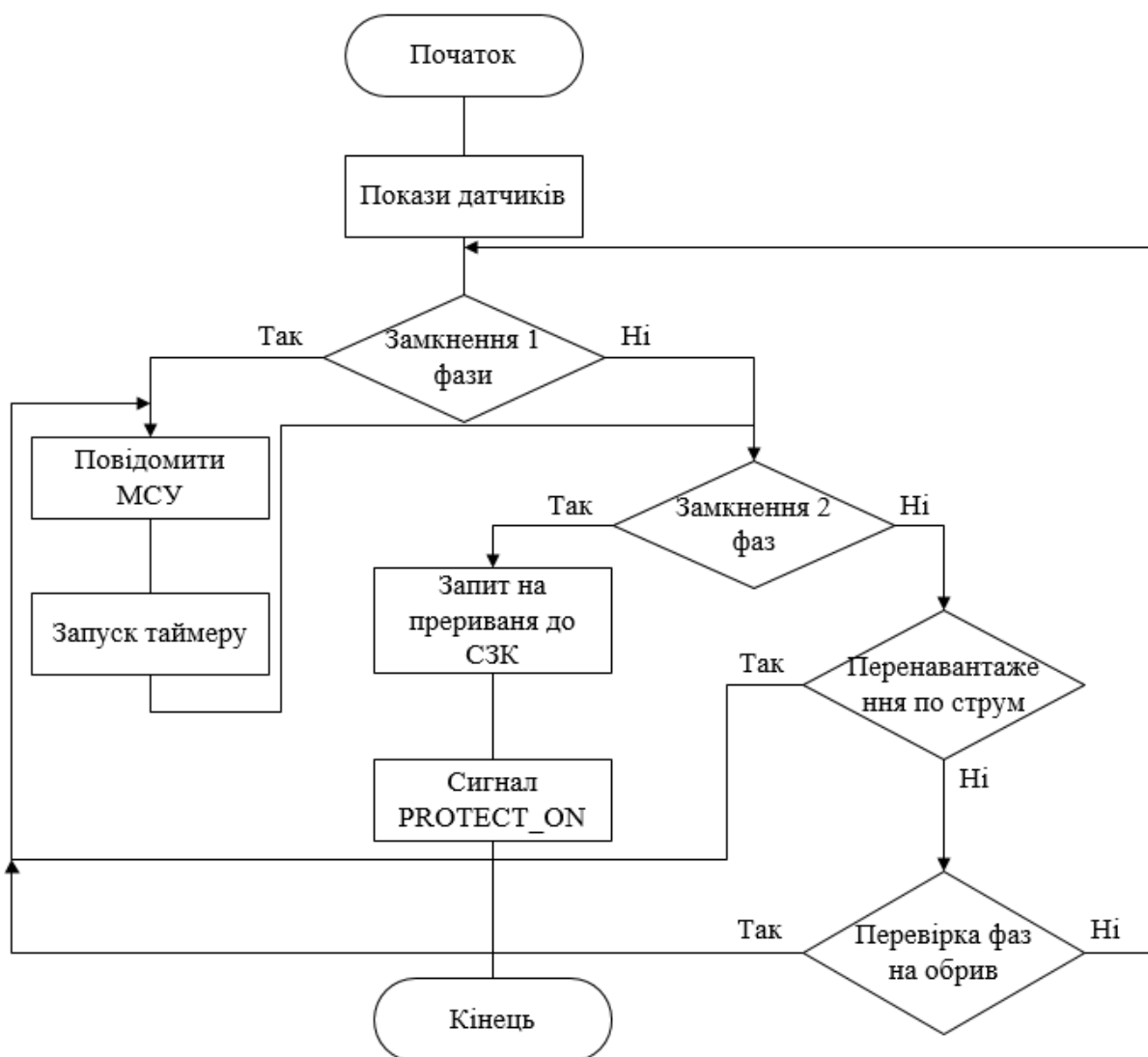


Рис. 1.5 - Блок-схема обробки аварійних станів

## 2.4 Розробка структурної схеми система загального контролю

Система загального контролю виконує роль передавача інформацій між ВО, МСУ та машиністом. Модуль СЗК складається з джерела живлення, контролера передачі даних, елементів індикації та управління. Елементи індикації – світлодіоди, виведені на передню панель. Також модуль має енергонезалежну пам'ять для реєстрації подій, які стались перед спрацюванням захисту (на 8 подій) та інтерфейс miniUSB для читання цієї пам'яті.

Структура системи загального контролю приведена на рис. 2.4.

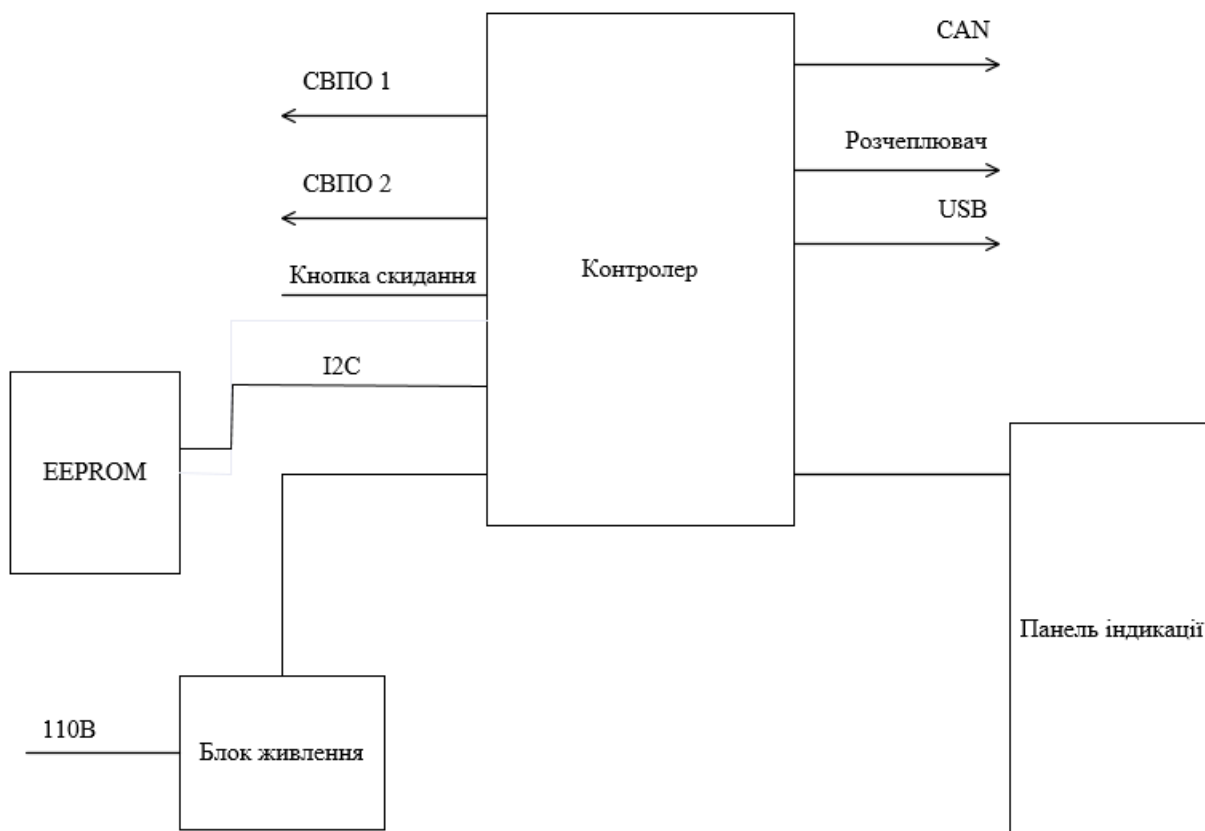


Рис 2.4 - Система загального контролю

Призначення органів індикації:

“Живлення” – наявність живлення.

“Несправність1” – виявлена несправність контролера або блока ВО першої зірки.

“Несправність2” - виявлена несправність контролера або блока ВО другої зірки.

“Розчеплювач” – обрив лінії зв’язку з розчеплювачем або розчеплювач у спрацював.

“RS-422” – є обмін по інтерфейсу RS-422 з МСУ-ТП.

“Захист1” – контролер виявив аварійний режим роботи першої зірки та видав сигнал на розчеплювач.

“Захист2” – контролер виявив аварійний режим роботи другої зірки та видав сигнал на розчеплювач.

“Обрив фази”, “Однофазне замикання”, “Двофазне замикання”, “Перенавантаження” - індикація причини спрацювання захисту.

На передній панелі має знаходитись єдиний орган керування - кнопка “Скид захисту”.

Блок-схема роботи системи загального контролю приведена на рис. 2.5

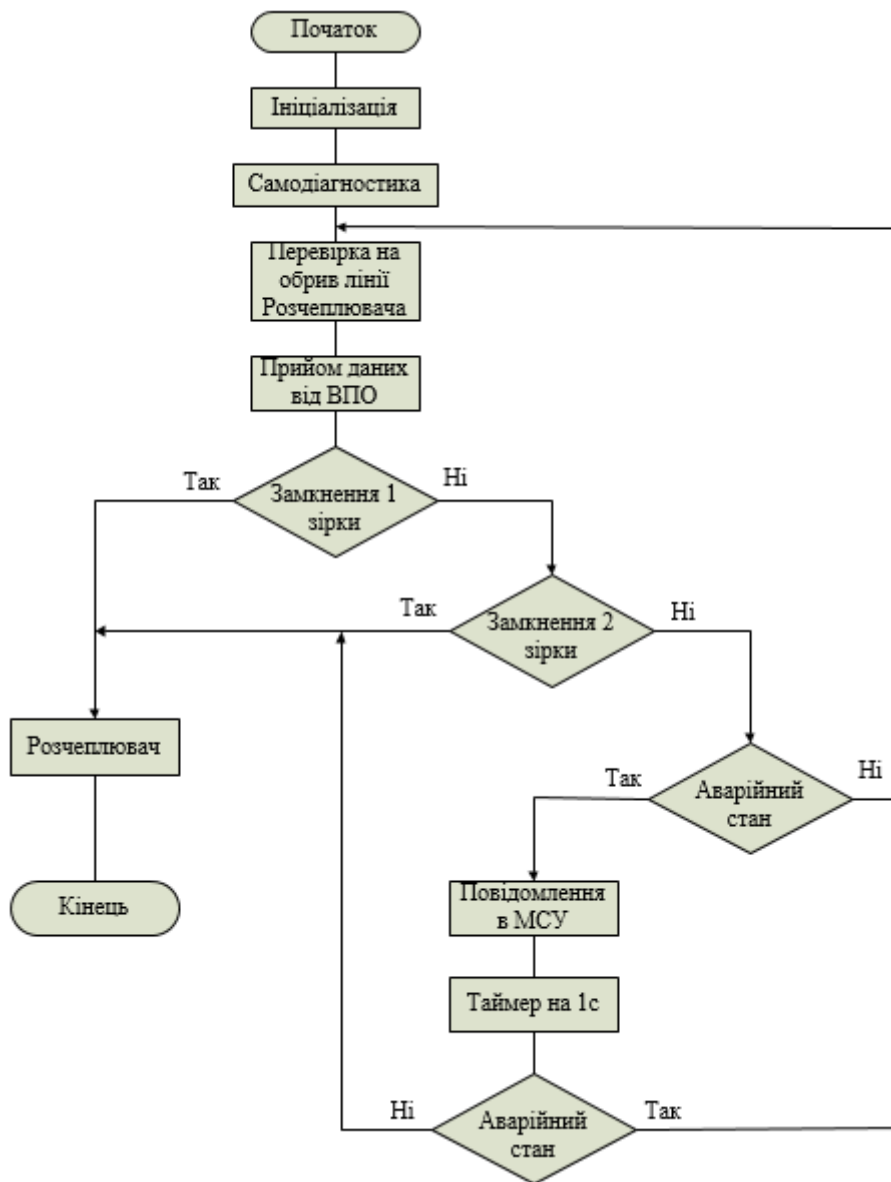


Рис 2.5 - Блок-схема роботи СЗК



## 2.5 CAN шина

Протокол CAN (Controller Area Network) було розроблено для автомобільної промисловості та згодом став стандартом у області створення бортових мереж автомобілів, залізничного транспорту та т.д. CAN дозволяє створювати мережі з розвитими засобами контролю помилок, швидкість передачі до 1Мбит/с та пакетами що містять не більше восьми байт даних.

