

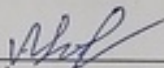
Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «магістр»


на тему: Удосконалення методів і засобів автоматичного контролю
функціонального стану та пильності машиніста

за освітньою програмою «Системи керування рухом поїздів»
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

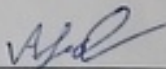
Виконав: студент групи СК2221 (969М)


_____ /Олексій Тараненко /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ


_____ / Костянтин ГОНЧАРОВ /
(підпис керівника)

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

Студент 
_____ (підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies**

Faculty of Computer Technologies and Systems

Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Improvement the methods and means of automatic control
of the physiological state and vigilance of train driver

according to educational curriculum «Train movement control systems»
in the Specialty: 273 Railway transport

Done by the student of the group CK2221 (969M) / Oleksii TARANENKO/

Scientific Supervisor: associate professor / Kostiantyn HONCHAROV /

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

_____ Володимир ГАВРИЛЮК

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту _____ Тараненко Олексію Олександровичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: _____ Удосконалення методів і засобів автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста

Керівник роботи: _____ Гончаров Костянтин Вікторович, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____ " _____ " _____ 2022 р. № _____

2. Строк подання студентом роботи: _____ 08.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____ Алгоритми існуючих методів контролю функціонального стану та пильності машиніста

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

4.1 Аналітична частина: виконати аналітичний огляд існуючих методів і засобів контролю функціонального стану та пильності машиніста

4.2 Основна частина: 1) розробити структурну схему та алгоритми роботи системи автоматичного контролю стану та пильності машиніста;

2) розробити носиму частину системи автоматичного контролю машиніста;

3) розробити приймальну частину системи контролю машиніста

5. Перелік графічного матеріалу:

Структурна схема та блок-схема алгоритму роботи системи автоматичного контролю машиніста, алгоритм відеоконтролю машиніста, принципові електричні схеми, блок-схеми алгоритмів структурних вузлів системи

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд існуючих методів і засобів контролю функціонального стану та пильності машиніста	03.07.2023	
2	Розробка структури та алгоритмів роботи системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста	02.10.2023	
3	Розробка носимої частини системи автоматичного контролю машиніста	13.11.2023	
4	Розробка приймальної частини системи автоматичного контролю машиніста	26.12.2023	
5	Оформлення кваліфікаційної роботи	08.01.2024	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.01.2024 – 28.01.2024	

Студент

_____ (підпис)

Олексій ТАРАНЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Костянтин ГОНЧАРОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

61 сторінка, 24 рисунка, 14 джерел літератури.

Об'єкт розробки – комбіновані методи та засоби автоматичної ідентифікації функціонального стану та пильності машиніста.

Мета роботи - удосконалення методів і засобів автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста.

Методи дослідження – аналіз існуючих технічних рішень, методи обробки зображень, методи контролю функціонального стану людини; методи розробки алгоритмів, методи розробки електронних схем.

У першому розділі проведений аналіз існуючих сучасних методів визначення функціонального стану та пильності машиніста. Обрали найбільш зручні для роботи і результативні методи для поєднання в комбінованому способі визначення функціонального стану машиніста. У другому розділі наведено основну структуру та принцип дії пристроїв, які виконують контроль пильності, стежать за фізіологічним станом машиніста та приймають сигнали про стан засобів пильності. Розроблені алгоритми контролю машиніста за допомогою відеоспостереження та за аналізом електродермальної активності. В третьому розділі розроблені структурна, принципова електрична схеми та алгоритм роботи носимої частини системи. Проведений розрахунок всіх технічних складових. В четвертому розділі розроблені структурна, принципова електрична схеми та алгоритм роботи приймальної частини системи автоматичного контролю машиніста.

Висновок. Впровадження запропонованих методів та розроблених в даній роботі технічних засобів дозволить підвищити безпеку руху поїзда за рахунок автоматичного контролю функціонального стану і пильності машиніста.

Ключові слова: МАШИНІСТ, ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ЛЮДИНИ, КОНТРОЛЬ ПИЛЬНОСТІ, ЕЛЕКТРОДЕРМАЛЬНА АКТИВНІСТЬ, ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ТА ПИЛЬНОСТІ МАШИНІСТА	10
1.1 Різновиди методів і засобів контролю функціонального стану та пильності водія транспортного засобу	10
1.2 Застосування відеоспостереження для контролю пильності водія транспортного засобу	12
1.3 Контактні методи контролю водія транспортного засобу	13
1.3.1 Вимірювання пульсу	13
1.3.2. Вимірювання енцефалограмми	14
1.3.3. Визначення електродермальної активності	15
1.4 Телемеханічна система контролю пильності машиніста ТСКБМ	17
1.5 Висновки по розділу 1	21
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ТА ПИЛЬНОСТІ МАШИНІСТА	22
2.1 Структура та принцип дії автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста	22
2.2 Загальний алгоритм роботи системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста	24
2.3 Алгоритм визначення рівня активності машиніста за сигналом електродермальної реакції	27
2.4 Алгоритм визначення функціонального стану машиніста за допомогою відеоспостереження	29
2.5 Висновки за розділом 2	33
3 РОЗРОБКА НОСИМОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ МАШИНІСТА	34
3.1 Структура та принцип дії носимої частини	34
3.2 Розробка перетворювача опору в напругу	36

	8
3.3 Розробка логарифмічного перетворювача	39
3.4 Мікроконтролер PIC12C671	41
3.5 Розробка радіопередавача для носимої частини	43
3.6 Висновки за розділом 3	51
4 РОЗРОБКА ПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮМАШИНІСТА	52
4.1 Структура та принцип дії приймальної частини	52
4.2 Опис принципової електричної схеми радіоприймача сигналів ЕДА	53
4.3 Опис принципової електричної схеми контролера та блоку індикації	56
4.4 Висновки за розділом 4	59
ЛІТЕРАТУРА	60

ВСТУП

Недостатня увага людини на робочому місці може бути джерелом помилок або навіть катастрофи. Сон під час виконання службових обов'язків (сон на роботі) в деяких професіях, є злісно неправомірною поведінкою і може привести до дисциплінарних стягнень, аж до звільнення. В інших професіях, таких, як пожежники або рятувальники, сон протягом деякої частини зміни може входити до оплачуваного робочого часу. Сон на роботі може бути як навмисним, так і випадковим.

Сон на роботі є важливою проблемою, тому про неї часто згадується в правилах підприємства. Щоб запобігти зниженню продуктивності, погіршенню зовнішнього вигляду працівників та виключити можливість виникнення небезпечної ситуації, за працівниками ведеться спостереження. Для вирішення ряду проблем, які були перелічені вище, були розроблені різноманітні електронні системи, які контролюють фізіологічний стан людини за допомогою датчиків.

Дослідження в даній області ведуться доволі тривалий час, подібні методи зазвичай спрацьовують, коли людина заснула. Системні методи, що розробляються мають попереджати людину про зниження рівня уваги і можливість засинання.

Особливо актуальної ця проблема є для машиністів, так як від їх функціонального стану залежить безпека руху поїзда.

Метою роботи є удосконалення методів і засобів автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста. Технічні засоби автоматичного контролю мають бути мобільними, зручним в експлуатації та при цьому не заважати машиністу виконувати свої обов'язки.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ТА ПИЛЬНОСТІ МАШИНІСТА

1.1 Різновиди методів і засобів контролю функціонального стану та пильності водія транспортного засобу

Однією із причин порушення безпеки руху поїзда є зниження рівня пильності та працездатності машиніста. Традиційний метод перевірки пильності шляхом вимірювання часу реакції машиніста на сигнал звукового або світлового попередження не дозволяє об'єктивно визначати рівень його фізіологічного стану. Крім цього постійні періодичні перевірки пильності відволікають локомотивну бригаду від поточної роботи по керуванню поїздом. Метою даної роботи є порівняльний аналіз можливих методів контролю фізіологічного стану та пильності машиніста. Методи контролю пильності машиніста поділяються на два типи – контактні та безконтактні (рис 1.1).



Рисунок 1.1 - Класифікація методів контролю пильності машиніста

Метод енцефалографії дозволяє достатньо точно визначити рівень фізіологічної активності людини. Головними недоліками даного методу є відносно висока вартість пристроїв, складність аналізу отриманих даних, а також неможливість отримання коректної енцефалограми при неправильному розташуванні датчиків. Методи контролю фізіологічного стану людини за допомогою пульсометрії, а також за допомогою акселерометра є достатньо простими.

Спосіб контролю рівня емоційної напруги людини – вимірювання частоти пульсу. Зміна частоти пульсу відображає фізіологічну напругу. Вимірювання здійснюють за допомогою датчиків, які прикріплюють до людини на зап'ясті, як годинник. Такі пристрої називаються кардіомоніторами частоти серцевих скорочень – це цифрові, комп'ютеризовані прилади, які постійно відображають пульс, видаючи через секунди дані про навантаження на організм. Проте кожен з них сам по собі не може дати повну картину про рівень активності та працездатності.

Один із найбільш ефективних методів реєстрації виникнення емоційної напруженості у людини базується на вимірюванні електродермальної активності (ЕДА). Цей термін означає електричну активність шкіри на долонях чи пальцях рук [2]. Головною перевагою методів на базі відеоспостереження є те, що вони не відволікають водія і ніяким чином не заважають процесу перевезень. Проте такі методи не дозволяють отримати достатню інформацію про функціональний стан людини. Достатньо ефективним є метод вимірювання електродермальної активності. Доцільним є комплексне застосування даного метода у поєднанні з іншими, наприклад з пульсометрією або з методами на базі відеоспостереження. Комплексний аналіз різних діагностичних параметрів дозволить об'єктивно визначити рівень фізіологічного стану та працездатності машиніста.

Пристрої локомотивної автоматики виконують цілий ряд функцій щодо забезпечення безпеки руху поїзда: прийом та дешифрування кодів автоматичної локомотивної сигналізації, керування локомотивним

світлофором, перевірку пильності машиніста, контроль швидкості руху поїзда та автоматичне екстрене гальмування у разі порушення умов безпеки [4, 9]. В сучасних локомотивних пристроях забезпечення безпеки руху поїзда перелік функцій суттєво розширюється, зокрема додаються контроль швидкості з урахуванням постійних та тимчасових обмежень, визначення відстані до перешкоди, а також різних залізничних об'єктів (світлофора, стрілки, переїзду та ін.), розрахунок кривої гальмування з урахуванням відстані до світлофора із забороненим показанням [1, 6].

1.2 Застосування відеоспостереження для контролю пильності водія транспортного засобу

Існує група методів, контролю водія транспортного засобу, яка використовує засоби відеоспостереження, за допомогою яких відстежується положення тіла, голови та очей, аналіз моргань [1, 8]. Наприклад, існує методика визначення положення голови людини, що використовує дані, отримані з вебкамери. Суть даної методики полягає в тому, щоб зробити набір зображень, після чого, отриманий набір зображень конвертується у відтінках сірого, а потім аналізується. Спочатку із конкретного зображення від фону відділяється обличчя людини за певним алгоритмом, а потім застосовується так званий метод проєкцій. У місці розташування очей, носа, рота спостерігається згущення точок, а на гістограмі – максимуми. Відповідно, знаходяться максимуми гістограм і порівнюється їх положення зі стандартними характеристиками.

Ще один з приладів, який аналізує дані, які були отримані з відеокамери – Driver Fatigue Monitor [1, 8]. Даний пристрій має перевагу, над описаним вище пристроєм, оскільки контролює ще й положення очей людини. При певному відхиленні положення очей та голови від норми спрацьовує звукова сигналізація.

Головна перевага методів на базі відеоспостереження є те, що вони не відволікають водія і ніяким чином не заважають процесу перевезень. До недоліків таких методів можна віднести недостатню інформативність при аналізі даних. Так, в інформації про положення тіла, голови та очей не міститься достатніх відомостей про функціональний стан водія. Крім цього, системи відеоспостереження мають високу вартість та не завжди точно визначають правильне положення голови чи очей, адже алгоритм обробки даних, зазвичай, коректно працює лише за ідеальних умов, а саме:

- добре освітлення;
- максимальна відмінність обличчя людини від фону, тощо.