У протоколі CAN нема суворого визначення фізичного рівня, тому для передачі повідомлення може використовуватись, наприклад, кручена пара або оптоволокно. CAN реалізує каналний рівень, здійснює формування пакетів повідомлення, обмеження розповсюдження помилок, підтвердження прийому та арбітраж.

### 2.5.1 Структура вузла мережі CAN

Вузол мережі CAN складається з мікроконтролера, CAN-контролера та прийомопередатчика (Рис 2.6). Для спрощення схеми можна використати мікроконтролер з вбудованим CAN контролером, іноді використовують автономний контролер CAN з інтерфейсом SPI(MCP2510). Далі прийомопередатчик підключається до крученої пари, на кінцях якої розміщено погоджуючі резистори (термінатор) з опором 120 Ом.

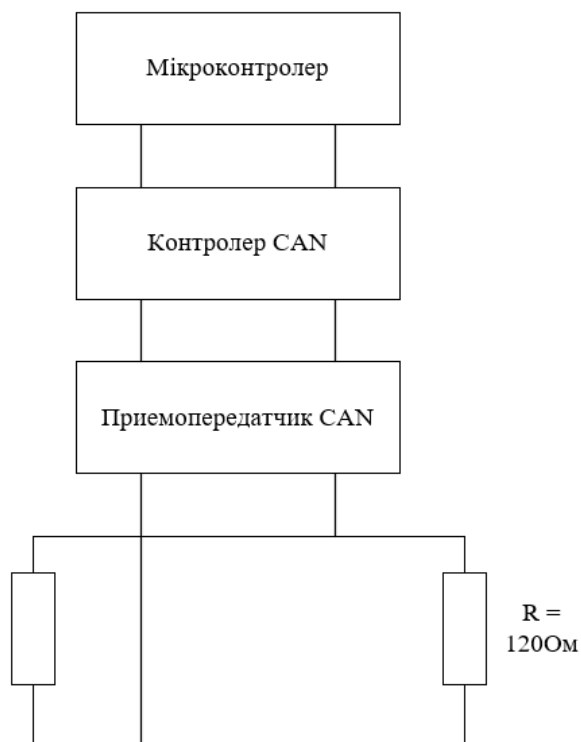


Рис. 2.6 - Мікроконтролер з контролером CAN

Для формування логічної одиниці у крученій парі, на обидва дроти подають напругу, рівну половині різниці напруги між 0 та  $V_{CC}$ . Логічному нулю відповідає подача на дроти лінії диференційної напруги (Рис 2.2).

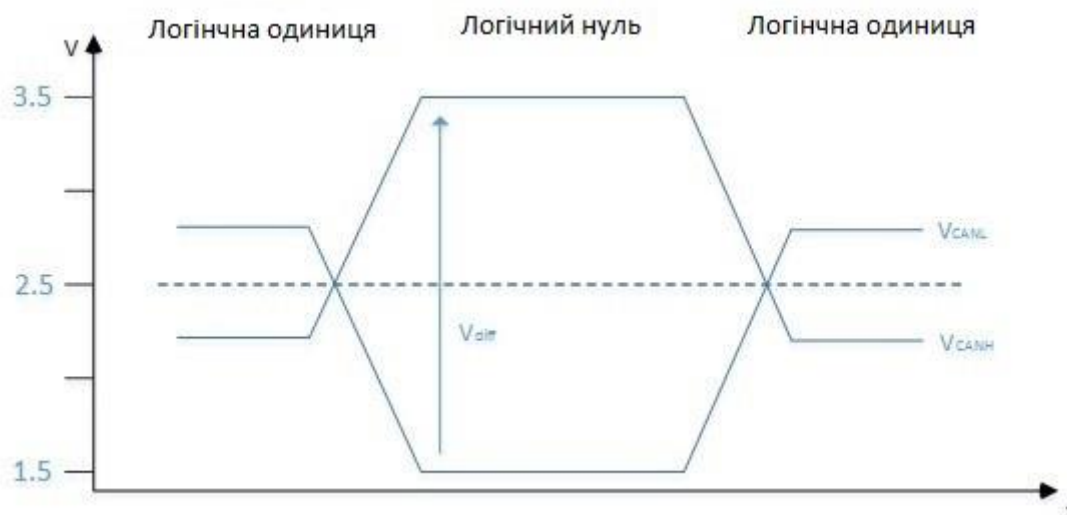


Рис 2.2 - Логічні рівні на CAN-шині

## 2.5.2 Пакет повідомлення CAN

Пакет повідомлення формується CAN контролером, а прикладне програмне забезпечення тільки встановлює ідентифікатор повідомлення, довжину повідомлення та надає байти даних.

Формат повідомлення на рис.2.3



Рис 2.3 - Пакет повідомлення CAN

## 2.5.3 Арбітраж доступу

При вільній шині будь-який вузол може почати передачу в будь-який момент. У випадку одночасної передачі кадрів двома і більше вузлами проходить арбітраж доступу: передаючи ідентифікатор, вузол одночасно перевіряє стан шини. Якщо при передачі рецесивного біта приймається домінантний – вважається, що інший вузол передає повідомлення з більшим пріоритетом, і передача відкладається до звільнення шини. Таким чином в CAN не трапляється втрат пропускну здатності каналу при колізіях, проте є можливість того, що повідомлення з низьким пріоритетом ніколи не буде передано.

## 2.6 Датчик струму

Для вимірювання фазного струму генератору власних потреб тепловозу та забезпечення його нормального режиму роботи необхідно встановити датчик струму, що буде вимірювати струм та передавати значення до системи захисту. Потужність струму яку виробляє генератор є досить високим показником, вимірювальне обладнання для таких струмів має великі габарити та їх виробництво економічно не вигідно. Зважаючи на приведені вище аргументи можна прийти до висновку, що значно легше та вигідніше використати понижуючий трансформатор струму.

Трансформатори мають встановлюватись на кабелі, які поєднують вихід генератору та розподільний клемник. Для більшої зручності трансформатор струму по конструкції має бути прохідним, кабель проходить крізь отвір по центру магнітопроводу. Номінальне значення вхідного струму – 800 А, коефіцієнт трансформації – 160:1. Навантажувальні резистори трансформаторів струму знаходяться у контролері захисту.

Технічні характеристики трансформаторів струму приведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.2 Технічні характеристики трансформаторів струму

Трансформатор струму	ТТН 60/ 800/5-10VA/0,5 TDM	ТТН 85/ 800/5-15VA/0,5 TDM
Виконання	Прохідний	Прохідний
Клас точності	0,5	0,5
Кількість первинних входів	-	-
первинний номінальний струм, А	800	800
Вторинне підключення	гвинтове з'єднання	гвинтове з'єднання
Калібрований	Так	Так

Продовження таблиці 2.1

Вторинний номінальний струм, А	5	5
Номінальна вторинна повна потужність, ВА	10	15
Діаметр отвору, мм	46	82
Висота отвору, мм	51	86
Ширина отвору, мм	61	86
Фактор обмеження перенавантаження	FS 5	FS 5

## 2.7 Пам'ять

Для того щоб визначити причину спрацювання захисту є доцільним встановити модуль додаткової пам'яті, об'ємом який забезпечить зберігання останні 8 подій(1 подія – це 8 секунд до спрацювання та 1 після) на це має бути достатньо 16Кбіт.

Для цього я вибрав модуль AT24C16D фірми Atmel. AT24C16D забезпечує 16 384 біт послідовної електрично стираємої та програмованої постійної пам'яті (EEPROM), організованої як 2048 слів по 8 біт кожен. Цей пристрій оптимізовано для використання в багатьох промислових та комерційних додатках, де необхідні низькі енергоспоживання та напруга. Модуль живиться від напруги 1,7 до 3,6В. Вигляд модулю приведено на рисунку 3.3, призначення виходів мікросхеми у таблиці 3.1.

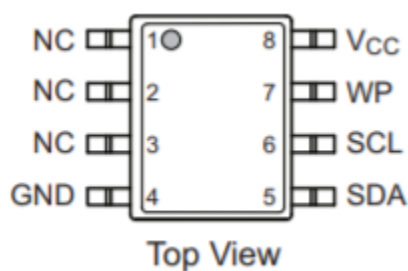


Рис 3.3 - Модуль AT24C16D

Таблиця 2.3 Призначення виходів AT24C16D

№	Позначення	Опис	Вид піна
1,2,3	NC	No Connect (Немає підключення): Штук три NC не пов'язані з матрицею. Ці контакти можуть бути підключені до GND або залишені плаваючими	-
4	GND	Ground (Земля): Опорна земля для джерела живлення. GND має бути підключений до заземлення системи.	живлення
5	SDA	Serial Data (Послідовні дані): Висновок SDA є двонаправлений висновок введення-виведення з відкритим стоком використовується для послідовної передачі даних на пристрій та з нього. Висновок SDA повинен бути піднятий за допомогою зовнішнього підтягує резистора (не повинен перевищувати 10 кОм в значенні) і може бути підключений через дріт з будь-яким числом інших висновків з відкритим стоком або з відкритим колектором від інших пристроїв на тій же шині	Ввід/вивід

## Продовження таблиці 2.3

6	SCL	Serial Clock: Контакт SCL використовується для забезпечення годин пристрою і для управління потоком даних на пристрій та з нього. Командні і вхідні дані, присутні на виводі SDA, завжди фіксуються на передньому фронті SCL, в той час як вихідні дані на виведення SDA блокуються на падаючому фронті SCL. Висновок SCL повинен бути або на високому рівні, коли послідовна шина знаходиться в режимі очікування, або на високому рівні, використовуючи зовнішній підтягаючий резистор.	Ввід
7	WP	Write Protect: Підключення виведення WP до GND забезпечить нормальні операції записи. Коли висновок WP підключений до VCC, всі операції запису в пам'ять заблокована	Ввід
8	Vcc	Device Power Supply: Вивід VCC використовується для подачі напруги джерела на пристрій. Робота при неприпустимому напрузі VCC може привести до помилкових результатів і не повинна вживатися	Живлення

### 2.7.1 Робота пристрою та зв'язок

AT24C16D працює як підлеглий пристрій та використовує простий I2C сумісний 2-дротовий цифровий послідовний інтерфейс для зв'язку з контролером, зазвичай називаємою Майстер шиною. Майстер ініціює та контролює усі операції читання та запису на підлеглих пристроях на послідовній шині, і як провідні так і підлеглих пристроях можуть передавати та приймати дані на шині.