1.3 Контактні методи контролю водія транспортного засобу

1.3.1 Вимірювання пульсу

Найбільш простий спосіб контролю за рівнем емоційної напруги людини – вимірювання частоти пульсу (пульсометрія). Зміна цієї частоти інтегрально відображає фізіологічну напругу, зокрема, нервово-емоційну. Сьогодні все більшого поширення набуває метод розрахунку пульсу за допомогою датчиків частоти серцевих скорочень. Кардіомонітори частоти серцевих скорочень представляють собою комп'ютеризовані електронні цифрові прилади, які носять на зап'ясті, як годинник. Кардіомонітор постійно відображає пульс, видаючи кожні кілька секунд нову інформацію про навантаження на організм. Сучасні датчики зазвичай використовують для вимірювання частоти серцевих скорочень метод оптичної плетизмографії [11]. Для реєстрації фотоплетизмограми потрібні джерело світла і фотоприймач. Джерелом зазвичай служить світлодіод, а приймачем — фототранзистор або фотодіод. Світло, що випромінюється джерелом, поглинається тілом людини. У першому наближенні можна сказати, що ступінь поглинання залежить від кількості крові в тій точці тіла, де знаходиться датчик. При зміні кількості

крові, змінюється поглинання світла і сигнал на виході фотоприймача. По відношенню один до одного джерело і приймач можуть розташовуватися двома способами. Ці способи називаються «на відбиття» і «на просвіт». У разі використання методу «на відбиття» приймач і джерело розташовуються в одній площині. Світло від джерела потрапляє на шкіру, частково поглинається і, відбиваючись, потрапляє на приймач. Сигнал з фотоприймача надходить на схему посилення та фільтрації. Після посилення сигнал надходить на ще один розділовий каскад, щоб остаточно прибрати напругу зсуву. Потім відбувається оцифрування даних за допомогою АЦП [13].

Перевагою оптичної плетизмографії є простота вимірювання, аналіз результатів, а також висока точність, в порівнянні з пальпацією пульсу.

1.3.2 Вимірювання енцефалограмми

Розглянемо наступний контактний метод контролю – електроенцефалографія, який дає змогу отримати характеристику спонтанної електричної активності мозку [12]. Головна перевага полягає в неінвазивному методі дослідження стану головного мозку, який відображає будь-які зміни в роботі головного мозку із затримкою в мілісекунди. При настанні ослаблення та пильності, стомлення і сну, на електроенцефалограмі відображаються низькочастотні коливання з частотою 0,5 – 7.0 Гц. На сьогоднішній день існує велика кількість різноманітних розробок, в яких використовуються дані електроенцефалограми для визначення рівня стомленості людини, а також для сповіщення її про це. На рис 1.2 зображений приклад ЕЕГ, де А та t_i — відповідно амплітуда та час, за який мозок видає електричну активність.

Головними недоліками методу енцефалографії є відносно висока вартість пристроїв та складність аналізу отриманих даних.

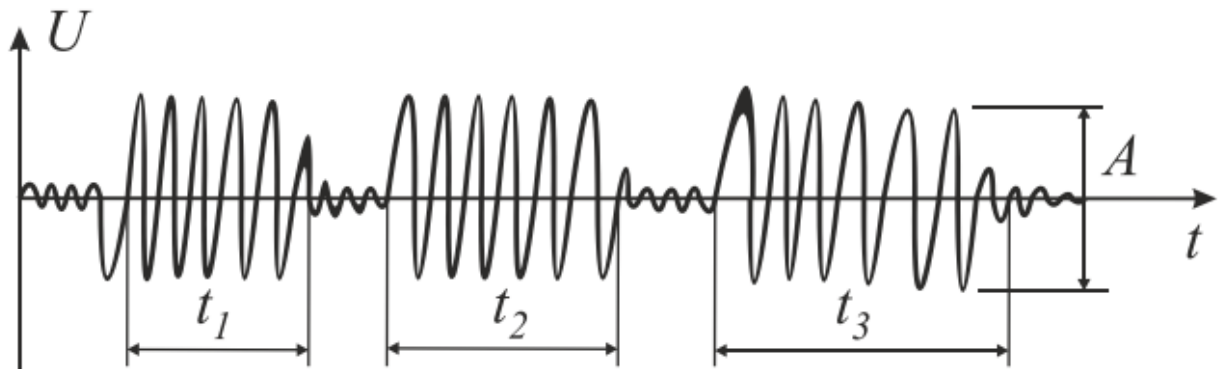


Рисунок 1.2 - Электроэнцефалограмма головного мозга

1.3.3 Визначення електродермальної активності

Розглянемо один із найбільш ефективних методів реєстрації виникнення емоційної напруженості у людини, який базується на вимірюванні електродермальної активності. Електродермальна активність – це означає електричну активність шкіри на пальцях чи долонях рук [13]. Ці частини тіла багаті на особливий тип потових залоз, які мають назву «Еккринні». Еккринні залози можна представити як набір змінних резисторів, що з'єднані паралельно між собою. В залежності від ступеня активності нервової системи на поверхню шкіри підіймається та чи інша кількість поту, що визначається кількістю активованих потових залоз. Чим вищий рівень поту, тим нижчий опір такого змінного резистора.

Основною перевагою методу вимірювання електродермальної активності є — точність визначення бадьорості людини. Недоліком даного методу є вплив на показники індивідуальних особливостей шкіри людини. На рис 1.3 наведена часова залежність опору шкірного покриву людини, де R_A — базовий опір, відносно якого реєструється імпульс ЕДА, dR_A — приріст опору за час наростання імпульсу електродермальної активності, t_1 — тривалість наростання імпульсу, t_2 — тривалість зменшення імпульсу, t_3 — тривалість імпульсу, T — період імпульсів. Припустимо, що має місце якийсь зовнішній фізіологічний подразник. В цей час у шкірі долонь людини виникає

електрична активність, яка на графіку відображається як різке зменшення опору, що з часом збільшується до базового значення. У людини, яка засинає, період імпульсів електродермальної активності збільшується. Таким чином, даний параметр можна використовувати для діагностування фізіологічного стану та активності людини.

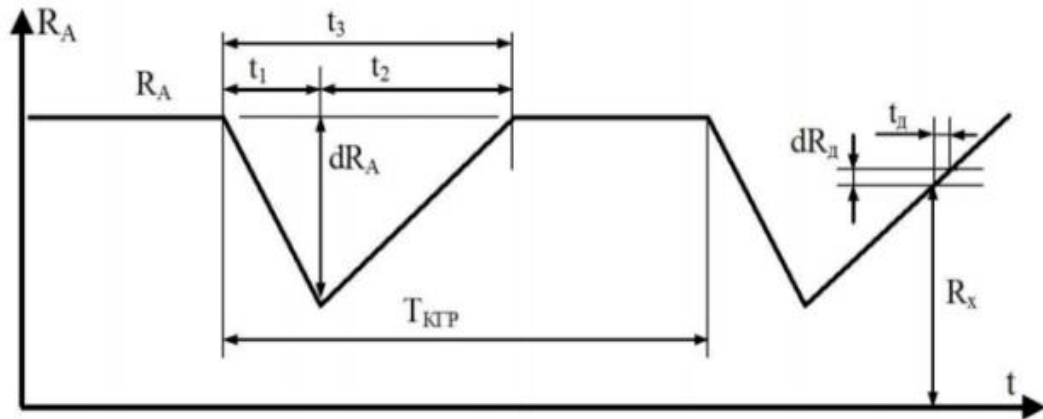


Рисунок 1.3 - Сигнал електродермальної активності

$R_A = 50...500$ кОм – базовий опір, відносно якого реєструється імпульс шкірно – гальванічної реакції

$dR_A = 2,5...50$ кОм – прирощення опору за час наростання імпульсу шкірно – гальванічної реакції

$dR_A/R_A = 5...10\%$ – амплітуда імпульсу шкірно – гальванічної реакції

$t_1 = 1...3$ с – тривалість наростання імпульсу шкірно – гальванічної реакції

$t_2 = 1...10$ с – тривалість убутання імпульсу шкірно – гальванічної реакції

$T_{КГР} = 20...60$ с – інтервал проходження імпульсів шкірно – гальванічної реакції

$R_x = 5$ кОм ... 1 МОм – поточне значення опору

Телемеханічний пристрій контролю пильності машиніста безперервно здійснює контроль та індикацію рівня неспанья машиніста за умовною шкалою, а також приводить у дію механізм екстреного гальмування при зниженні рівня неспанья нижче деякого критичного.

1.4 Телемеханічна система контролю пильності машиніста ТСКБМ

Телемеханічна система контролю бадьорості машиніста (ТСКБМ) виробляється Українською компанією НВП «Трансприлад». Встановлюється на усіх типах локомотивів та моторвагонного рухомого складу залізниць в різних країнах.

Система ТСКБМ призначена для забезпечення безпеки руху поїздів при роботі спільно з різноманітними системами безпеки руху. Система забезпечує безперервний контроль працездатності машиніста за параметрами електричного опору шкіри. Якщо за параметрами електричного опору шкіри стан машиніста визначається як не працездатний, ТСКБМ проводить перевірку працездатності шляхом розриву ланцюгів подачі напруги на електропневматичні клапан, або передає сигнал про необхідність провести перевірку. У разі непідтвердження працездатного стану відбувається автоматичне гальмування поїзда. Система ТСКБМ забезпечує попередню світлову сигналізацію індикатором жовтого кольору світлодіодної лінійки перед запитом на підтвердження працездатності, в решту часу індикатор погашений. Натискання на верхню рукоятку враховується як підтвердження працездатності, кількість натискань не обмежується [14].

Система складається з:

- Прилад ТСКБМ-Н (рис 1.4), носимо частина, представляє собою телеметричний датчик і розташовується на зап'ясті машиніста. Прилад ТСКБМ-Н призначений для отримання інформації про відносну зміну електричного опору шкіри і передачі її по радіоканалу в цифровому вигляді на приймач ТСКБМ-П;



Рисунок 1.4 - Прилад ТСКБМ-Н

- Прилад ТСКБМ-П (рис 1.5), приймач сигналів приладу ТСКБМ-Н, призначений для прийому та первинної обробки інформації, що передається по радіоканалу від ТСКБМ-Н і передачі її в контролер ТСКБМ-К, а також світлової сигналізації про перевірку працездатності машиніста;

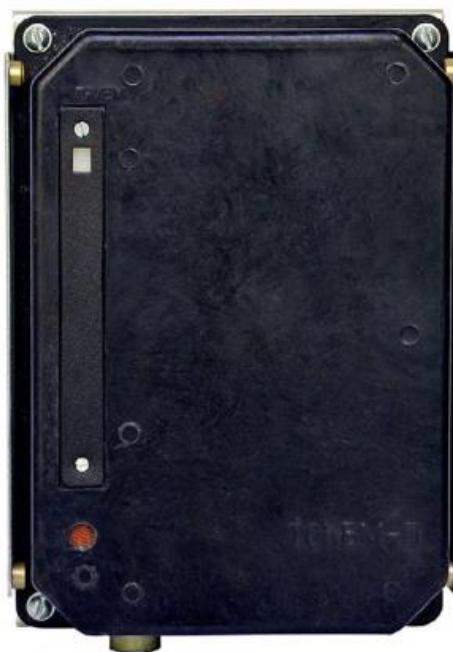


Рисунок 1.5 - Прилад ТСКБМ-П

- Блок ТСКБМ-И (рис 1.6), блок індикації, призначений для попередньої світлової сигналізації та сигналізації запиту на підтвердження працездатності машиніста;



Рисунок 1.6 - Блок ТСКБМ-И

- Блок ТСКБМ-К (рис 1.7), контролер системи, призначений для прийому та обробки інформації від приймача і рукоятки пильності, а також для управління ланцюгом подачі напруги на електропневматичні клапан або видачі сигналів для систем безпеки.