Послідовний інтерфейс складається з двох сигнальних ліній: Serial Clock (SCL) та Serial Data (SDA). Вихід SCL використовують для отримання тактового сигналу від Майстра, а двонаправлений вихід SDA використовують для отримання команд та інформаційних даних від Майстра, а також для відправки зворотних даних Майстру. Данні завжди фіксуються в AT24C16D на передньому фронті SCL та завжди виводяться з пристрою на передньому фронті SCL. Обидва виходи SCL та SDA містять в собі вбудовані фільтри зменшення піків та тригери Шмітта, щоб мінімізувати вплив вхідних піків та шуму шини.

Уся інформація про команди та данні передається зі старшим бітом (MSB). Під час зв'язку по шині один біт даних передається у кожному тактовому циклі, та після того, як вісім бітів (один байт) даних були передані, приймальний пристрій має відповісти або бітом підтвердження (ACK), або невідповідним (NACK) на протязі дев'ятого тактового циклу, що генерується Майстром. Отже, для кожного переданого байту даних необхідно дев'ять тактів. Немає невикористаних циклів синхронізації під час будь-якої операції читання або запису, тому не повинно бути жодних перерв або розривів у потоці даних під час кожного перенесення байтів даних і циклу ACK або NACK. Під час передачі даних дані на контакті SDA повинні змінюватись лише тоді, коли SCL низька, і дані повинні залишатись стабільними, поки SCL високий. Якщо данні на піні SDA змінюються, а SCL є високим, то виникає умова Start або Stop. Умови Start або Stop використовуються для ініціювання та завершення всіх послідовних комунікацій шини між майстром та підлеглим. Кількість байтів даних, що передаються між умовами Start і Stop, необмежена і визначається майстром. Для того, щоб послідовна шина була неактивною, обидва контакти SCL і SDA повинні знаходитись на високому логічному рівні одночасно.



## 2.7.2 Операція запису

Всі операції запису для AT24C16D починаються з того, що майстер посилає умову Start, за якою слідує байт адреси пристрою з бітом R/W, встановленим на “0” а потім байтом адреси слова. Значення даних, потрібно записати на пристрій слідує одразу за байтом адреси слова.

AT24C16D підтримує запис одного 8-бітового байта. Вибір слова даних у AT24C16D вимагає 11-бітової адреси слова.

Після отримання відповідних адрес, адреси пристрою та адреси слова, EEPROM надішле підтвердження. Потім пристрій буде готовий до прийому першого 8-бітного слова даних. Після отримання 8-бітового слова даних EEPROM відповість АСК. Пристрій адресації, наприклад, шина майстер, повинен потім завершити операцію запису з умовою Stop. У цей час EEPROM буде вводити внутрішньо-тимчасовий цикл запису, який буде завершено в WR, коли слово даних програмується в енергонезалежний EEPROM. Всі входи вимикаються під час цього циклу запису, а EEPROM не реагує до завершення запису.

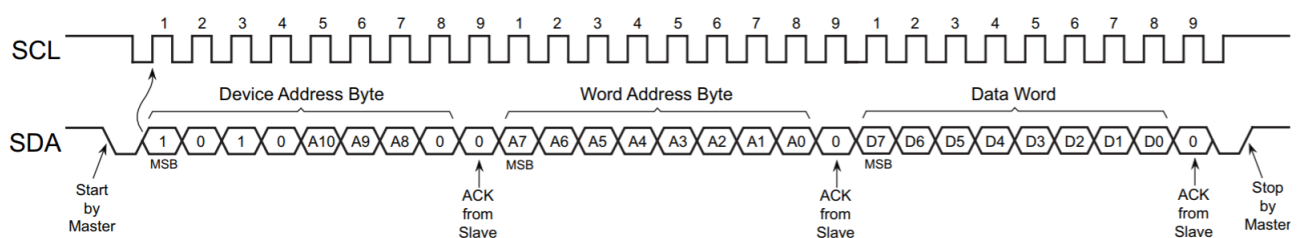


Рис 3.4 - Байт запису

Операція запису сторінок дає змогу записати до 16 байт в одному і тому ж циклі запису, за умови, що всі байти знаходяться в одному рядку масиву пам'яті (де адресні біти A10 - A4 однакові). Часткова сторінка Дозволяється також записування менше 16 байт. Запис сторінки ініціюється так само, як і записування байтів, але майстер шини не посилає умову зупинки після того, як перше слово даних замикається. до п'ятнадцяти додаткових слів даних.

EEPROM відповість АСК після того, як кожне слово даних буде отримано. Після того, як всі дані, що підлягають запису, були відправлені на пристрій, майстер шини повинен видавати умову зупинки, після чого почнеться внутрішньо-автоматичний цикл запису.

Нижчі чотири біти адреси слова внутрішньо збільшуються після отримання кожного слова даних. Біти адреси вищого порядку не збільшуються і зберігають розташування рядка сторінки пам'яті. Операції запису сторінок обмежуються написанням байтів в межах однієї фізичної сторінки, незалежно від кількості фактично записаних байтів. Коли збільшена адреса слова досягне межі сторінки, лічильник адрес перевернеться на початок тієї ж сторінки. Тим не менш, слід уникати створення події перекидання, оскільки попередньо завантажені дані на сторінці можуть бути ненавмисно змінені.

### 2.7.3 Захист від запису

AT24C16D використовує апаратну схему захисту даних, яка дозволяє користувачеві захищати весь вміст пам'яті, коли WP-контакт знаходиться у VCC (або дійсному VIN). Захист від запису не буде встановлено, якщо контакт WP знаходиться на GND або ліворуч плаваючий. Оскільки WLCSP не має WP-контакту, функція захисту від запису не пропонується на WLCSP.

Таблиця 2.4 AT24C16D Поведінка захисту від запису

Напруга на WP	Захищена частина масиву
VCC	Повний масив
GND	Захист від запису вимкнений

Стан шпильки WP відбирається в умові Stop для кожної команди Byte Write або Page Write перед початком операції запису, що виконується внутрішньо. Зміна стану WP-контакту після передачі умови зупинки не змінює

або перериває виконання циклу запису. Стан WP-контакту повинен бути дійсним щодо відповідної установки (SU.WP) і тримання (THD.WP) синхронізації, як показано на малюнку 5-5 нижче. Час налаштування WP - це час, протягом якого стан WP має бути стабільним до того, як буде видано умову Stop. WP час утримання - це кількість часу після умови Stop, що WP повинна залишатися стабільною.

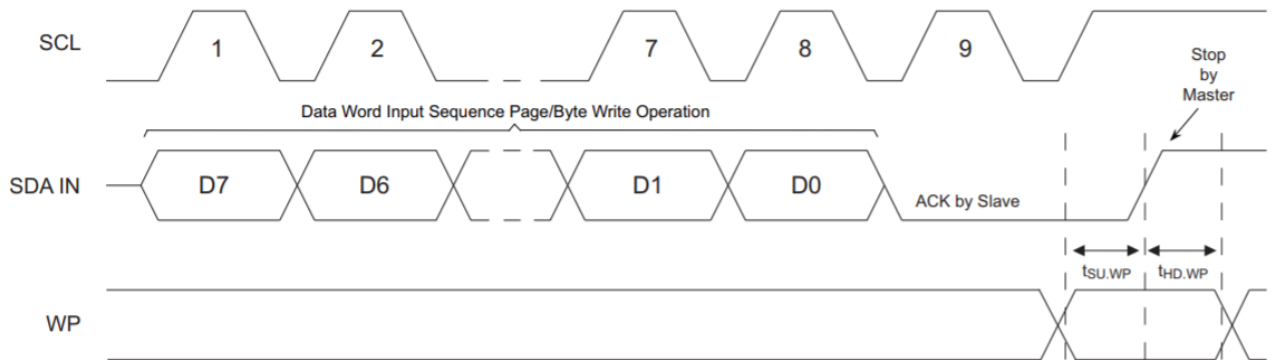


Рис 3.5 - Установка захисту від запису

Якщо зроблено спробу запису на пристрій, коли було встановлено контакт WP, пристрій підтвердить адресу пристрою, адресу адреси та байта даних, але не буде виконуватися цикл запису, коли видається умова зупинки, пристрій буде негайно готовий прийняти нову команду читання або запису.

## 2.8 Висновки до 2 розділу

У другому розділі розглянуто основні частини системи захисту допоміжних ланцюгів та інтерфейси за допомогою яких система буде взаємодіяти з мікропроцесорною системою керування тепловоза.

Розроблено структурну схему системи захисту допоміжних ланцюгів тепловозу.

Визначено основні складові системи у вигляді двох підсистем вводу та обробки і системи загального контролю.

Сформовано технічні вимоги до системи та окремих її частин.

### **3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ДО СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ**

#### **3.1 Система вводу та обробки**

Струм та напруга генератору є критичними для мікроконтролеру тому є необхідність приводити їх до нормального стану. Для цього використаємо два модулі ВО по 1 на кожну зірку генератору. Модуль ВО здійснює нормалізацію та фільтрацію сигналів з трансформаторів струму та лінійних напруг генератору. Далі розташовані у мікроконтролері аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) перетворюють сигнал на цифровий вигляд.

Мікроконтролер повинен мати високу продуктивність та проводити безперервний аналіз отриманої інформації, та на її основі приймати рішення про аварійний режим роботи.

##### **3.1.1 Мікроконтролер**

Зважаючи на специфічні задачі які має виконувати мікроконтролер, він повинен мати наступні мінімальні характеристики: 40 КБ ОЗУ, 256 КБ ПЗУ, 15 аналогових входів, мати інтерфейс I<sup>2</sup>C та CAN, мати тактову частоту не менше 50МГц. Цим вимогам відповідає мікроконтролер фірм STMicroelectronics STM32F303RCT6 Технічні характеристики та опис мікроконтролеру приведені нижче.

Лінійка STM32F303xC, базується на високопродуктивному ядрі ARM® Cortex®-M4 що працює на частоті до 72 МГц, і має вбудовані модуль з плаваючою точкою(FPU) та блок захисту пам'яті. Включає в себе високошвидкісну пам'ять(до 256КБ флеш-пам'яті та до 40 КБ SRAM) і широкий спектр розширених входів/виходів та периферійних пристроїв, підключених до двох шин APB(Advanced Peripheral Bus ).

Пристрій пропонує до чотирьох швидкодіючих 12-розрядних АЦП(5 Msps), семи компараторів, чотирьох операційних підсилювачів, до двох каналів

ЦАП, малопотужних RTC, до п'яти загально призначених 16-розрядних таймерів та один 32-розрядний. Вони також мають стандартні та просунуті інтерфейси комунікації: до двох I2C, до трьох SPI (два SPI з мультиплексним full-duplex I2C), три USART, до двох UART, CAN та USB.

Сімейство STM32F303xС працює в діапазоні температур від -40 до +106°C від джерела живлення 2 до 3,6 В. Сім'я STM32F303xС пропонує пристрої в трьох пакетах від 48 піна до 100 контактів.

Нас цікавить модель STM32F303RCT6 яка надає 64 піна яких достатньо для виконання основних потреб та залишає простір для подальшого вдосконалення системи. Опис виходів приведено у Додатку А

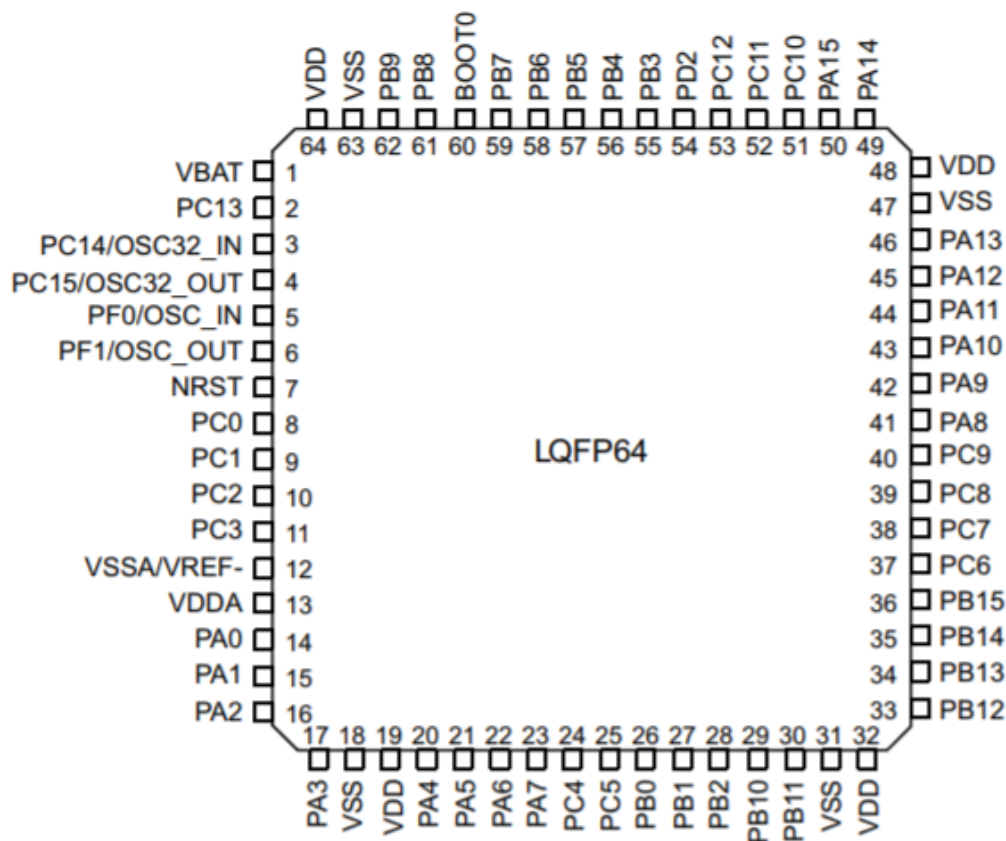


Рис 3.1 - Мікроконтролер STM32F303RCT6

Всі пристрої серії STM32F303xС мають до 256 КБ вбудованої флеш-пам'яті, доступної для зберігання програм і даних. Час доступу до флеш-пам'яті регулюється тактовою частотою процесора (0 стан очікування від 0 до 24 МГц, 1 стан очікування від 24 до 48 МГц і 2 стану очікування вище).

Мікроконтролер має 48 Кбайт вбудованого SRAM з апаратною перевіркою на паритет. Пам'ять може бути доступна в режимі читання/запису на тактовій частоті процесора з 0 станами очікування, що дозволяє ЦП досягти 90 DMips при 72 МГц (при запуску коду з оперативної пам'яті CCM (Core Coupled Memory)).

Мікроконтролер має блок захисту пам'яті (MPU) використовується для відокремлення обробки завдань від захисту даних. МПУ може управляти до 8 захисними зонами, які можуть бути розділені на 8 підрайонів. Розміри області захисту становлять від 32 байт до 4 гігабайт адресної пам'яті.

Блок захисту пам'яті особливо корисний для додатків, де деякі критичні або сертифіковані коди повинні бути захищені від неправильного поведінки інших завдань. Зазвичай він управляється ОСРЧ (операційна система реального часу). Якщо програма звертається до місця пам'яті, яке заборонено MPU, ОСРЧ може виявити його і вжити заходів. У середовищі ОСРЧ ядро може динамічно оновлювати налаштування області MPU на основі процесу, який буде виконуватися.

Кожен з контактів GPIO (Вхід/вихід загального призначення) може бути налаштований за допомогою програмного забезпечення як вихідний (push-pull або open-drain), як вхідний сигнал (з або без підтягування або висунення) або як периферійна альтернативна функція. Більшість контактів GPIO спільно використовуються цифровими або аналоговими альтернативними функціями.

Конфігурацію альтернативних функцій вводу / виводу можна заблокувати, якщо це необхідно, після певної послідовності, щоб уникнути помилкового запису в регістри вводу / виводу.

STM32F303RCT6 має вбудований векторний контролер переривань (NVIC), здатний обробляти до 66 маскуються каналів переривань і 16 рівнів пріоритету.

Переваги NVIC наступні:

- Тісно пов'язаний NVIC забезпечує низьку затримку обробки переривань.

- Адреса таблиці векторів записів переривань, що передаються безпосередньо в ядро.
- Тісно пов'язаний інтерфейс ядра NVIC.
- Дозволяє достроково Обробляти переривання.
- Обробка пізно прибувають переривань з більш високим пріоритетом.
- Підтримка ланцюжка хвоста.
- Стан процесора автоматично зберігається.
- Запис переривання відновлюється при виході переривання без зайвих інструкцій.

Апаратний блок NVIC забезпечує гнучкі функції управління переривань з мінімальною затримкою переривання

Чотири швидких аналого-цифрових перетворювача 5 MSPS з вибраним дозволом від 12 до 6 біт вбудовані в мікроконтролер. АЦП мають до 39 зовнішніх каналів. Деякі з зовнішніх каналів використовуються спільно між АЦП1 та АЦП2 і між АЦП3 та АЦП4. Канали можуть бути налаштовані як односторонній або диференційний вхід. АЦП можуть виконувати перетворення в режимах одиночного пострілу або сканування. У режимі сканування автоматичне перетворення виконується на обраній групі аналогових входів.

Додаткові логічні функції, вбудовані в інтерфейс АЦП, дозволяють:

- Одночасна вибірка і утримання.
- чергується зразок і утримання.
- Методи зчитування струму однофазного шунта.

АЦП може обслуговуватися контролером DMA. Доступні 3 аналогових сторожових таймера на один АЦП.

Функція аналогового сторожового таймера дозволяє дуже точно контролювати перетворене напруга одного, декількох або всіх обраних каналів. Переривання генерується, коли перетворене напруга виходить за межі запрограмованих порогових значень.

Події, які генеруються таймерами загального призначення і таймерами розширеного управління (TIM1 і TIM8), можуть бути внутрішньо пов'язані з тригером запуску АЦП і тригером уприскування, відповідно, щоб дозволити додатком синхронізувати аналого-цифрове перетворення і таймери.

### 3.1.2 Фільтрація та нормалізація

Основне завдання цього вузла це прийом інформації від потенційних датчиків напруги, а також перетворення сигналів до рівнів логічних сигналів, фільтрацію

Фільтри низьких частот можуть бути одноланковими, дволанковий і т.д. Найбільшого поширення набули одно і дволанковий фільтри.

Фільтри можуть бути активні, тобто з елементами фільтра (конденсатори і резистори), включеними в колі зворотного зв'язку фільтра, і пасивними, тобто без підсилюючих елементів в ланках фільтрів.

З варіантів LC- і RC-ланок фільтрів на низьких частотах через велику величини індуктивності найбільшого поширення набули RC-ланки.

На рис. 3.2 приведена схема одноланкового активного RC-фільтра низьких частот.

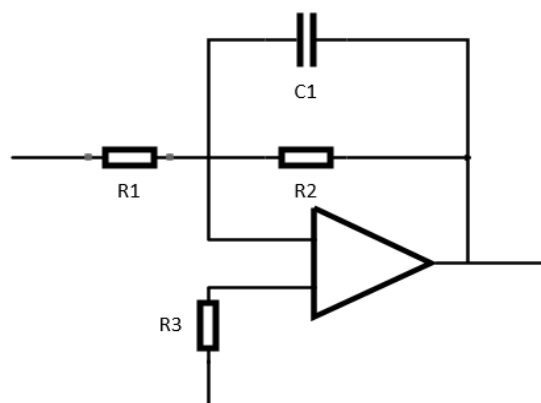


Рис 3.2 - Одноланковий активний RC-фільтри низьких частот  
Коефіцієнт передачі фільтра для постійного струму дорівнює:  
 $K_{yc} = R3 / R2$



$$K_{yc} = R_3/R_1$$

Частота зрізу фільтра тобто частота на якій забезпечується коефіцієнт придушення 1.4 рази, дорівнює:

$$F = \frac{1}{2} \pi * R_2 * C$$

Амплітудно-частотна характеристика приведена на рис 3.3

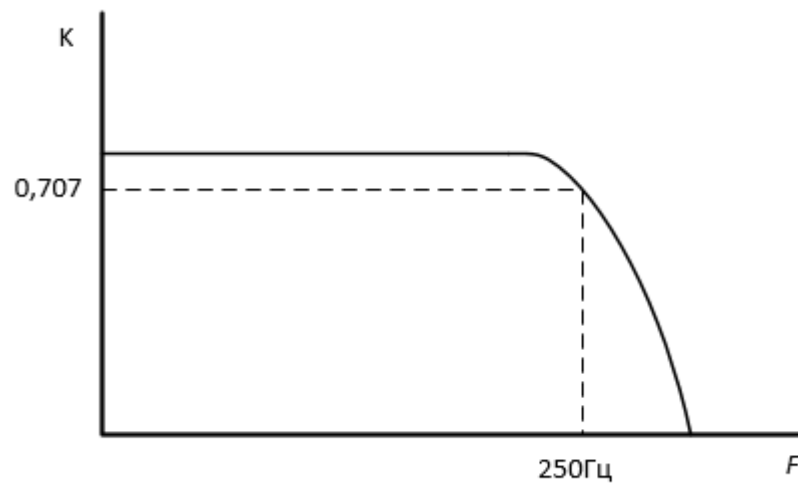


Рис 3.3 - АЧХ

Вхідна напруга з генератора дорівнює  $\pm 500\text{В}$ , в піках в середньому  $\pm 300\text{В}$ , тому її треба зменшити за допомогою 4 резисторів приблизно на  $5\text{МОм}$  кожний. Графік вхідної напруги приведено на рисунку 3.4.