Рисунок 1.7 - Блок ТСКБМ-К

Функціональна схема системи ТСКБМ наведена на рис 1.8. Датчик системи розміщується на зап'ясті машиніста та містить дві металеві пластинки, що контактують із шкірою зап'ястя. Сигнал електродермальної активності підсилюється, оцифровується та через радіоканал передається до приймача ТСКБМ-П. Інформація з приймача потрапляє у контролер системи ТСКБМ-К, який аналізує період сигналу електродермальної активності та визначає рівень активності машиніста. У разі зниження такого рівня до критичного значення сигнал попередження передається у локомотивні системи безпеки АЛСН чи КЛУБ [8]. Приймач ТСКБМ-П також забезпечує відображення на світлодіодному індикаторі інформації про рівень стомленості машиніста. Безперечно, система ТСКБМ є достатньо простою і ефективною, але з розвитком технологій можна сміливо заявити, що вона застаріла. В першу чергу це стосується елементної бази, яка використовується в ТСКБМ. Також, на нашу думку, доцільним є комбінування методу електродермальної активності з іншими методами задля більш точного діагностування стану машиніста.

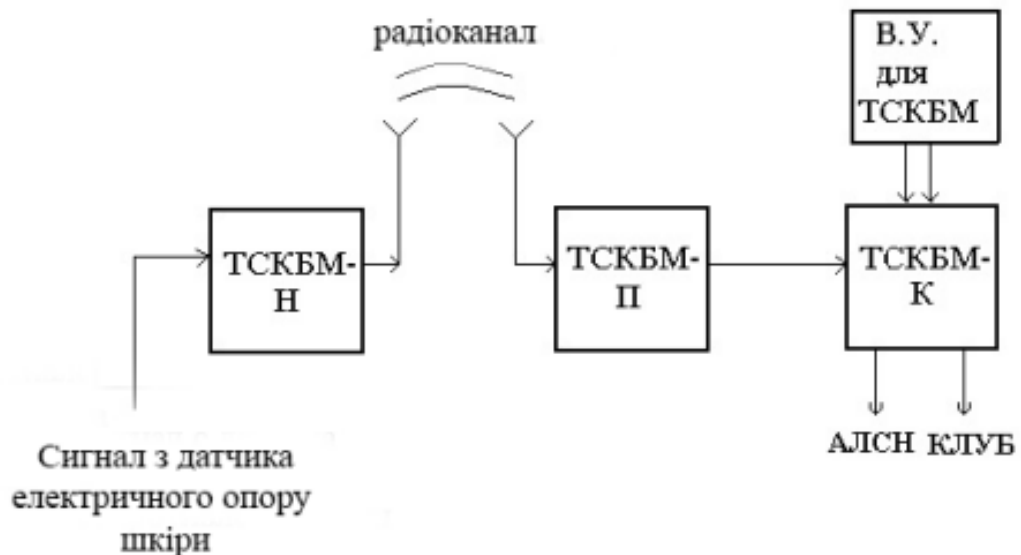


Рисунок 1.8 - Функціональна схема системи ТСКБМ

1.5 Висновки по розділу 1

Розглянувши існуючі методи контролю пильності водія ми можемо прийти до висновку, що метод енцефалографії дозволяє точно визначити рівень фізіологічної активності людини, проте, суттєвим недоліком є висока вартість пристроїв, складність в аналізі отриманих даних, а також неможливість отримання коректної енцефалограми при неправильному розташуванні датчиків.

Методи контролю фізіологічного стану людини за допомогою пульсометрії, а також за допомогою акселерометра є достатньо простими [10]. Проте, кожен з них сам по собі не може дати повних даних про рівень активності та працездатності людини.

Методи, які працюють на основі відеоспостереження мають перевагу від контактних в тому, що вони не заважають та не відволікають водія від процесу перевезення. Проте, суттєвим недоліком є те, що вони не дозволяють отримати достатньої інформації про функціональний стан людини.

Метод вимірювання електродермальної активності є достатньо ефективним. Враховуючи сучасний рівень розвитку інформаційних технологій, доцільним є комплексне застосування даного метода у поєднанні з іншими, наприклад з методами на базі відеоспостереження. Комплексний аналіз різних діагностичних параметрів дозволить об'єктивно визначити рівень фізіологічного стану та працездатності машиніста.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ТА ПИЛЬНОСТІ МАШИНІСТА

2.1 Структура та принцип дії системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста

В даній дипломній роботі була розроблена система автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста, структурна схема якої представлена на рис 2.1. Система включає в себе два типи засобів контролю: пристрій визначення електродермальної активності (ЕДА) та підсистему відеоспостереження. Пристрій контролю ЕДА складається з носимої та приймальної частин. Носима частина системи являє собою дистанційний датчик, який розташовується на зап'ясті машиніста. Носима частина призначена для отримання інформації про зміну електричного опору, підключеного до його електродів, і передачі її по радіоканалу через антени в цифровому вигляді на приймальну частину.

Приймальна частина включає в себе радіоприймач сигналів носимої частини, призначений для прийому та первинної обробки інформації, що передається по радіоканалу від носимої частини, і передачі її в контролер. До контролеру також підключається пристрій індикації, який призначений для візуального відображення рівня пильності машиніста на світлодіодному індикаторі.

Блок контролера, призначений для прийому та обробки інформації від приймача, після чого отриманий результат передається до пристрою локомотивної безпеки

Відеокамера встановлюється в кабіні локомотива та фіксує зображення машиніста. Блок обробки відео призначений для обробки та аналізу відео, яке отримує від відеокамери. Проводиться визначення рівня стану пильності машиніста і передача отриманих даних на блок пристроїв локомотивної

безпеки. Більш детально алгоритм визначення стану машиніста за допомогою засобів відеоспостереження описаний у пункті 2.4.

Пристрій локомотивної безпеки призначений для аналізу даних отриманих від контролера та блоку обробки відео. Відбувається зіставлення фактичних показників активності і пильності машиніста з нормою. Далі системою приймається рішення, щодо ступеня активності машиніста і в разі низького показника відбувається включення звукової та світлової сигналізації. Якщо машиніст після цього протягом 6...7 секунд не натисне рукоятку пильності (РП), відбувається знеструмлення електропневматичного клапану (ЕПК), виникає свист ЕПК. Якщо вже після цього протягом 6...7 секунд машиніст не натисне РП, відбувається автоматичне гальмування поїзда.



Рисунок 2.1 - Структурна схема системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста

При використанні даної системи виконуються тільки однократні перевірки пильності. Якщо система автоматичного контролю машиніста знаходиться в

робочому стані і рівень активності машиніста є нормальним, періодичні перевірки пильності за допомогою свистків ЕПК скасовуються.

При впровадженні запропонованої системи безпека руху поїздів підвищується за рахунок наступних факторів:

- Підвищується надійність роботи машиніста, який може контролювати свій рівень активності, не допускаючи його зниження до нижньої межі на індикаторі рівня неспання і може, за допомогою активних дій, підтримувати свою працездатність, не чекаючи знеструмлення електропневмоклапану.

- Контроль активності машиніста проводиться безперервно в процесі руху поїзда незалежно від поїзної ситуації та без відволікання машиніста вимогою періодично підтверджувати своє неспання, що особливо важливо в ситуаціях, що вимагають від машиніста підвищеної пильності для забезпечення безпеки руху.

2.2 Загальний алгоритм роботи системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста

Як і було зазначено вище, існує велика кількість підходів до визначення функціонального стану людини і в кожного свої переваги та недоліки.

Виходячи з думки про те, що пристрій, який контролюватиме пильність машиніста, має бути реалізований з урахуванням простоти виконання і достовірності отриманих результатів, пропонується застосувати комбінований тип аналізу функціонального стану машиніста за допомогою вимірювання електродермальної активності та відеофіксації.

Аналізуючи сигнал електродермальної активності (рис 1.3), можна побачити, що зменшення опору тіла відбувається періодично. Тривалість цього періоду залежить від фізіологічного стану людини. У випадку, коли період електродермальної активності T_{EDA} перевищує 60 секунд, можна вважати, що людина знаходиться у стані сну. Тому, взявши за діагностичну

ознаку T_{EDA_i} , який збільшується із наближенням до сонного стану, з'являється можливість відстежувати активність машиніста.

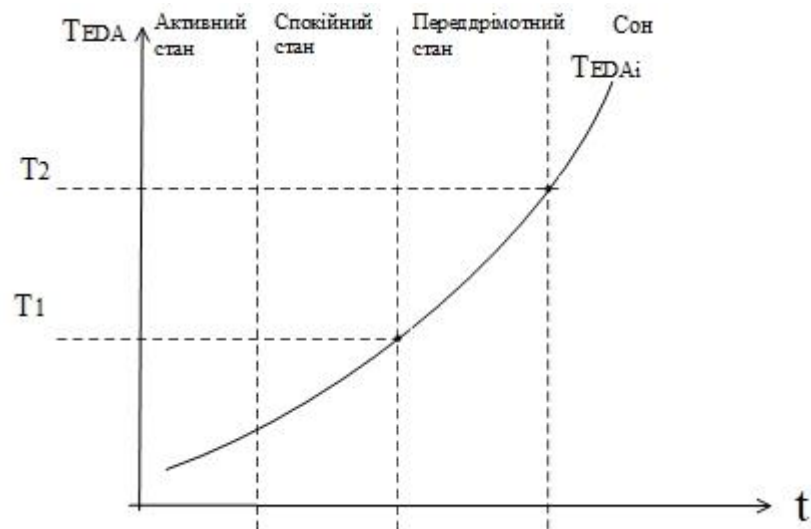


Рисунок 2.2 - Залежність періоду ЕДА від часу

При досягненні T_{EDA_i} порогових значень, їх можна розділити на декілька ділянок залежності: активного, спокійного та переддрімотного станів та стану сну (рис. 2.2). Ці ділянки визначаються умовно і між ними існує деяка перехідна область. Задля більш ефективного оцінки фізіологічного стану людини доцільно аналізувати лише ті значення, за яких можливі переддрімотний стан та стан сну.

Якщо вважати період електродермальної активності за більш достовірний показник при оцінюванні рівня стомленості машиніста, то саме з цього параметра слід почати вимірювання, після чого – відеофіксація (рис 2.3).