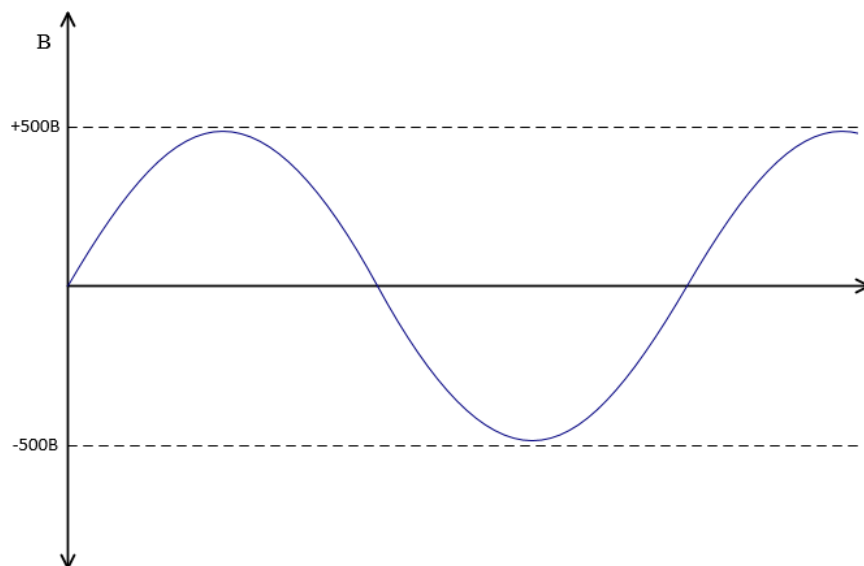


Рис 3.4 - Синусоїда напруги генератора

Після проходження чотирьох резисторів опором приблизно 20МОм та активного RC-фільтра на виході ми отримаємо сигнал приблизно  $\pm 1.02$  В (Рис 3.5).

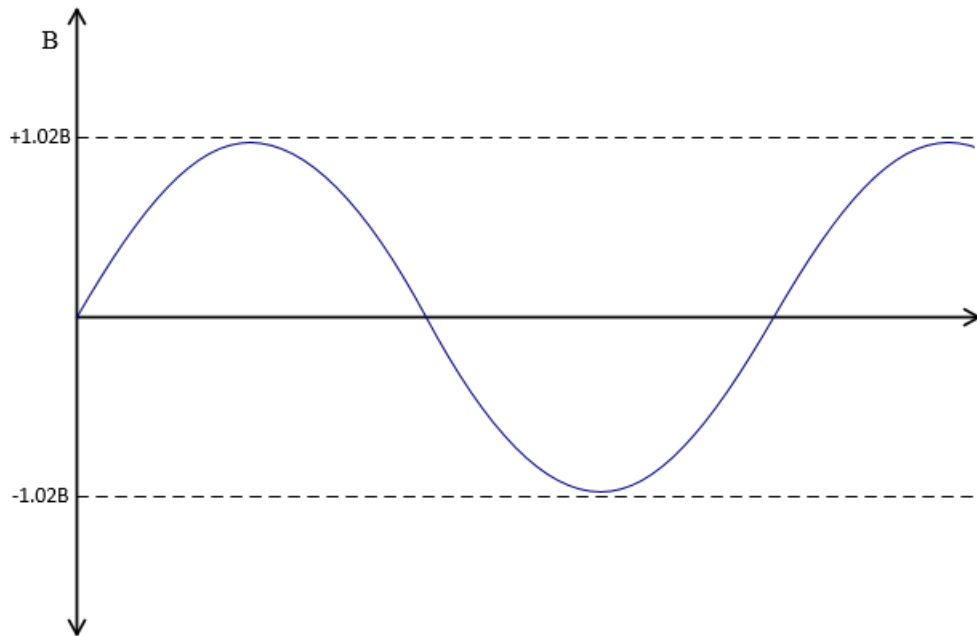


Рис 3.5 - Нормалізована синусоїда напруги генератору

Далі сигнал йде на дволанковий фільтр з інвертуючим посилювачем (Рис 3.6). Сигнал підведено на інвертуючий вхід, на неінвертуючий подається напруга  $U_H = 0.825$  В. Плюс джерела живлення виведено на землю, а на мінус подається 3 В.

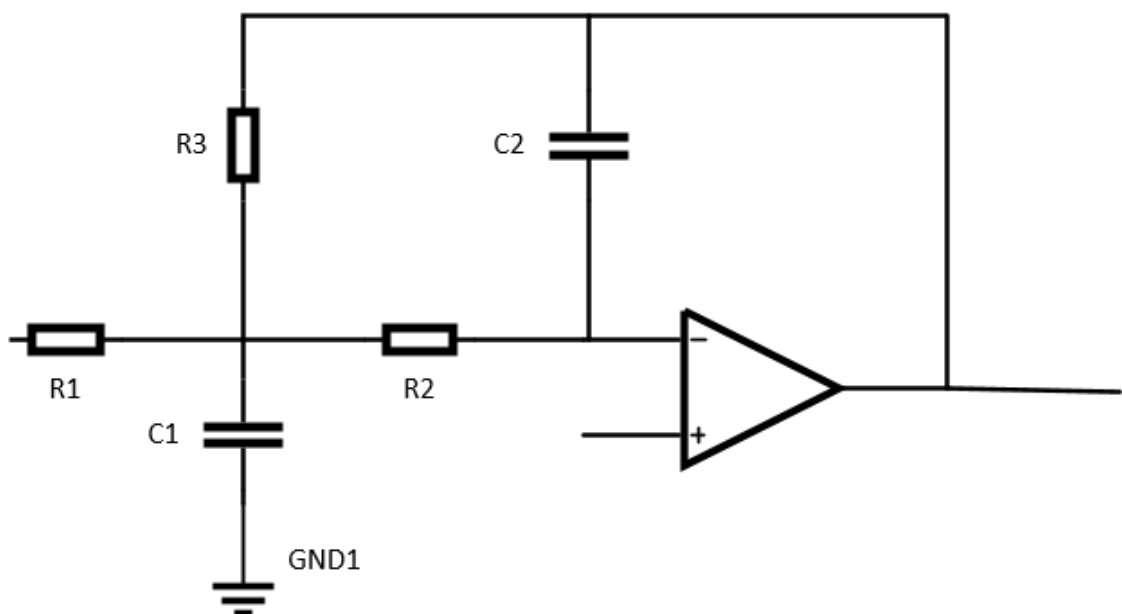


Рис 3.6 - Дволанковий фільтр з багатоканальним зв'язком

На виході схеми фільтрації та нормалізації отримуємо сигнал приблизно  $1.65 \pm 1.02$  В (Рис 3.7). Схема фільтрації та нормалізації на одну фазу приведена на Рис 3.8.

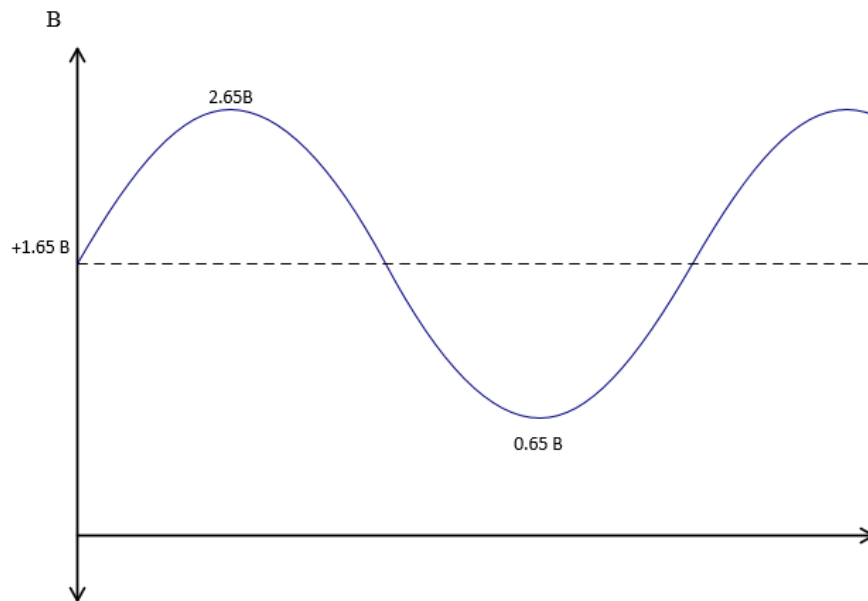


Рис 3.7 - Нормалізована синусоїда напруги генератору

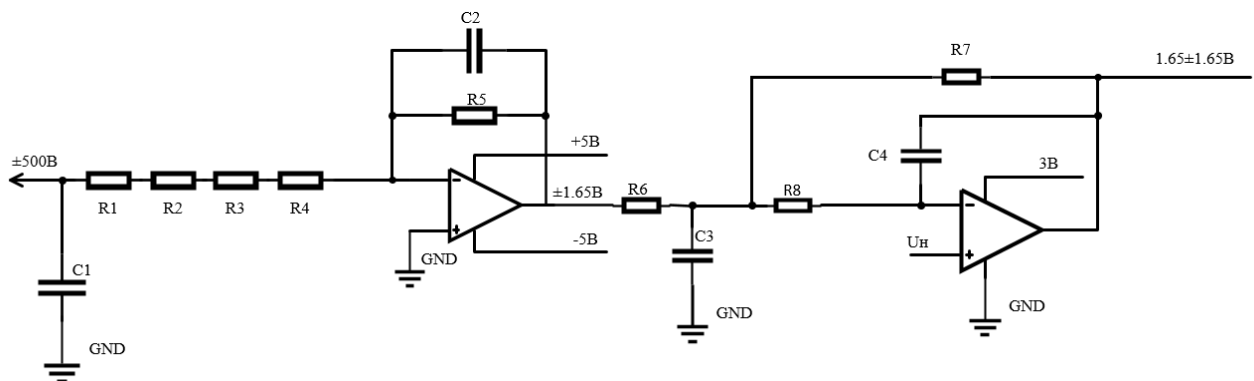


Рис 3.8 - Схема фільтрації та нормалізації напруги

### 3.2 Система загального контролю

Для системи загального контролю не потрібна така велика продуктивність, як для системи вводу та обробки. Задачами контролера є обробка сигналів від систем вводу та обробки першої та другої зірки, повідомлення про їх стан до системи керування тепловоза та керування розчеплювачем.

Основні вимоги до мікроконтролера для системи загального контролю це:

- Підтримка I2C, CAN, USB.
- Мінімум 20 цифрових входів/виходів.

### 3.2.1 Мікроконтролер

Заданим вимогам повністю відповідає мікроконтролер STM32F302R8T6TR.

STM32F302R8T6TR є 32-бітним мікроконтролером з побудованим на ядрі ARM Cortex M4 з тактовою частотою 72 МГц. Мікроконтролер має вбудовану пам'ять: 64 КБ Flash пам'яті та 16 КБ SRAM. Має 26 універсальних входів/виходів, 7 таймерів та живиться напругою від 2 до 3.6 В. Підтримує інтерфейси CAN, I2C, SPI, USART, USB. Вид зверху приведено на рис 3.9.

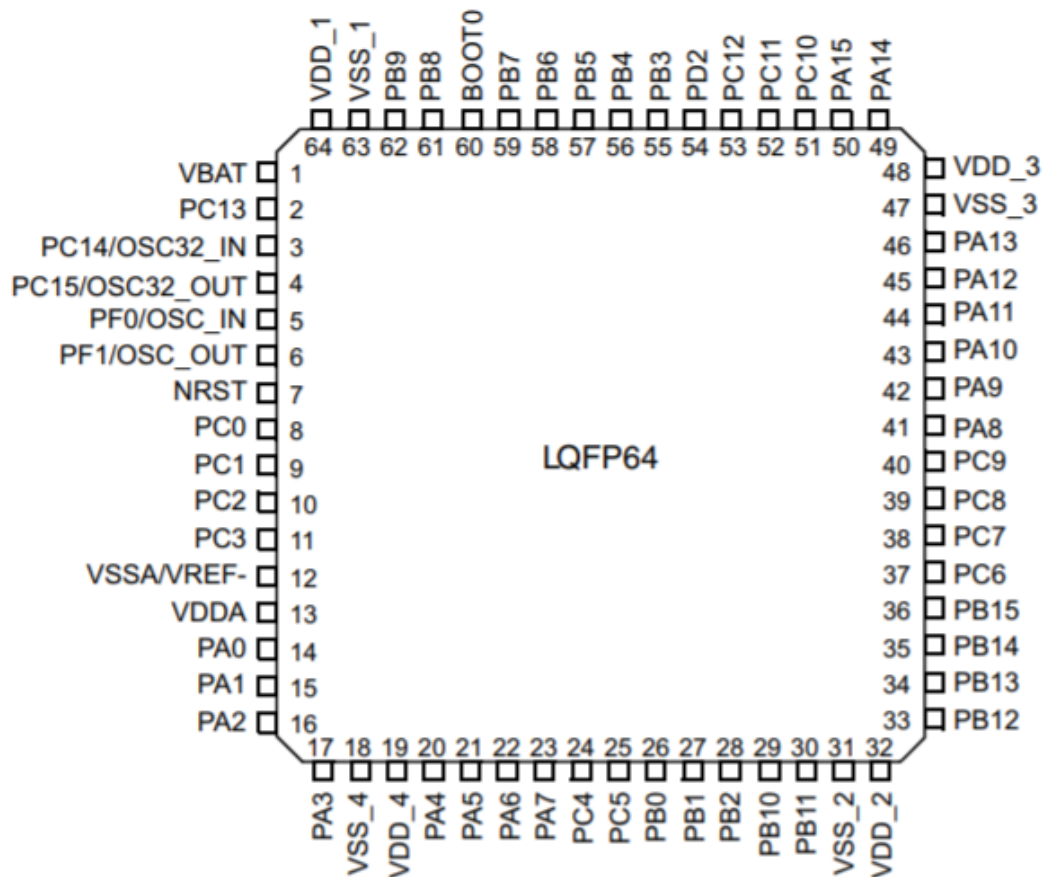


Рис 3.9 - Мікроконтролер STM32F302R8T6TR вид зверху

Контролер має три інтерфейси I2C, які можуть працювати в мультимастрному та підпорядкованому режимах. Кожен інтерфейс I2C може підтримувати стандартний ( до 100кГц), швидкий ( до 400кГц) та швидкий+( до 1МГц) режими. Всі інтерфейси I2C підтримують 7-бітові та 10-бітові режими адресації, кілька 7-бітних підлеглих адрес (2 адреси, 1 з настроюваною маскою). Вони також включають в себе аналогові та цифрові шумові фільтри.

STM32F302R8T6TR містить 3 вбудованих універсальних синхронних прийомника-передатчика (USART1(Universal synchronous/asynchronous receiver transmitter), USART2 та USART3). Інтерфейси USART можуть обмінюватись даними на швидкості до 9 Мбит/с.

Усі USART підтримують апаратне керування сигналами CTS та RTS, багатопроцесорний режим зв'язку, однодротовий напівдуплексний режим зв'язку та синхронний режим.

Усі контролери USART можуть обслуговуватись контролером DMA(Direct memory acces).

Два інтерфейси SPI (SPI2 та SPI3) забезпечують зв'язок до 18 Мбіт/с в режимах ведучого та відомого у напівдуплексному та симплексному режимах. 3-бітний прескалер дає 8 частот основного режиму, а розмір кадра налаштовується від 4 до 16 біт.

Доступні два стандартні режими I2S (мультиплексовані з SPI2 і SPI3), які можуть працювати у режимах ведучого та відомого. Ці інтерфейси можуть бути налаштовані для роботи з роздільною здатністю 16/32 біт у якості вхідних або вихідних каналів. Підтримує частоти дискретизації звуку від 8кГц до 192кГц.

CAN сумісний зі специфікаціями 2.0A і B (активний) зі швидкістю до 1 Мбіт / с. Він може приймати і передавати стандартні кадри з 11-бітовими ідентифікаторами, а також розширені кадри з 29-бітовими ідентифікаторами. Він має три передаючих поштових скриньки, два FIFO(first in first out) з трьома рівнями та чотирнадцять масштабованих банків фільтрів.

STM32F302R8T6TR містить в собі високошвидкісний периферійний пристрій USB, відповідне специфікації USB версії 2.0. Він має програмно-

налаштовуваний параметр кінцевої точки з обсягом пакеті до 1КБ (останні 256 байтів використовуються для периферійного пристрою CAN, якщо він ввімкнен) та підтримує призупинку/відновлення.

STM32F302R8T6TR надає просте рішення для додавання ємнісного сенсорного контролю в будь-який проект. Ці пристрої пропонують до 18 ємнісних вимірювальних каналів, розподілених по 6 групам аналогових входів / виходів.

Ємнісна сенсорна технологія здатна виявити присутність пальця поруч з датчиком, який захищений від прямого дотику діелектриком (наприклад, склом, пластиком). Ємнісна зміна, що вноситься пальцем (або будь-яким проводять об'єктом), вимірюється з використанням перевіреної реалізації, заснованої на принципі отримання поверхневого переносу заряду. Він складається з зарядки ємності датчика, а потім передачі частини накопичених зарядів в конденсатор для вибірки, поки напруга на цьому конденсаторі не досягне певного порогового значення. Щоб обмежити використання смуги пропускання ЦП, цим придбанням безпосередньо управляє контролер сенсорного обладнання, і для його роботи потрібно всього кілька зовнішніх компонентів.

### **3.2.2 Панель індикації**

Для спрощення виявлення, ремонтною бригадою, місця та характеру несправності, а відповідно і прискорення ремонту та повернення тепловозу до роботи, необхідно передбачити систему взаємодії СЗДЛ та людини.

Найбільш зручним, для людини, методом сприйняття інформації є зоровий. Виходячи з цього є три варіанти реалізації панелі індикації:

- Сенсорна панель.
- Невеликий монітор.
- Панель зі світлодіодами.

Зважаючи на умови використання системи захисту та вимоги до швидкодії, монітор, а тим більше сенсорна панель не є доцільними. Вони

накладають додаткові навантаження на мікроконтролер або потребують окремого модулю для обробки та виведення зображення, що в свою чергу накладає додаткові витрати на вже дорогий модуль. Звертаючи увагу на факти приведені вище єдиним варіантом залишаються світлодіоди, вони поєднують в собі необхідні функції та невеликі грошові витрати.

Тому вважаю доцільним забезпечити систему індикації СЗДЛ світлодіодами двох кольорів зеленого та червоного. Вибір кольорів обумовлений усталеним стереотипом того, що зелений колір сигналізує про справний стан приладу, а червоний найчастіше використовують для привернення уваги до небезпечного стану або в якості вимоги зупинитися.

Зелені діоди будуть використовуватись для позначення:

“Живлення” – справний стан модулю та наявність живлення;

“RS-422” – є зв'язок із системою керування тепловозу.

Червоні діоди позначають аварійний стан.

Схема розміщення світлодіодів та кнопки приведено на рис 3.10.

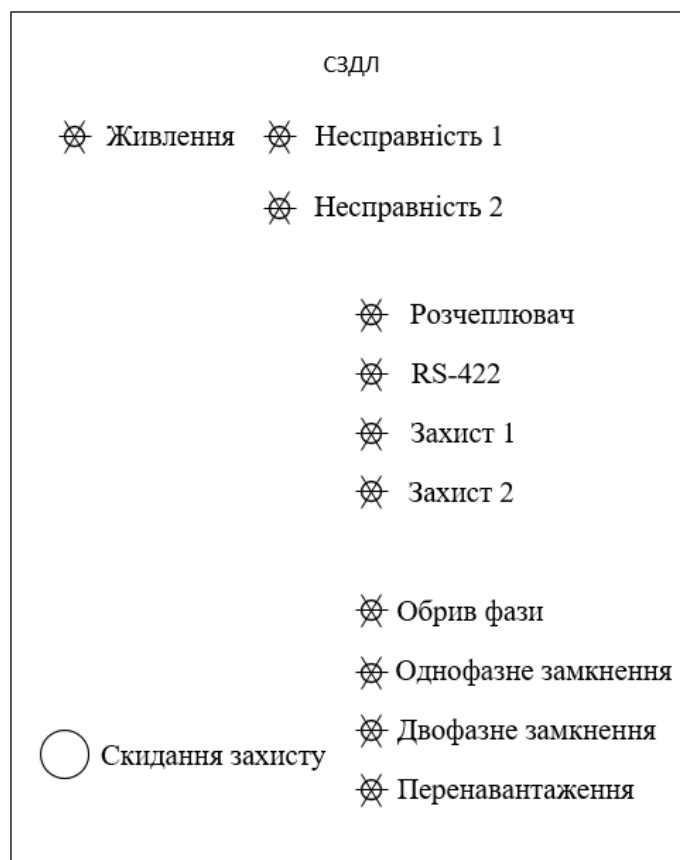


Рис 3.10 - панель індикації

Світлодіод має бути достатнього розміру та яскравості, щоб привернути увагу, тому було вибрано світлодіод фірми Broadcom зелений - ALMD-CM2F-12002, червоний ALMD-EG1E-Z2002.

Основні характеристики світлодіодів приведені у Таблиці 3.1

Довжина, mm	4.2
Ширина, mm	4.2
Висота, mm	6.5
Робоча температура, °C	-40 до +85
Вид монтажу	SMD/SMT

На панелі передбачена кнопка “Збросу захисту”. Для цієї мети було обрано кнопку миттєвий вимикача. Миттєві вимикачі — це вимикачі, які залишаються в своєму включеному стані тільки до тих пір, поки вони приводяться в дію. Способом приєднання обрано спосіб з підтягуючим резистором.

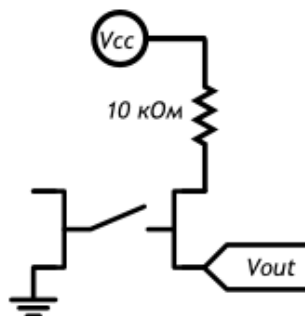


Рис 3.11 - схема з підтягуючим резистором

При натисканні:  $V_{out} = 0$

Якщо немає натискання:  $V_{out} = V_{cc}$

Щоб гарантувати відсутність напруги при розімкненому ланцюзі кнопки, поруч з входом потрібно встановити стягуючий резистор, саме тому обрано тип підключення зі підтягуючим резистором.



### **3.3 Висновок до 3 розділу**

У третьому розділі розглянуто та підібрано мікроконтролери для систем вводу та обробки і загального контролю. Мікроконтролери задовольняють мінімальним вимогам до функціоналу та швидкодії.

Розроблено схему фільтрації та нормалізації фазної напруги та струму тягового генератора.