На початку роботи алгоритму значення допустимих операцій встановлюється на 0. У тому разі, якщо після вимірювання T_{EDA} одразу ж перевищить значення, за якого можливий перехід у стан сну – T_2 , необхідно сповістити про це машиніста за допомогою світлової сигналізації. Після цієї дії машиніст має натиснути рукоятку пильності РБ після затримки у 6 секунд. У разі її натиснення лічильник допустимих операцій збільшується на 1 та відбувається перевірка максимально допустимих спроб. Якщо значення не перевищує 3, то знову вимірюється T_{EDA} , в іншому випадку, є необхідність

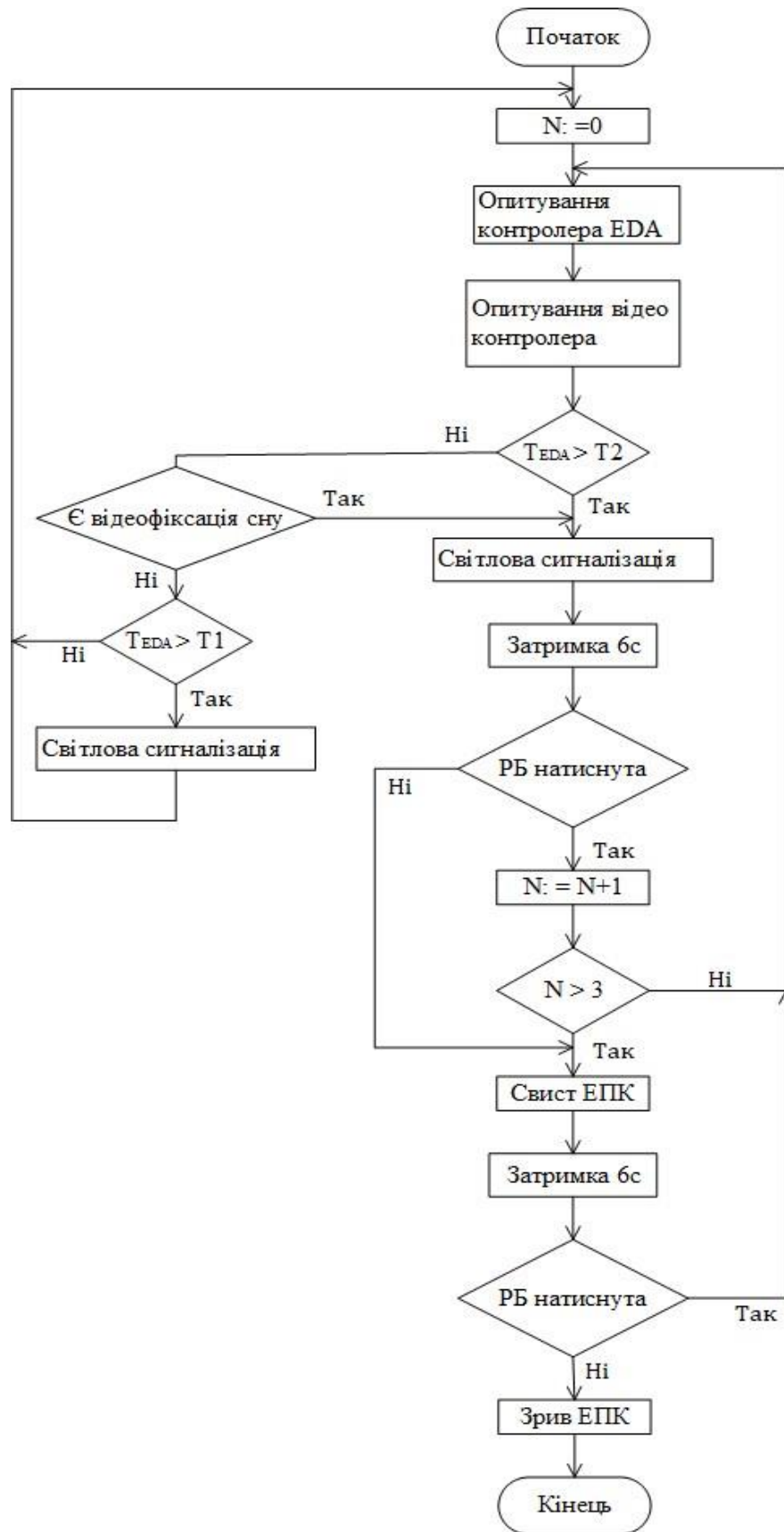


Рисунок 2.3 - Алгоритм роботи системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста

у застосуванні звукової сигналізації – свист ЕПК відбувається протягом 6 секунд і припиняється у разі натиснення рукоятки пильності. В іншому випадку – зрив ЕПК та екстрене гальмування поїзда.

Якщо T_{EDA} не перевищує значення T_2 відбувається перевірка відеофіксації сну. Якщо, відеофіксація сну підтверджується – в дію приходить алгоритм, описаний вище, в іншому випадку, відбувається порівняння T_{EDA} і значення, за якого можливий перехід у переддрімотний стан - T_1 . У випадку перевищення значення T_1 необхідно сповістити машиніста за допомогою світлової сигналізації. Та повторення алгоритму з самого початку. Якщо значення T_{EDA} не перевищує T_1 , також відбувається повторення з початку.

2.3 Алгоритм визначення рівня активності машиніста за сигналом електродермальної реакції

Для визначення рівня активності машиніста в запропонованій системі аналізується сигнал електродермальної активності ЕДА (див. рис. 1.3), який представляє собою зміну у часі опору шкіри. Блок-схема алгоритму наведена на рис. 2.4). За допомогою телеметричного датчика (браслета, що одягається на руку машиніста) через незначні рівні між собою проміжки часу (інтервали дискретизації) вимірюється опір шкіри в області зап'ястя.

Таким чином формується масив значень опору шкіри. Після чергового вимірювання здійснюється порівняння поточного значення опору та попередніх значень, аналізується характер зміни опору та відбувається пошук чергового імпульсу ЕДА. На початку алгоритму змінній n присвоюється значення нуль. Ця змінна в розробленому алгоритмі використовується для фіксації початку та закінчення періоду ЕДА. Після виявлення чергового імпульсу ЕДА значення n інкрементується, змінна n приймає значення одиниця (це ознака початку періоду ЕДА).

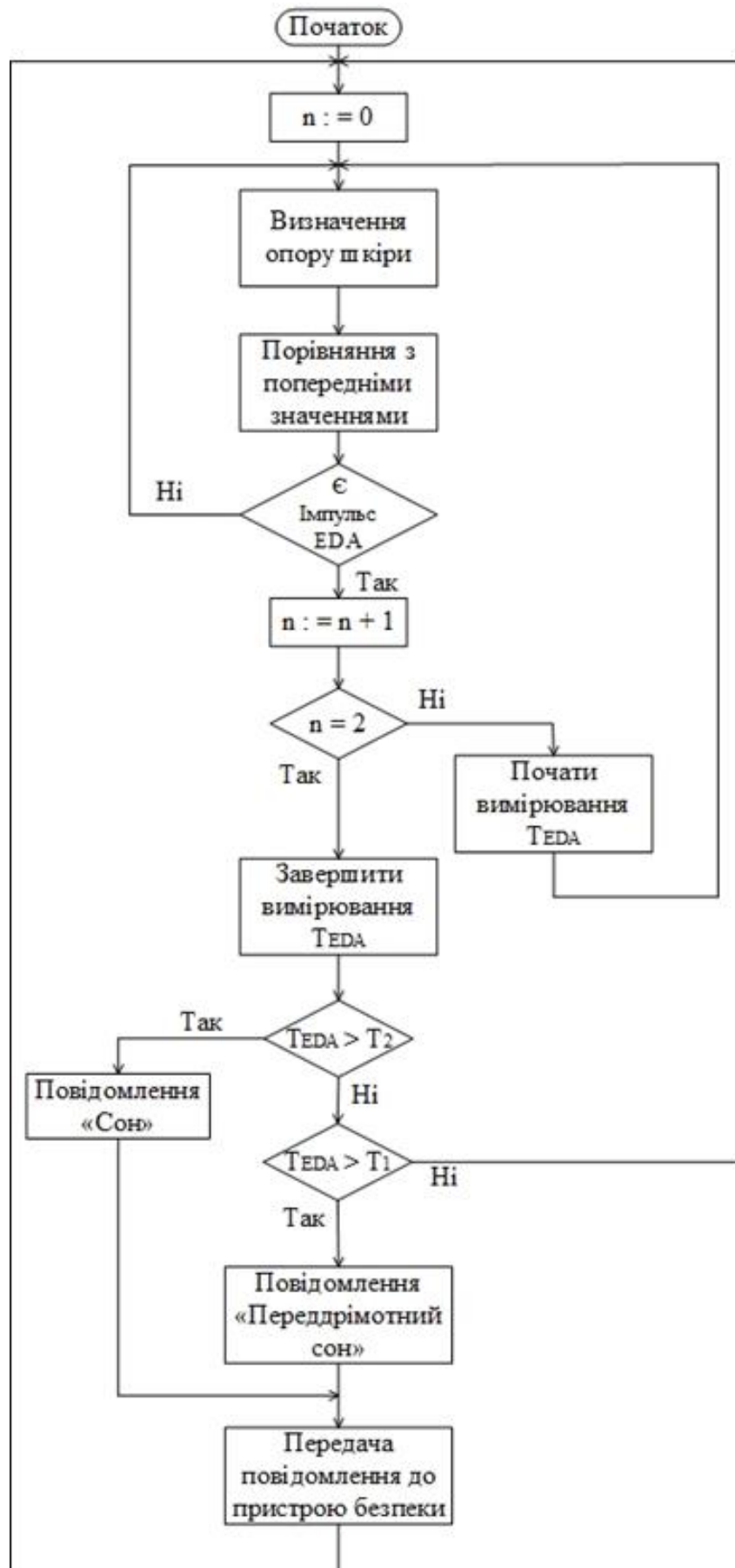


Рисунок 2.4 – Алгоритм визначення ЕДА

Також після виявлення імпульсу ЕДА включається таймер-лічильник, який використовується для вимірювання періоду електродермальної активності. Після виявлення наступного імпульсу ЕДА значення змінної n знову інкрементується, змінна n приймає значення два (це ознака того, що період ЕДА закінчився). Як тільки це відбулось, таймер-лічильник вимикається і зчитується значення періоду ЕДА. Далі отримане значення порівнюється з двома граничними рівнями $T1$ та $T2$ (див. рис. 2.2). Якщо період електродермальної активності більше, ніж граничне значення $T2$, це є ознакою засинання. Якщо ж період ЕДА більше ніж $T1$, але менше ніж $T2$, це є ознакою переддрімотного стану. В обох випадках формується відповідне повідомлення, яке передається до локомотивного пристрою безпеки.

2.4 Алгоритм визначення функціонального стану машиніста за допомогою відеоспостереження

В дані роботі пропонується здійснювати контроль стану машиніста за трьома візуальними показниками:

- 1) положенням тіла;
- 2) положенням голови;
- 3) часом, протягом якого очі машиніста закриті (якщо цей час більше ніж 60 секунд, вважається що машиніст засинає).

Для досягнення максимальної результативності визначення функціонального стану машиніста необхідно зібрати базу даних, з якою буде відбуватись порівняння стану активності. Тому, перед початком руху машиніст має знаходитись в середині кабіни для проведення збору даних.

Машиніст займає робоче місце і в дію вступає алгоритм формування еталонних зображень (рис 2.5). На початку відбувається здійснення фотографії, далі зображення зчитується та із зображення від фону відділяється обличчя людини, а потім застосовується так званий метод проекцій.



Рисунок 2.5 – Алгоритм формування еталонних зображень машиніста

У місці розташування очей, носа, рота спостерігається згущення точок, а на гістограмі – максимуми (рис 2.6).



Рисунок 2.6 – Приклад обчислення гістограм

На наступному етапі аналізуються максимуми гістограми яскравості та відбувається визначення положення голови та тіла, після чого даний процес повторюється до 100 разів. Після формування бази еталонних зображень відбувається визначення допустимих границь області визначення розташування голови і тіла (рис 2.7).



Рисунок 2.7 – Приклад ідентифікації положення голови та очей

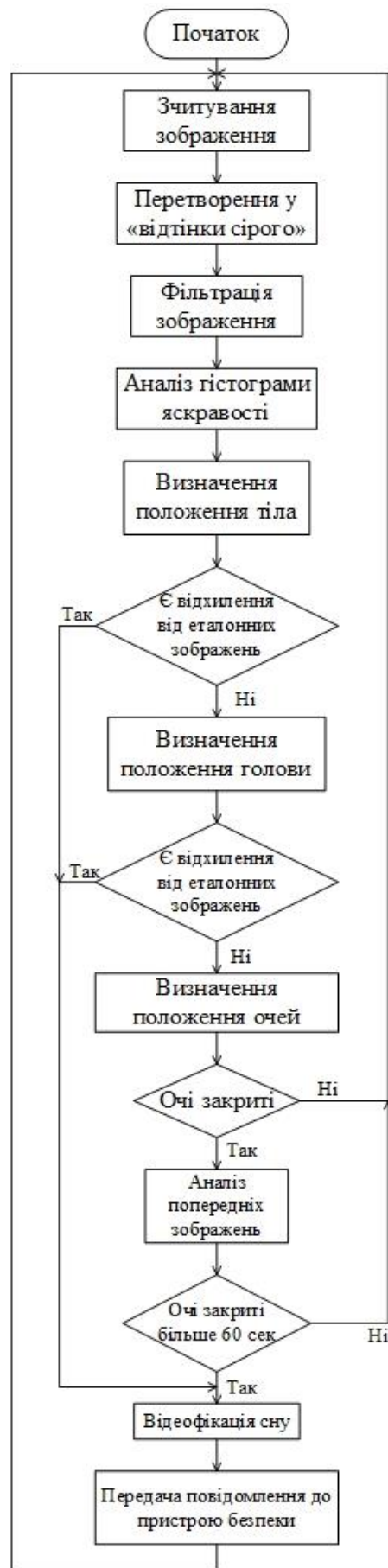


Рисунок 2.8 – Алгоритм обробки зображень машиніста

Після формування бази еталонних зображень система переходить до аналізу поточного стану машиніста. Алгоритм обробки зображень машиніста зображено на рис 2.8. Відеоконтролер отримує зображення, яке відеокамера робить кожні 15 секунд з початку руху рухомого складу. Зображення зчитується, перетворюється у відтінки сірого, після чого, зображення фільтрується. Фільтрація дозволяє прибрати шуми та покращити якість зображення. Далі відбувається аналіз гістограм яскравості, які утворилися і відбувається визначення положення тіла та очей. На наступному етапі відбувається порівняльний аналіз отриманого зображення з еталонним, якщо відхилень немає, то визначається положення голови, в іншому випадку відбувається відеофіксація сну і повідомлення передається до пристрою безпеки. Далі визначається положення голови і знову порівняння з еталонним зображенням, якщо змін немає – визначення положення очей. В іншому випадку, знову той самий процес, як і в попередньому блоці. Якщо очі не закриті, то аналіз зображення завершується і переходимо до наступного. На наступному етапі відбувається аналіз трьох попередніх зображень (60 секунд), якщо на всіх зображеннях очі закриті – підтверджується відеофіксація сну і відбувається передача повідомлення до пристрою безпеки.

2.5 Висновки за розділом 2

В даному розділі розроблена структура та алгоритми роботи системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста. Перевірка машиніста здійснюється технічними засобами двох типів: пристроєм контролю електродермальної активності та засобами відеоспостереження. Крім цього, залишаються традиційні засоби контролю за допомогою електропневматичного клапану та рукоятки пильності. Застосування запропонованою системи дозволить підвищити безпеку руху поїзда за рахунок об'єктивного контролю функціонального стану машиніста.

3 РОЗРОБКА НОСИМОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ МАШИНІСТА

3.1 Структура та принцип дії носимої частини

Носима частина системи контролю машиніста представляє собою телеметричний датчик, який призначений для отримання інформації про відносну зміну опору, підключеного до його електродів, перетворення цієї інформації в кодові посилки і передачу їх через радіоканал до підсистеми обробки сигналів. Структурно-функціональна схема носимої частини представлена на рис 3.1.



Рисунок 3.1 - Структурно-функціональна схема носимої частини
пристрою контролю машиніста

На електроди носимої частини пристрою подається напруга до 0.3 В і вимірюючи поточний струм між електродами, схема отримує інформацію про величину електричного опору шкіри машиніста. Вимірювання виконується послідовним аналого-цифровим перетворювачем (АЦП). Сигнал з датчика проходить через логарифмічний перетворювач. Прилад працює в двох режимах вимірювання опору і самотестування. Вимірювання проводяться

протягом 64 секунд, самотестування протягом 1 секунди. Цей процес періодично повторюється. Під час тестування моделюється зміна опору шляхом замикання електродів і обриву електродів.

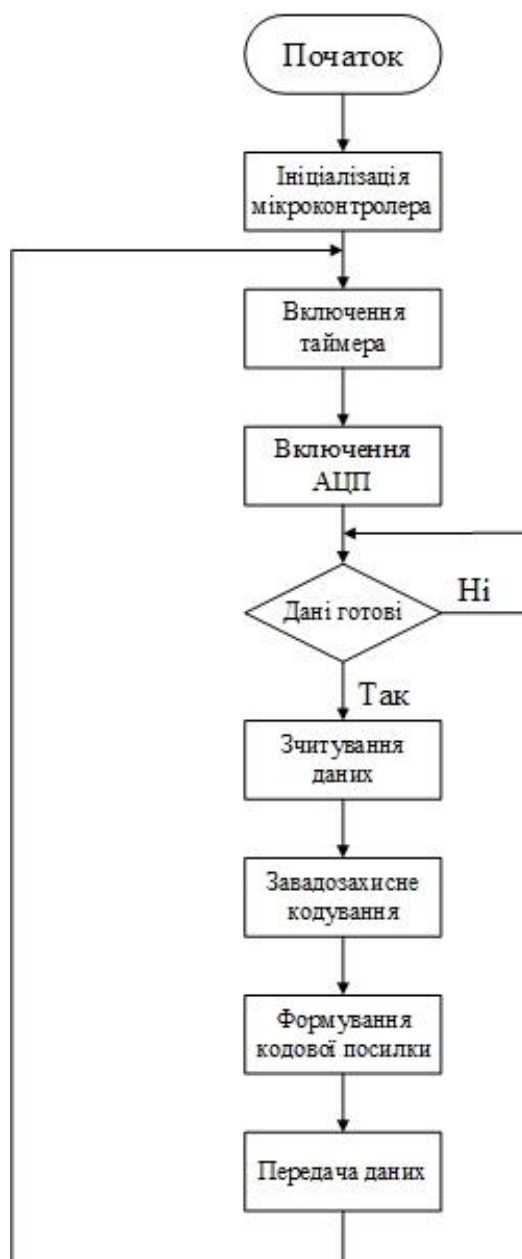


Рисунок 3.2 - Алгоритм роботи носимої частини

Для забезпечення завадостійкості двійкова комбінація, яка містить інформацію про опір шкіри, кодується циклічним кодом. До інформаційних елементів додаються контрольні (перевірочні) елементи. Отримана таким чином кодова посилка передається на радіопередавач, який формує високочастотний амплітудно-модульований сигнал. Даний сигнал за

допомогою антени перетворюється у амплітудно-модульовану радіохвилю, яка передається до приймальної частини системи контролю функціонального стану та пильності машиніста.

Блок-схема алгоритму роботи носимої частини пристрою контролю машиніста представлена на рис 3.2.

3.2 Розробка перетворювача опору в напругу

Перетворювач опору в напругу з двопровідною лінією зв'язку застосовуються в тих випадках, коли перетворенню підлягають великі опори або коли перетворюваний опір знаходиться в безпосередній близькості від перетворювача.

У перетворювача опору в напругу за схемою рис 3.3, стабілізатор струму містить операційний підсилювач, що працює в режимі повторювача напруги, стабілітрон VD1, що забезпечує опорну напругу U_0 , польовий транзистор VT1 і резистор R1. Напруга між входами операційного підсилювача можна наближено вважати рівним нулю, так що напруги на стабілітроні VD1 і резисторі R1 однакові і протилежно спрямовані. Це означає, що стабілізуючий струм дорівнює $U_0/R1$. Сумарний струм через стабілітрон VD1 і резистор R1 задається джерелом струму, побудованим на транзисторі VT1, у якого затвор з'єднаний з витоком. Вихідна напруга, рівна $U_0R2/R1$, знімається з виходу операційного підсилювача, завдяки чому забезпечується низький вихідний опір перетворювача опору в напругу. Зміна меж вимірювання здійснюється за допомогою опору R1.

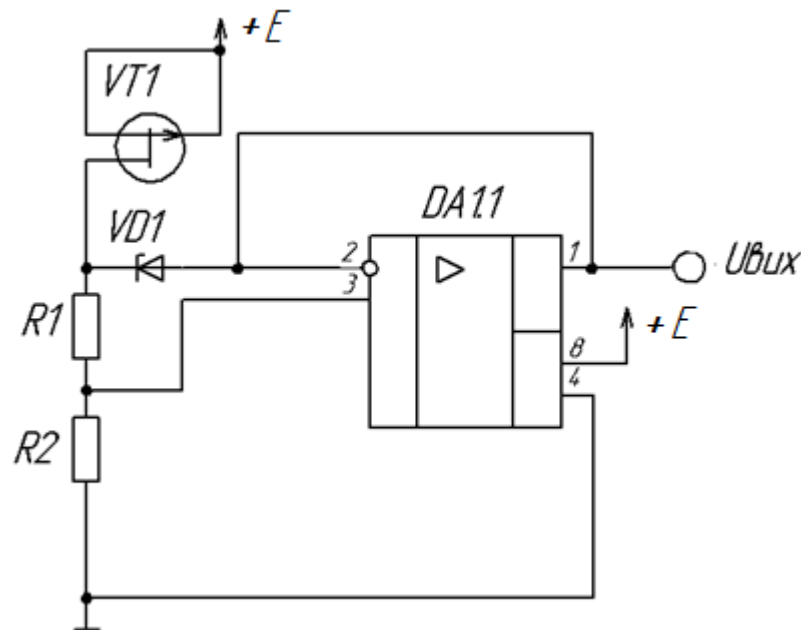


Рисунок 3.3 - Схема перетворювача опору в напругу

Розрахунок та вибір радіокомпонентів перетворювача опору в напругу

1. Вибираємо напругу живлення перетворювача опору в напругу, яка буде дорівнювати 3,5 В ($U_{ж} = 3,5$ В);
2. Вибираємо поточне значення опору резистора R2, який приймаємо від 5 кОм до 1 МОм;
3. Вибираємо тип операційного підсилювача;

Операційний підсилювач повинен мати мінімальний вхідний струм і максимальний вхідний опір. Операційний підсилювач типу LM358 задовольняє дані умови:

- Максимальна вихідна напруга – $U_{вих\ max\ ОП} = 12,5$ В;
- Великий коефіцієнт підсилення постійної напруги – 100 дБ;
- Широка смуга пропускання – 1 МГц;
- Дуже низький струм споживання в робочому режимі практично не залежить від напруги живлення;
- Низький вхідний струм зміщення – 20 нА;
- Низька напруга зсуву – 2 мВ;
- Низький вхідний струм зміщення – 2 нА;

- Вхідний діапазон синфазної напруги включає в себе значення негативного живлення;

Великий вихідний розмах напруги – $0 \div (V_{CC} \pm 1,5 \text{ В})$;

4. Вибираємо еталоне значення струму I_0 ;

$$I_0 * R_{2\max} \leq U_{\text{вих max ОП}} \quad (3.1)$$

$$I_0 \leq \frac{U_{\text{вих max ОП}}}{R_{2\max}} \quad (3.2)$$

$$I_0 = \frac{3,5}{1 * 10^6} = 3,5 * 10^{-6} \text{ А}$$

5. Вибираємо напівпровідниковий стабілітрон КС113А;

Технічні параметри КС113А:

- Потужність розсіювання – 0,18 Вт;
- Напруга стабілізації – $U_{\text{ст}} = 1,3 \text{ В}$;
- Статичний опір – $R_{\text{ст}} = 12 \text{ Ом}$;
- Струм стабілізації – $I_{\text{ст}} = 1 - 100 \text{ мА}$;
- Робоча температура – $T = - 60 \div 125 \text{ C}^0$;

$$U_{\text{ст.}} < U_{\text{вих max ОП}} \quad (3.3)$$

$$1,3 \text{ В} < 3,5 \text{ В}$$

6. Визначаємо опір резистора R1;

$$R1 * I_0 = U_{\text{ст}} \quad (3.4)$$

$$R1 = \frac{U_{\text{ст}}}{I_0} \quad (3.5)$$

$$R1 = \frac{1,3}{3,5 * 10^{-6}} = 371 * 10^3 \text{ Ом}$$

Вибираємо стандартний тип резистора R1 за шкалою номінальних опорів резисторів. Опір резистора $R1 = 390 * 10^3 \text{ Ом}$

7. Вибираємо тип польового транзистора;

Польовий транзистор повинен бути з управляючим р – n переходом і р – каналом. $I_{\text{ст}} = 5 \text{ мА}$

$$I_{\text{С max}} > I_0 + I_{\text{ст}} = 3,5 * 10^{-6} + 5 * 10^{-3} = 5,0035 * 10^{-6} \text{ А}$$

$$U_{\text{СИ max}} > U_{\text{ж}} = 3,5 \text{ В}$$

Польовий транзистор типу 2N5460, задовольняє дані параметри:

- Максимальна потужність розсіювання – 0,35 Вт;
- Гранично допустима напруга стік-витік – $U_{СИ\ max} = 40\ В$;
- Гранично допустима напруга затвор-витік – $U_{ЗИ\ max} = 4\ В$;
- Максимальний постійний струм стоку – $I_{C\ max} = 10\ мА$;
- Максимальна температура каналу – $150\ С^0$.