Спроектовано панель індикації та підібрано необхідні елементи для найбільш зручного використання.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Вимоги до приміщення

Геометричні розміри приміщення зазначені у таблиці 4.1. Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є диван і журнальний стіл. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування.

Для забезпечення потрібного рівня освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

Таблиця 4.1 – Розміри робочого місця

Параметр	Значення
Довжина, м	6
Ширина, м	4
Висота, м	2,5
Площа, м <sup>2</sup>	24
Об'єм, м <sup>3</sup>	60

Згідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень [13] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

### 4.2 Навантаження та напруженість процесу праці

За фізичним навантаженням робота відноситься до категорії легкі роботи (Ia), її виконують сидячи з періодичним ходінням. Щодо характеру організування виконання дипломної роботи, то він підпадає під нав'язаний режим, оскільки певні розділи роботи необхідно виконати у встановлені

конкретні терміни. За ступенем нервово-психічної напруги виконання роботи можна віднести до II – III ступеня і кваліфікувати як помірно напружений – напружений за умови успішного виконання поставлених завдань.

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої (лазерні та струменеві), що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Найбільшому ризику виникнення різноманітних порушень піддаються: органи зору, м'язово скелетна система, нервово-психічна діяльність, репродуктивна функція у жінок.

Тобто наявні психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори:

а) фізичного перевантаження:

- статичного;
- динамічного.

б) нервово-психічного перевантаження:

- розумового перенапруження;
- монотонності праці;
- перенапруження аналізаторів;
- емоційних перевантажень.

Рекомендовано застосування екранних фільтрів, локальних світлофільтрів (засобів індивідуального захисту очей) та інших засобів захисту, а також інші профілактичні заходи [14].

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви тривалістю 15 хв через кожен годину роботи.

### 4.3 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ЕОМ, вентиляції і кондиціонування. Небезпека загоряння пов'язана з особливістю комп'ютерів – із значною кількістю щільно розташованих на монтажній платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100°C). При проходженні електричного струму по провідниках і деталях виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізолюваних матеріалів. Розряд статичної електрики може виникнути під час роботи вентилятора або комп'ютера. Кабельні лінії є найбільш пожежонебезпечними місцем. Наявність пального ізоляційного матеріалу, ймовірних джерел запалювання у вигляді електричних іскор і дуг, розгалуженість і недоступність роблять кабельні лінії місцем найбільш ймовірного виникнення і розвитку пожежі. Для зниження займистості і здатності поширювати полум'я кабелі покривають вогнезахисними покриттями.

Для гасіння пожеж в офісному приміщенні пропонується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, так як вони є універсальними.

Виникнення пожежі можливе, якщо на об'єкті є горючі речовини, окиснювач і джерела запалювання. Вірогідність пожежної небезпеки приймається значною, якщо ймовірна взаємодія цих трьох чинників. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, підлоги, двері, ізоляція силових, сигнальних кабелів і т.д.

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ЕОМ, є:

- 1) поліамід – матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання 420°C;
- 2) полівінілхлорид – ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335°C, температура самозаймання 530°C,
- 3) склотекстоліт ДЦ – матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання,
- 4) пластикат кабельний – матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1,
- 5) деревина – будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання 255°C, температура самозаймання 399°C.

Для відводу теплоти від ЕОМ діє потужна система кондиціонування. Тому кисень, як окиснювач процесів горіння, є в будь-якій точці приміщень обчислювального центру.

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходиться пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно до [16] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймісті речовини та матеріали.

Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Потенційними джерелами запалювання можуть бути:

- Іскри і дуги короткого замикання;
- електрична іскра при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- перегріву від тривалого перевантаження,
- відкритий вогонь і продукти горіння,
- наявність речовин, нагрітих вище за температуру самозаймання,
- розрядна статична електрика.

Причинами можливого загорання і пожежі можуть бути:

- Несправність електроустановки;
- конструктивні недоліки устаткування;
- коротке замикання в електричних мережах;
- запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

Продуктами згорання, що виділяються на пожежі, є: окис вуглецю; сірчистий газ; окис азоту; синильна кислота; акромін; фосген; хлор і ін. При горінні пластмас, окрім звичних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, синильна кислота, аміак, ацетон та ін.

#### **4.4 Електробезпека**

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки [17]: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три- провідна мережа, шляхом прокладання

фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

## 4.5 Розрахунки

### 4.5.1 Розрахунок освітлення

Згідно з [15] для виробничих та адміністративних приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше  $1/8$ , в побутових –  $1/10$ :

$$S_b = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{10} \right) \times S_n, \quad (4.1)$$

де  $S_b$  – площа віконних прорізів,  $m^2$ ;

$S_n$  – площа підлоги,  $m^2$ .

$$S_n = a \cdot b = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^2,$$

$$S = 1/10 \cdot 24 = 2,4 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 1 вікно площею  $S=2,4 \text{ м}^2$ .

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 6 м, ширина 4 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5200 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників  $n$  виробляється по формулі (4.2):

$$n = \frac{E \times S \times Z \times K}{F \times U \times M}, \quad (4.2)$$

де  $E$  – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

$S$  – освітлювана площа,  $m^2$ ;  $S = 24 m^2$ ;

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильника (1,1 для люмінесцентних ламп);

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

$U$  – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

$M$  – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

$F$  – світловий потік лампи – 5200лм.

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \times 24 \times 1.1 \times 1.5}{5200 \times 0.575 \times 2} = 1,98$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 3-х світильників, які складаються з 2-х люмінесцентних ламп загальною потужністю 80 Вт, напругою – 220 В.

#### 4.5.2 Розрахунок захисного заземлення

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом [17], приміщення в якому проводяться всі роботи відносяться до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контуру заземлення повинен мати не більше 4 Ом.



Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача  $\eta$  – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_v$  в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ .

Послідовність розрахунку:

1) Визначається необхідний опір штучних заземлювачів  $R_{шт.з.}$ :

$$R_{шт.з.} = \frac{R_d \cdot R_{пр.з.}}{R_{пр.з.} - R_d}, \quad (4.3)$$

де  $R_{пр.з.}$  – опір природних заземлювачів;  $R_d$  – допустимий опір заземлення. Якщо природні заземлювачі відсутні, то  $R_{шт.з.} = R_d$ .

Підставивши числові значення у формулу (4.3), отримуємо:

$$R_{шт.з.} = \frac{4 \cdot 40}{40 - 4} \approx 4 \text{ Ом}$$

2) Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту  $\rho$ , Ом·м. Приблизне значення питомого опору глини приймаємо  $\rho = 40$  Ом·м (табличне значення).

3) Розрахунковий питомий опір ґрунту,  $\rho_{розр.}$ , Ом·м, визначається відповідно для вертикальних заземлювачів  $\rho_{розр.в.}$ , і горизонтальних  $\rho_{розр.г.}$ , Ом·м за формулою:

$$\rho_{розр.} = \Psi \cdot \rho \quad (4.4)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів і кліматичної зони з нормальною вологістю землі, приймається для вертикальних заземлювачів  $\rho_{\text{розр.в}} = 1,7$  і горизонтальних  $\rho_{\text{розр.г}} = 5,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

$$\rho_{\text{розр.в}} = 1,7 \cdot 40 = 68 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$\rho_{\text{розр.г}} = 5,5 \cdot 40 = 220 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

4) Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача  $R_{\text{в}}$ , Ом, за (4.5).

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{розр.в}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{в}}} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_{\text{в}}}{d_{\text{ст}}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_{\text{в}}}{4 \cdot t - l_{\text{в}}} \right), \quad (4.5)$$

де  $l_{\text{в}}$  – довжина вертикального заземлювача (для труб – 2 – 3 м;  $l_{\text{в}} = 3$  м);  
 $d_{\text{ст}}$  – діаметр стержня (для труб – 0,03 – 0,05 м;  $d_{\text{ст}} = 0,05$  м);  
 $t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, яка визначається за ф. (4.6):

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2}, \quad (4.6)$$

де  $h_{\text{в}}$  – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м); тоді

$$t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м};$$

$$R_{\text{в}} = \frac{68}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 18,5 \text{ Ом}$$

1) Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів  $n$  штук, без урахування коефіцієнта використання  $\eta_{\text{в}}$ :

$$n = \frac{2R_{\text{Е}}}{R_{\text{д}}} = \frac{2 \times 18,5}{4} = 9,25 \quad (4.7)$$

I визначається коефіцієнт використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки  $\eta_B = 0,57$  (табличне значення).

- 2) Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $\eta_B$ , шт:

$$n = \frac{2 \cdot R_E}{R_{Д \cdot \eta_B}} = \frac{2 \cdot 18,5}{4 \cdot 0,57} \approx 16 \quad (4.8)$$

- 3) Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_C$ , м:

$$l_C = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_B - 1), \quad (4.9)$$

де  $L_B$  – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за  $L_B = 3$  м);  
 $n_B$  – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

$$l_C = 1,05 \cdot 3 \cdot (16 - 1) \approx 48 \text{ м.}$$

Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки)  $R_\Gamma$ , Ом:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{розр.}\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot l_C} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_C^2}{d_{\text{см}} \cdot h_\Gamma}, \quad (4.10)$$

де  $d_{\text{см}}$  – еквівалентний діаметр смуги шириною  $b$ ,  $d_{\text{см}} = 0,95b$ ,  
 $b = 0,15$  м;

$h_\Gamma$  – глибина закладання горизонтальних заземлювачів (0,5 м);

$l_C$  – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_C$ , м

$$R_\Gamma = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 48} \cdot \ln \frac{2 \cdot 48^2}{0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,5} = 8,1 \text{ Ом}$$

4) Визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$  відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів  $n_B$ .

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги  $\eta_c = 0,3$ .

Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_{\text{заг.}} = \frac{R_E \cdot R_{\Gamma}}{R_E \cdot \eta_c + R_{\Gamma} \cdot \eta_E \cdot \eta_E} \leq R_{\text{д}}, \quad (4.11)$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова:  $R_{\text{заг}} < 4$  Ом, а саме:

$$R_{\text{заг}} = \frac{18,5 \cdot 8,1}{18,5 \cdot 0,3 + 8,1 \cdot 16 \cdot 0,57} = 1,9 \leq R_{\text{д}}$$

При виникненню пожеж при роботі на ПЕОМ від таких можливими джерел запалювання як:

- іскри і дуги коротких замикань;
- перегрів провідників, резисторів та інших радіодеталей ПЕОМ, від тривалої перевантаження та наявності перехідного опору;
- іскри при розмиканні і розмиканні ланцюгів;
- розряди статичної електрики;
- необережному поводженню з вогнем, а також вибухи газо-повітряних і паро-повітряних сумішей.

Важливу увагу слід звернути на пожежну безпеку підприємства в цілому і окремих його приміщень. В приміщеннях не повинно накопичуватися сміття, непотрібний папір, мотлох та ін. речі, які не використовуються у виробничому процесі. Наявний вільний аварійний вихід за межі приміщення в разі пожежі, бути передбачені вогнегасники. Вони повинні бути в робочому стані і перевірятися згідно з нормами. У приміщеннях повинна бути пожежна

сигналізація, вогнегасник. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити в найближчу пожежну частину, убезпечити інших працівників і по можливості прийняти кроки по запобіганню можливих наслідків та усуненню пожежі.