3.3 Розробка логарифмічного перетворювача

Для отримання більшого діапазону вхідної напруги можна використовувати в якості логарифмічного елемента в колі зворотного зв'язку транзистор, включений за схемою із загальною базою, як показано на рис 3.4. Враховуючи, що $I_K = -I_{R4}$ отримаємо $U_{вих} = U_{6e}(kT/q)[\ln(U_1/R4) - \ln I_{e0}]$.

Вихідна напруга схеми, наведеної на рис 3.4, буде негативною при позитивній вхідній напрузі. При використанні р-п-р транзистора можна отримати позитивну вихідну напругу при негативній вхідній.

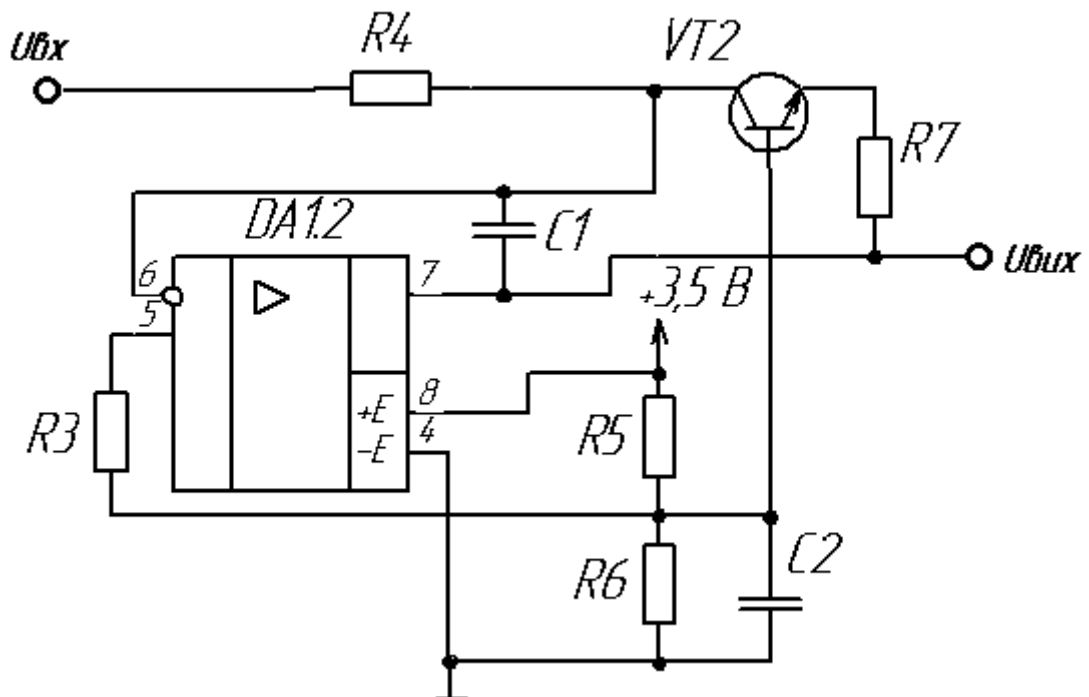


Рисунок 3.4 - Логарифмічний підсилювач з транзистором в якості нелінійного елемента

Дана схема не містить пристроїв температурної компенсації або корекції для усунення впливу $\ln I_0$. Для точної роботи пристрою в широкому діапазоні зміни температур необхідна температурна компенсація, що призводить до ускладнення схеми. Зазвичай для отримання широкого робочого діапазону логарифмічного підсилювача необхідно застосування операційного підсилювача, що володіє малими значеннями напруги зсуву та струму зміщення.

Опір R_3 , приєднаний до неінвертуючого входу, сприяє компенсації струму зміщення. Опір R_7 забезпечує досить великий опір навантаження операційного підсилювача в тих випадках, коли величина диференціального опору емітера по змінному струмі виявляється занадто малим. R_7 вибирається так, щоб забезпечити і необхідний струм навантаження, і максимальний емітерний струм. Для підвищення стійкості схеми підключають, конденсатор C_1 .

Розрахунок та вибір радіокомпонентів логарифмічного перетворювача

1. Вибираємо тип транзистора, необхідно щоб виконувалися наступні умови:

$$U_{KE \text{ доп}} > E \quad (3.6)$$

$$20 \text{ В} > 3,5 \text{ В}$$

Біполярний транзистор типу КТ3102Е задовольняє дані умови:

- Максимальна потужність розсіювання – $P_{K \text{ макс.}} = 250 \text{ мВт}$
- Гранична частота коефіцієнта передачі струму – $f_{\text{max}} = 300 \text{ МГц}$
- Статичний коефіцієнт передачі струму $h_{21e} = 400$
- Максимально допустимий струм колектора – $I_{K \text{ макс.}} = 100 \text{ мА}$
- Максимально допустима напруга КБ – $U_{KB \text{ макс.}} = 20 \text{ В}$
- Максимально допустима напруга ЕБ – $U_{EB \text{ макс.}} = 5 \text{ В}$
- Ємність колекторного переходу – $C_K = 6 * 10^{-12} \text{ Ф}$

2. Розраховуємо опір резистора R_3 і R_4 , враховуючи що струм емітера

$$I_E = 0,1 * 10^{-3} \text{ А} \text{ і } U_{\text{вих макс}} = 3,5 \text{ В}$$

$$R3 = R4 = \frac{U_{\text{вих ма}}}{I_E} \quad (3.7)$$

$$R3 = R4 = \frac{3,5}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 35 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Вибираємо стандартний тип резисторів R3 і R4 за шкалою номінальних опорів резисторів. Опір резистора $R3 = R4 = 36 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

Опір резисторів R5 і R6 приймаємо рівну $R5 = R6 = 10 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

3. Розраховуємо опір резистора R7

$$R7 = \frac{U_{\text{вих ОП}}}{(I_{E \text{ max}} + I_H)} \quad (3.8)$$

$U_{\text{вих ОП}}$ – вихідна напруга операційного підсилювача дорівнює 3,5 В

I_H – струм навантаження рівний 0 А

$I_{E \text{ max}}$ – максимальний струм емітера дорівнює $1 \cdot 10^{-3}$ А

$$R7 = \frac{3,5}{(1 \cdot 10^{-3} + 0)} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Вибираємо стандартний тип резисторів R7 за шкалою номінальних опорів резисторів. Опір резистора $R7 = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

Ємність конденсатора C1 приймаємо рівну $100 \cdot 10^{-12}$ Ф, а C2 приймаємо рівну $10 \cdot 10^{-6}$ Ф

3.4 Мікроконтролер PIC12C671

В схемі носимої частини мікроконтролер PIC12C671 виконує роль АЦП і формувача кодових посилок, тобто він отримує аналогову інформацію перетворює в цифрову інформацію, потім формує її в кодову послідовність і відправляє в передавач радіоканалу.

PIC12C671 має низьку вартість, високу продуктивність, CMOS, повністю статична, 8-розрядні мікроконтролери з інтегрованим АЦП і пам'яттю EEPROM даних. Всі мікроконтролери PICmicro використовують розширену RISC архітектуру. Мікроконтролери PIC12C671 підвищили основні функції, глибокий стек восьми рівнів, кілька внутрішніх і зовнішніх джерел переривань. Окрема шина команд і даних Гарвардська архітектура дозволяють

14-бітних інструкцій слово з 8 – бітною адресацією даних. Всі команди виконуються за один такт (400 нс), крім команд переходу, виконуваних за два такти. Крім того, великий набір регістрів дає деякі з архітектурних інновацій які використовуються для досягнення дуже високі характеристики. PIC12C671 має 128 байт оперативної пам'яті, 16 байт пам'яті EEPROM даних, 5 двонаправлених портів введення / виводу і 1 однонаправлений порт введення. Восьмирівневий апаратний стек. Швидкість роботи: тактова частота до 10 МГц; мінімальна тривалість такту 400 нс. Крім того має 8 – розрядний таймер / лічильник реального часу з (TMR0) з 8 – розрядним попереднім дільником. 4 – каналний, високошвидкісний 8-бітний АЦП. Переривання по зміні стану виводів (GP0, GP1, GP3).

Особливості мікроконтролерів:

- Внутрішній генератор 4 МГц з програмною калібруванням;
- Налаштування тактової частоти;
- Скидання при включенні живлення (POR);
- Таймер включення (PWRT) і таймер запуску генератора (OSC);
- Сторожовий таймер (WDT) з власним вбудованим RC-генератором для підвищення надійності роботи;
- Програмований захист коду;
- Режим економії енергії (SLEEP);
- Внутрішні резистори до шини живлення на лініях вводу / виводу (GPO, GP1, GP3);
- Внутрішній резистор на лінії MCLR;
- Можливі режими тактового генератора: INTRC: прецензійного внутрішнього генератору 4 МГц; EXTRC: зовнішній недорогий RC-генератор; XT: стандартний генератор на кварцовому резонаторі; HS: високочастотний генератор на кварцовому резонаторі; LP: економічний, низькочастотний генератор на кварцовому резонаторі.
- Широкий діапазон робочих напруги живлення від 2,5 до 5,5 В;

- Низьке споживання енергії: менше 2 мА при 5В, 4МГц; менше 15 мкА при 3 В, 32 МГц; менше 1мкА в режимі STANDBY.

3.5 Розробка радіопередавача для носимої частини

Для передачі радіосигналу від носимої до приймальної частини системи контролю машиніста був розроблений радіопередавач, принципова електрична схема якого представлена на рис 3.5. Радіопередавач працює на частоті 432 МГц, яка входить до дозволеного радіодіапазону.