#### **4.6 Висновки до 4 розділу**

В розділі чотири зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в кваліфікаційній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Також були наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

## ВИСНОВКИ

Для запобігання виходу з ладу генераторів та електроланцюгів, необхідна система постійного моніторингу фазних струмів та напруги генератора власних потреб. Ґрунтуючись на отриманих даних моніторингу система захисту має виявляти аварійні режими роботи користувачів та передавати інформацію про відхилення від норми мікропроцесорній системі керування

При виникненні аварійного стану система має негайно вимкнути живлення на аварійній ділянці шляхом роз'єднання ланцюга живлення.

Мікропроцесорна система керування, опираючись на отриманні дані, має проводити коректну розбірку електричної схеми тепловозу з метою захисту генератору та електропроводки.

Інформація про режими роботи контролера повинна відображатися на світлодіодних індикаторах, розташованих на лицьовій панелі.

У другому розділі розглянуто основні частини системи захисту допоміжних ланцюгів та інтерфейси за допомогою яких система буде взаємодіяти з мікропроцесорною системою керування тепловоза.

Розроблено структурну схему системи захисту допоміжних ланцюгів тепловозу.

Визначено основні складові системи у вигляді двох підсистем вводу та обробки і системи загального контролю.

Сформовано технічні вимоги до системи та окремих її частин.

У третьому розділі розглянуто та підібрано мікроконтролери для систем вводу та обробки і загального контролю. Мікроконтролери задовольняють мінімальним вимогам до функціоналу та швидкодії.

Розроблено схему фільтрації та нормалізації фазної напруги та струму тягового генератора.

Спроектовано панель індикації та підібрано необхідні елементи для найбільш зручного використання.

В розділі чотири зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в кваліфікаційній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Абрамов Е.Р. Тепловозы серии 2ТЭ116 и их разновидности // Локомотивы и моторвагонный подвижной состав с двигателями внутреннего сгорания отечественных железных дорог. — М., 2015. — С. 108—121.
2. Раков В. А. Грузовые тепловозы 2ТЭ116 // Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза 1976-1985. — М.: Транспорт, 1990. — С. 73—77.
3. Раков В. А. Тепловоз 2ТЭ116 и его модификации // Локомотивы отечественных железных дорог 1956 - 1975. — 2-е. — М.: Транспорт, 1999. — С. 164—166.
4. STM32F303RC Datasheet [Электронный ресурс] // STMicroelectronics – Режим доступа до ресурсу: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=STM32F303RC>.
5. STM32L031x4 STM32L031x6 [Электронный ресурс] // STMicroelectronics – Режим доступа до ресурсу: <https://eu.mouser.com/datasheet/2/389/stm32l031g4-956322.pdf>.
6. AT24C16 Datasheet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/56066/ATMEL/AT24C16.html>.
7. Интерфейс RS 422 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://pue8.ru/silovaya-elektronika/455-interfejs-rs-422.html>.
8. Краткий обзор протокола CAN. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.micromax.ru/solution/theory-practice/articles/2160/>.
9. ALMD-CM1F/2F, ALMD-CB1E/2E High-Brightness SMT Round Green and Blue LED Lamps Data Sheet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://eu.mouser.com/datasheet/2/678/ub-005360\\_DS\\_ALMD-Cx1x\\_Cx2x\\_2018-05-10-1099136.pdf](https://eu.mouser.com/datasheet/2/678/ub-005360_DS_ALMD-Cx1x_Cx2x_2018-05-10-1099136.pdf).
10. ALMD-EG1E/2E, ALMD-EL1E/2E High Brightness SMT Round Red, Amber LED Lamps Data Sheet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://eu.mouser.com/datasheet/2/678/LMD-ExxE-DS100-1099120.pdf>.
11. НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за № 508/31960. Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18](http://www.url: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18).
12. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 квітня 1998 р. за N 226/2666. Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/64/doc-НПАОП\\_0.00-4.15-98](http://www.url: https://dnaop.com/html/64/doc-НПАОП_0.00-4.15-98)



13. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. Постанова N 42 від 01.12.99. Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99) .

14. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007-98. Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України 10 грудня 1998 р N 7. Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98) .

15. ДБН В.2.5-28:2018 «Державні Будівельні Норми України. Природне і штучне освітлення». Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України 03.10.2018 № 264. Режим доступу: [www. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_v\\_2\\_5\\_28/1-1-0-1188](http://www.url:https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188) .

16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Наказ від 15.06.2016 №158. Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0158858-16](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0158858-16) .

17. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Наказ від 6.10.1997 №257. Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98) .

# ДОДАТОК А

## Слайди електронної презентації

Міністерство освіти і науки України  
Східноукраїнський національний університет ім.В.Даля

Дипломний проект  
на тему:

### **«Система захисту допоміжних трифазних ланцюгів тепловозу 2ТЭ116УМ»**

---

Група: КІ-15д  
Студент: Лісовін А.В.

Керівник проекту:  
Недзельський В. С.

### **Актуальність та мета дипломного проекту**

---

Актуальністю даної роботи є безпека в тепловозі 2ТЕ116.

Метою є розробка системи захисту допоміжних ланцюгів та обмоток тягового генератору 2ТЭ116У.

## Предметна область

Предметною областю є тепловоз 2ТЕ116, а саме система допоміжних агрегатів.



Допоміжні системи складаються з допоміжних агрегатів, ланцюгів живлення та генератору.

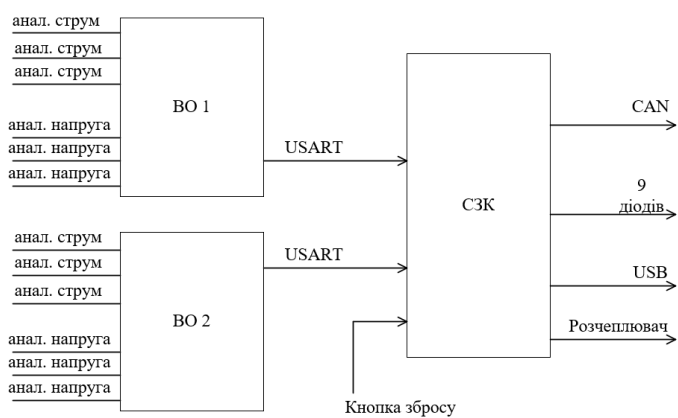
До допоміжних агрегатів відносять всі елементи, які не приймають безпосередню участь в приведення у рух тепловоза.

## Вимоги до системи

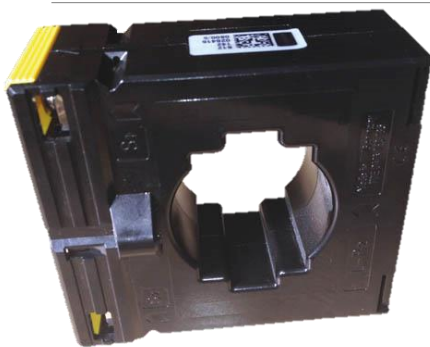
Система повинна виявляти такі аварійні режими, як:

1. Обрив однієї з фаз живлення.
2. Замкнення однієї фази живлення на корпус тепловозу.
3. Міжфазне коротке замикання.
4. Перенавантаження по струму.

## Структурна схема



## Вибір датчиків



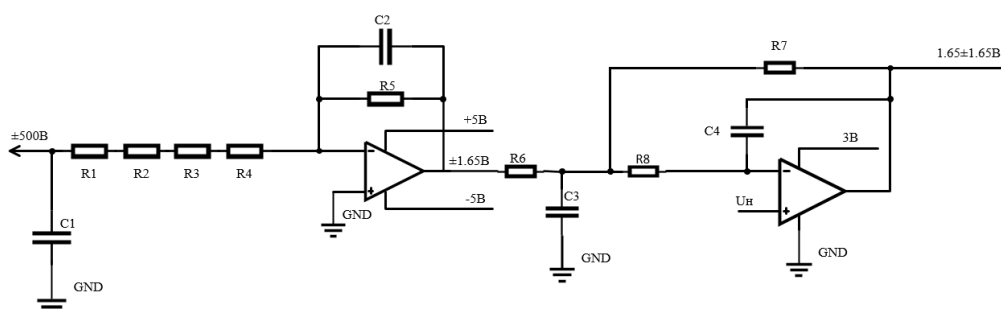
Як датчики струму застосовані трансформатори струму.

Місце установки - на силових кабелях ланцюгів власних потреб. Сигнали напруги беруться з затискачів найдальшого двигуна.

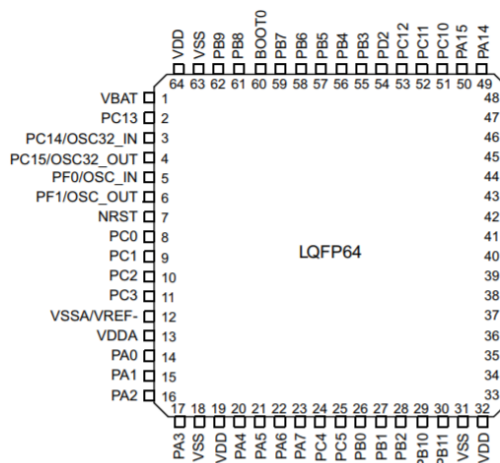
Габаритні розміри ..... 100 x 60 x 85 мм.

Маса..... 0,5 кг.

## Фільтрація та нормалізація сигналу



## Мікроконтролер

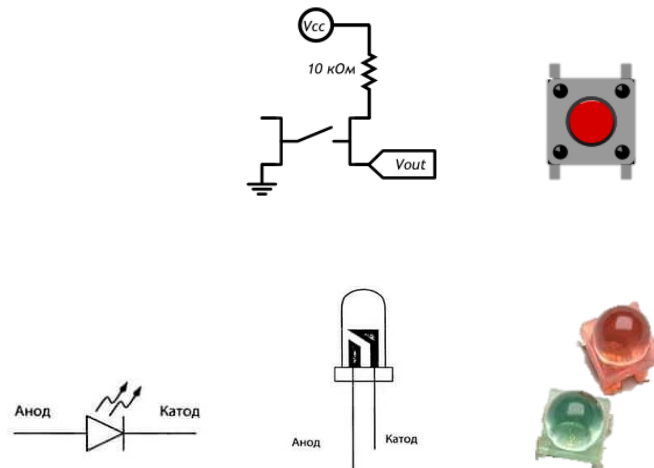


Ядро: ARM® Cortex®-M4 32-бітний процесор з FPU (макс. 72 МГц)

- 256 Кбайт флеш-пам'яті
- 40 Кбайт SRAM.
- Чотири АЦП 0,20 мксм (до 39 каналів) з можливістю вибору роздільної здатності 12/10/8/6 біт
- Два 12-бітних каналу ЦАП
- Сім швидких аналогових компараторів

Елементи панелі індикації:

- Світлодіоди
- Тактова кнопка



## Висновки

Розроблено структурну схему системи захисту допоміжних ланцюгів тепловозу.

Визначено основні складові системи у вигляді двох підсистем вводу та обробки і системи загального контролю.

Сформовано технічні вимоги до системи та окремих її частин.

Розроблено схему фільтрації та нормалізації фазної напруги та струму тягового генератора.

Спроектовано панель індикації та підібрано необхідні елементи для найбільш зручного використання.