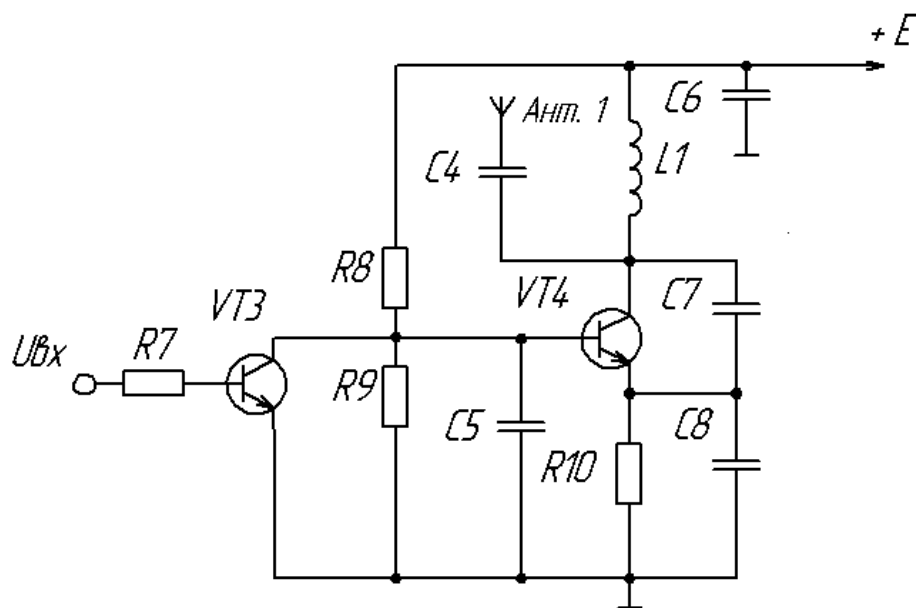


Рисунок 3.5 - Принципова електрична схема радіопередавача

Транзистор VT3 виконує функцію електронного ключа, тобто коли на базу транзистора VT3 з мікроконтролера податимуть логічний 0 починається передача інформації в радіоканал, якщо логічна 1 передача інформації не відбувається. Радіопередавач містить підсилювальний каскад на біполярному транзисторі VT4, який ввімкнений за схемою з спільною базою, навантаженою цього каскаду є коливальний контур, який складається з конденсаторів C8, C9 і котушки L1. Напряга зворотного зв'язку знімається з конденсатора C9. Фазова умова самозбудження в схемі задовольняється, оскільки миттєві значення напруги на конденсаторах C8, C9 протифазні. Умови балансу амплітуд виконуються

вибором величини ємності конденсатора С8, при збільшенні зворотного зв'язку зменшується С9. Вихідний сигнал знімається з конденсатора С8. При дуже великому позитивному зворотному β умова балансу амплітуд $K_U \beta \geq 1$. За допомогою дільника напруги на резисторах R10, R11 забезпечується вибір режиму роботи транзистора VT4, а за допомогою резистора R12 забезпечується температурна стабілізація режиму транзистора VT4. Конденсатори С6 і С7 шунтують по змінному струму. Конденсатор С5 є розділовим і пропускає тільки зміну складову колекторної напруги на вихід.

Розрахунок та вибір радіокомпонентів радіопередавача

1. Вибираємо тип транзистора VT4. При заданому значенні $P_{\text{вих}} = 50$ мВт потужність P_K , яку повинен віддати транзистор в контур, становить

$$P_K = P_{\text{вих}} * \eta_K \quad (3.9)$$

η_K – коефіцієнт корисної дії контуру, він повинен бути в межах 0,5 - 0,8.

$$P_K = 50 * 10^{-3} * 0,8 = 63 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

Вибираємо тип транзистора, необхідно щоб виконувалися наступні умови

$$P_{K \text{ макс.}} > P_K \quad (3.10)$$

$$100 * 10^{-3} \text{ Вт} > 63 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$f_{\text{max}} \geq f_p \quad (3.11)$$

$$1500 * 10^6 \text{ Гц} \geq 432 * 10^6 \text{ Гц}$$

Біполярний транзистор типу 1Т313В задовольняє дані умови:

- Максимальна потужність розсіювання – $P_{K \text{ макс.}} = 100$ мВт
- Гранична частота коефіцієнта передачі струму – $f_{\text{max}} = 1500$ МГц
- Статичний коефіцієнт передачі струму $h_{21e} = 40 \dots 230$
- Максимально допустимий струм колектору – $I_{K \text{ макс.}} = 50$ мА

2. Розраховуємо енергетичний режим роботи генератора. Вибираємо імпульс колекторного струму синусоїдальної форми. Вважаючи, що в критичному режимі кут відсічення струму колектору $\theta = 90^\circ$, за графіками коефіцієнтів розкладання імпульсів струму $\alpha_0 = 0,318$, $\alpha_1 = 0,5$.

Знаходимо усередний час руху носіїв струму між р – n переходом транзистора

$$\tau = \frac{1}{2\pi * f_{\max}} \quad (3.12)$$

$$\tau = \frac{1}{2 * 3,14 * 1500 * 10^6} = 10,61 * 10^{-9} \text{ с}$$

Обчислюємо кут пробігу носіїв струму

$$\varphi_{\text{пр}} = 2\pi * f_p * \tau \quad (3.13)$$

$$\varphi_{\text{пр}} = 2 * 3,14 * 432 * 10^6 * 10,61 * 10^{-9} = 0,288 = 16,5^\circ$$

Знаходимо кут відсічення струму емітера

$$\theta_e = \theta - \varphi_{\text{пр}} \quad (3.14)$$

$$\theta_e = 90^\circ - 16,5^\circ = 73,5^\circ$$

За графіками визначити коефіцієнти розкладання імпульсу емітерного струму $\alpha_{1E} = 0,46$, $\alpha_{0E} = 0,25$

Визначаємо коефіцієнт використання колекторної напруги

$$\xi = 1 - \frac{2 * P_K}{E_K^2 * S_{\text{кр}} * \alpha_1} \quad (3.15)$$

де $S_{\text{кр}}$ – крутизна лінії критичного режиму обраного транзистора (при відсутності даного параметра довіднику $S_{\text{кр}}$ визначають графічно у сімействі вихідних характеристик транзистора. $E_K = 3,5 \text{ В}$ – постійна напруга на колекторі транзистора.

$$S_{\text{кр}} = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KE}} \quad (3.16)$$

ΔI_K – різниця колекторних струмів, які визначаються з вихідних характеристик транзистора, для транзистора 1Т313В $\Delta I_K = 15,2 \text{ мА}$

ΔU_{KE} – різниця напруги колектор - емітер, яка визначаються з вихідних характеристик транзистора, для транзистора 1Т313В $\Delta U_{KE} = 0,3 \text{ В}$

$$S_{\text{кр}} = \frac{15,6 * 10^{-3}}{0,3} = 0,051 \text{ мА/В} \quad (3.17)$$

$$\xi = 1 - \frac{2 * 63 * 10^{-3}}{3,5^2 * 0,051 * 0,5} = 0,6$$

Визначаємо основні електричні параметри режиму:

Амплітуда змінної напруги на контурі

$$U_{mк} = \xi * |E_K| \quad (3.18)$$

$$U_{mк} = 0,6 * 3,5 = 2,099 \text{ В}$$

Амплітуда першої гармоніки колекторного струму

$$I_{K1m} = \frac{2 * P_K}{U_{mк}} \quad (3.19)$$

$$I_{K1m} = \frac{2 * 63 * 10^{-3}}{2,099} = 60 * 10^{-3} \text{ А}$$

Постійна складова колекторного струму

$$I_{K \text{ пост}} = \frac{\alpha_0 * I_{K1m}}{\alpha_1} \quad (3.20)$$

$$I_{K \text{ пост}} = \frac{0,318 * 60 * 10^{-3}}{0,5} = 38 * 10^{-3} \text{ А}$$

Максимальне значення імпульсу струму колектору

$$I_{K.i \text{ max}} = \frac{I_{K1m}}{\alpha_1} \quad (3.21)$$

$$I_{K.i \text{ max}} = \frac{60 * 10^{-3}}{0,5} = 119 * 10^{-3} \text{ А}$$

Потужність, що витрачається джерелом струму в ланцюзі колектору

$$P_0 = I_{K \text{ пост}} * |E_K| \quad (3.22)$$

$$P_0 = 38 * 10^{-3} * 3,5 = 133 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

Потужність, що розсіюється на колекторі

$$P_{K \text{ рас}} = P_0 - P_K \quad (3.23)$$

$$P_{K \text{ рас}} = 133 * 10^{-3} - 63 * 10^{-3} = 70 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$P_{K \text{ рас}} < P_{K \text{ макс.}} \quad (3.24)$$

$$70 * 10^{-3} \text{ Вт} < 100 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

Коефіцієнт корисної дії в ланцюзі колектору

$$\eta = \frac{P_K}{P_0} \quad (3.25)$$

$$\eta = \frac{63 * 10^{-3}}{133 * 10^{-3}} = 0,472$$

Еквівалентний резонансний опір контуру в ланцюзі колектору

$$R_{\text{рез}} = \frac{U_{mк}}{I_{K1m}} \quad (3.26)$$

$$R_{\text{рез}} = \frac{2,099}{60 * 10^{-3}} = 35,26 \text{ Ом}$$

Знаходимо коефіцієнт передачі струму транзистора в схемі з ОБ на робочій частоті

$$h_{21Б(f_p)} = \frac{h_{21Б}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_p}{f_{h_{21Б}}}\right)^2}} \quad (3.27)$$

де $h_{21Б}$ - коефіцієнт передачі струму на низькій частоті

$f_{h_{21Б}}$ – гранична частота коефіцієнта передачі струму біполярного транзистора береться в довідку даного транзистору $f_{h_{21Б}} = 1500$ МГц

Для визначення параметра $h_{21Б}$ (значення якого не завжди наводиться в довідниках) може бути використана формула

$$h_{21Б} = \frac{h_{21Е}}{(1+h_{21Е})} \quad (3.28)$$

$h_{21Е}$ – коефіцієнт передачі струму $h_{21Е} = 185$

$$h_{21Б} = \frac{185}{1+185} = 0,995$$

$$h_{21Б(f_p)} = \frac{0,995}{\sqrt{1 + \left(\frac{432 \cdot 10^6}{1500 \cdot 10^6}\right)^2}} = 0,956$$

Визначаємо амплітуду першої гармоніки струму емітера

$$I_{Е1m} = \frac{I_{К1m}}{h_{21Б(f_p)}} \quad (3.29)$$

$$I_{Е1m} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{0,956} = 62 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Знаходити амплітуду імпульсу струму емітера

$$I_{Е.i \max} = \frac{I_{Е1m}}{\alpha_{1Е}} \quad (3.30)$$

$$I_{Е.i \max} = \frac{62 \cdot 10^{-3}}{0,46} = 135 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Розраховуємо амплітудне значення напруги збудження на базі транзистора, необхідне для забезпечення імпульсу струму емітера

$I_{Е.i \max}$ без урахування впливу частоти

$$U_{БEm} = \frac{I_{Е.i \max}}{(1 - \cos \theta_e) \cdot S_0} \quad (3.31)$$

де S_0 - крутизна характеристики струму колектора. У тих випадках, коли значення S_0 не наводиться в довіднику, його можна знайти графічно за характеристиками транзистора $I_K = f(U_{BE})$, та користуючись формулою:

$$S_0 = \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{BE}} \text{ при } U_{KE} = \text{const} \quad (3.32)$$

ΔI_K – різниця колекторних струмів, які визначаються з вихідних характеристик транзистора, для транзистора 1Т313В $\Delta I_K = 6,8 \text{ мА}$

ΔU_{BE} – різниця напруг база - емітер, яка визначаються з вхідних характеристик транзистора, для транзистора 1Т313В $\Delta U_{BE} = 0,04 \text{ В}$

$$S_0 = \frac{6,8 \cdot 10^{-3}}{0,04} = 0,17 \text{ А/В}$$

$$U_{BE\text{ем}} = \frac{135 \cdot 10^{-3}}{(1 - \cos 73,5^\circ) \cdot 0,17} = 0,602 \text{ В}$$

Визначаємо напругу зміщення на базі, що забезпечує кут відсічення струму емітера

$$U_{BE\text{ см}} = E_C + U_{BE\text{ем}} \cdot \cos \theta_e \quad (3.33)$$

E_C – напруга зрізу і вона дорівнює $0,2 \text{ В}$

$$U_{BE\text{ см}} = 0,2 + 0,602 \cdot \cos 73,5^\circ = 371 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

Знаходимо коефіцієнт зворотного зв'язку

$$K_{CB} = \frac{U_{BE\text{ем}}}{U_{мк}} \quad (3.34)$$

$$K_{CB} = \frac{0,602}{2,099} = 0,287$$

Для виконання умови балансу амплітуд необхідно виконати умову

$$K_{CB} \geq K_{CB\text{ min}} = \frac{1}{S_0 \cdot R_{рез}} \quad (3.35)$$

$$0,287 \geq \frac{1}{0,17 \cdot 35,26} = 0,167$$

Розраховуємо опір резисторів R_{10} і R_{11} . Для цього задаємося струмом дільника, що проходить через ці резистори

$$I_D = 5 \cdot I_{B\text{ пост}} \quad (3.36)$$

$I_{B\text{ пост}}$ – постійна складова струму бази обраного транзистора.

$$I_{B\text{ пост}} = \frac{I_{K\text{ пост}}}{h_{21E}} \quad (3.37)$$

$$I_{B\text{ пост}} = \frac{38 \cdot 10^{-3}}{225} = 0,168 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I_D = 5 \cdot 0,168 \cdot 10^{-3} = 0,841 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Знаючи струм дільника знаходимо опір резистора R_9

$$R11 = \frac{U_{BE_{CM}}}{I_D} \quad (3.38)$$

$$R11 = \frac{371 \cdot 10^{-3}}{0,841 \cdot 10^{-3}} = 441 \text{ Ом}$$

Оскільки струм діляника набагато перевищує струм бази транзистора, останній не змінить істотно струм, що протікає через резистор R10 тому

$$R10 = \frac{(E_K - U_{BE_{CM}})}{I_D} \quad (3.39)$$

$$R10 = \frac{(3,5 - 371 \cdot 10^{-3})}{0,841 \cdot 10^{-3}} = 3,72 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Розраховуємо опір резистора термостабілізації R12

$$R12 = \frac{U_E}{I_{E_{\text{пост}}}} \quad (3.40)$$

U_E – падіння напруги на резисторі емітерної стабілізації вибирається в межах 0,7 – 1,5 В;

$I_{E_{\text{пост}}}$ – постійний струм емітера $I_{E_{\text{пост}}} \approx I_{K_{\text{пост}}} = 38 \cdot 10^{-3} \text{ А}$;

$$R12 = \frac{1,2}{38 \cdot 10^{-3}} = 31,69 \text{ Ом}$$

Вибираємо стандартний тип резисторів R10 – R12 за шкалою номінальних опорів резисторів. Опір резистора R10 = $3,9 \cdot 10^3 \text{ Ом}$, R11 = 470 Ом і R12 = 33 Ом

Розраховуємо ємність розділових конденсаторів C5 і C6

$$R_{\text{дел}} = \frac{R11 \cdot R12}{R11 + R12} \quad (3.41)$$

$$R_{\text{дел}} = \frac{470 \cdot 33}{470 + 33} = 30,8 \text{ Ом}$$

$$C5 = C6 = \frac{5}{\pi \cdot f_p \cdot R_{\text{дел}}} \quad (3.42)$$

$$C5 = C6 = \frac{5}{3,14 \cdot 432 \cdot 10^6 \cdot 30,8} = 119 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

Вибираємо стандартний тип конденсаторів C5 і C6 за шкалою номінальних ємностей конденсаторів. Ємність конденсаторів

$$C5 = C6 = 120 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

Ємність конденсатора C7, який призначений для згладжування пульсацій на високих частотах приймаємо рівним $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$.

3. Розрахунок параметрів коливального контуру

Визначаємо величину індуктивності $L1$, враховуючи що $C_{екв}$ повинна бути більша за паразитну ємність в 10 раз. Припустимо, що

$$C_{п} = 3,2 * 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$C_{екв} > 10 * C_{п} \quad (3.43)$$

$$C_{екв} > 3,2 * 10^{-12} * 10 = 32 * 10^{-12} \text{ Ф}$$

Звідси слідує, що $C_{екв} = 33 * 10^{-12} \text{ Ф}$

$$L1 = \frac{1}{4\pi^2 * C_{екв} * f_p^2} \quad (3.44)$$

$$L1 = \frac{1}{4 * 3,14^2 * 33 * 10^{-12} * 432 * 10^6^2} = 4,11 * 10^{-9} \text{ Гн}$$

Визначаємо ємність конденсаторів $C8$ і $C9$. Які визначається за допомогою розв'язання системи рівнянь, яку я розрахував за допомогою програми «Mathcad».

$$\left. \begin{aligned} \frac{C8}{C8+C9} &= K_{CB} \\ \frac{C8 * C9}{C8+C9} &= C_{екв} \end{aligned} \right\} \quad (3.45)$$

При розв'язання системи були отримані такі ємності конденсаторів

$$C8 = 4,62 * 10^{-12} \text{ Ф і } C9 = 1,15 * 10^{-12} \text{ Ф}$$

Вибираємо стандартний тип конденсаторів $C8$ і $C9$ за шкалою номінальних ємностей конденсаторів.

$$C8 = 4,7 * 10^{-12} \text{ Ф і } C9 = 1,1 * 10^{-12} \text{ Ф}$$

4. Розрахунок транзисторного ключа.

Визначити максимально допустимий постійний струм колектору

$$I_{Км VT3} = \frac{E_K}{R_{10}} \quad (3.46)$$

$$I_{Км VT3} = \frac{3,5}{3,9 * 10^3} = 0,89 * 10^{-3} \text{ А}$$

Вибираємо тип транзистора, необхідно щоб виконувалися наступні умови:

$$U_{КЕ доп} > 3,5 \text{ В} \quad (3.47)$$

$$20 \text{ В} > 3,5 \text{ В}$$

$$I_{К доп} > I_{Км VT3} \quad (3.48)$$

$$100 * 10^{-3} \text{ A} > 0,89 * 10^{-3} \text{ A}$$

$$f_{\text{гр}} > f_{\text{м}} \quad (3.49)$$

$$300 * 10^6 > 1 * 10^3 \text{ Гц}$$

Біполярний транзистор типу КТ3102Е задовольняє дані умови:

- Максимальна потужність розсіювання – $P_{\text{К макс.}} = 250 \text{ мВт}$
- Гранична частота коефіцієнта передачі струму – $f_{\text{max}} = 300 \text{ МГц}$
- Статичний коефіцієнт передачі струму $h_{21e} = 400$
- Максимально допустимий струм колектору – $I_{\text{К макс.}} = 100 \text{ мА}$
- Максимально допустима напруга КБ – $U_{\text{КБ макс.}} = 20 \text{ В}$

Розраховуємо опір резистора R9 виходячи з умови насичення транзистора VT3

$$R9 = \frac{U^1 * h_{21e_{\text{min}}} * S}{I_{\text{км VT3}}} \quad (3.50)$$

U^1 – рівень логічної одиниці 2,5 В;

S – фактор насичення він вибирається в межах 1,5 – 3 ;

$$R9 = \frac{2,5 * 400 * 1,5}{0,89 * 10^{-3}} = 1,6 * 10^6 \text{ Ом}$$

Вибираємо стандартний тип резисторів R9 за шкалою номінальних опорів резисторів. Опір резистора

$$R9 = 1,6 * 10^6 \text{ Ом}$$

3.6 Висновки за розділом 3

В третьому розділі розроблені структурна, принципова електрична схеми та алгоритм роботи носимої частини системи автоматичного контролю машиніста. Проведені розрахунки складових частин носимої частини: перетворювача опору в напругу, логарифмічного перетворювача, генератора синусоїдальних коливань. Завадостійкість радіоканалу між носимою та приймальною частинами системи забезпечується за рахунок використання інформаційної надмірності.

4 РОЗРОБКА ПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ МАШИНІСТА

4.1 Структура та принцип дії приймальної частини

Структурно-функціональна схема приймальної частини пристрою наведена на рис 4.1. Приймальна частина складається з двох незалежних пристроїв приймача сигналів телеметричного датчика і пристрою індикації.

Приймач сигналів телеметричного датчика приймає імпульсно-модульовані високочастотні сигнали по двох незалежних каналах з взаємно-ортогональною поляризацією приймальних антен. Радіосигнал з антен подається на вхід підсилювача високої частоти (ПВЧ), а потім на вхід змішувача – спеціального елемента з двома входами і одним виходом, який здійснює операцію перетворення сигналу по частоті. На другий вхід змішувача подається сигнал з локального малопотужного генератора високої частоти гетеродин. Гетеродин створює коливання допоміжної частоти, які в блоці змішувача змішуються, в результаті змішування двох частот, вхідної і гетеродину, утворюються ще дві частоти (сумарну і різницеву). Різницева частота використовується як проміжна частота, на якій відбувається основне посилення сигналу. Різницевий сигнал постійної проміжної частоти виділяється за допомогою смугового фільтра і посилюється в підсилювачі проміжної частоти (ППЧ), після чого поступає на детектор. Детектування модульованого радіосигналу полягає у виділенні низькочастотного сигналу, який в неявній формі міститься у високочастотному коливанні. Амплітудний детектор призначений для отримання на виході сигналу, пропорційної огибаючої.

Після посилення, детектування та нормування за амплітудою вхідний сигнал каналу надходить на вхід компаратора, який призначений для формування прямокутних імпульсів TTL-рівня з малою тривалістю фронту і зрізу. Змінюючи опорну напругу, яка надходить на другий вхід компаратора,

можна регулювати чутливість приймача. З виходу компаратора сигнал поступає на контролер, в якому здійснюється програмне оброблення інформації, яка поступила з компаратора. Потім оброблена інформація з контролера передається на вхід блока індикації та на CAN трансивер, який передає інформацію в пристрій безпеки.

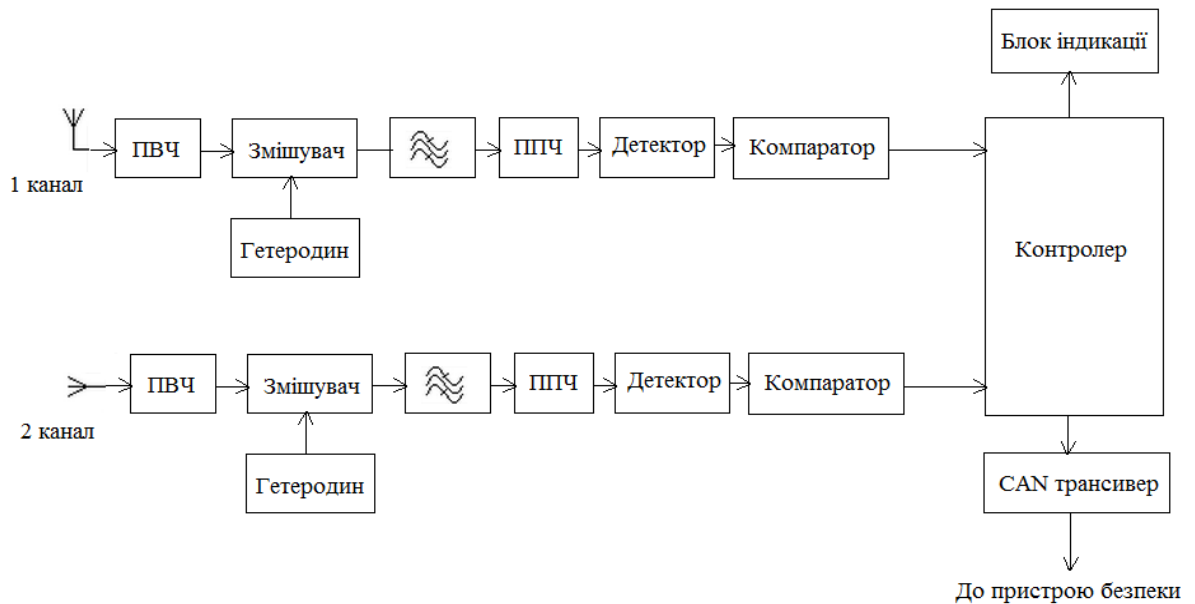


Рисунок 4.1 - Структурно-функціональна схема приймальної частини

На вхід пристрою індикації надходить код стану світлодіодного індикатора з контролера. Вузол керування індикатором запалює необхідне число світлодіодів, перевіряє поточний стан індикатора і посилає на вихід приладу код поточного стану індикатора.

4.2 Опис принципової електричної схеми радіоприймача сигналів ЕДА

В рамках даної дипломної роботи були розроблені принципові електричні радіоприймача, контролера та блоку індикації для системи контролю функціонального стану та пильності машиніста.

Приймач сигналів телеметричного датчика приймає амплітудно-модульовані високочастотні сигнали по двох незалежних каналах з взаємно –

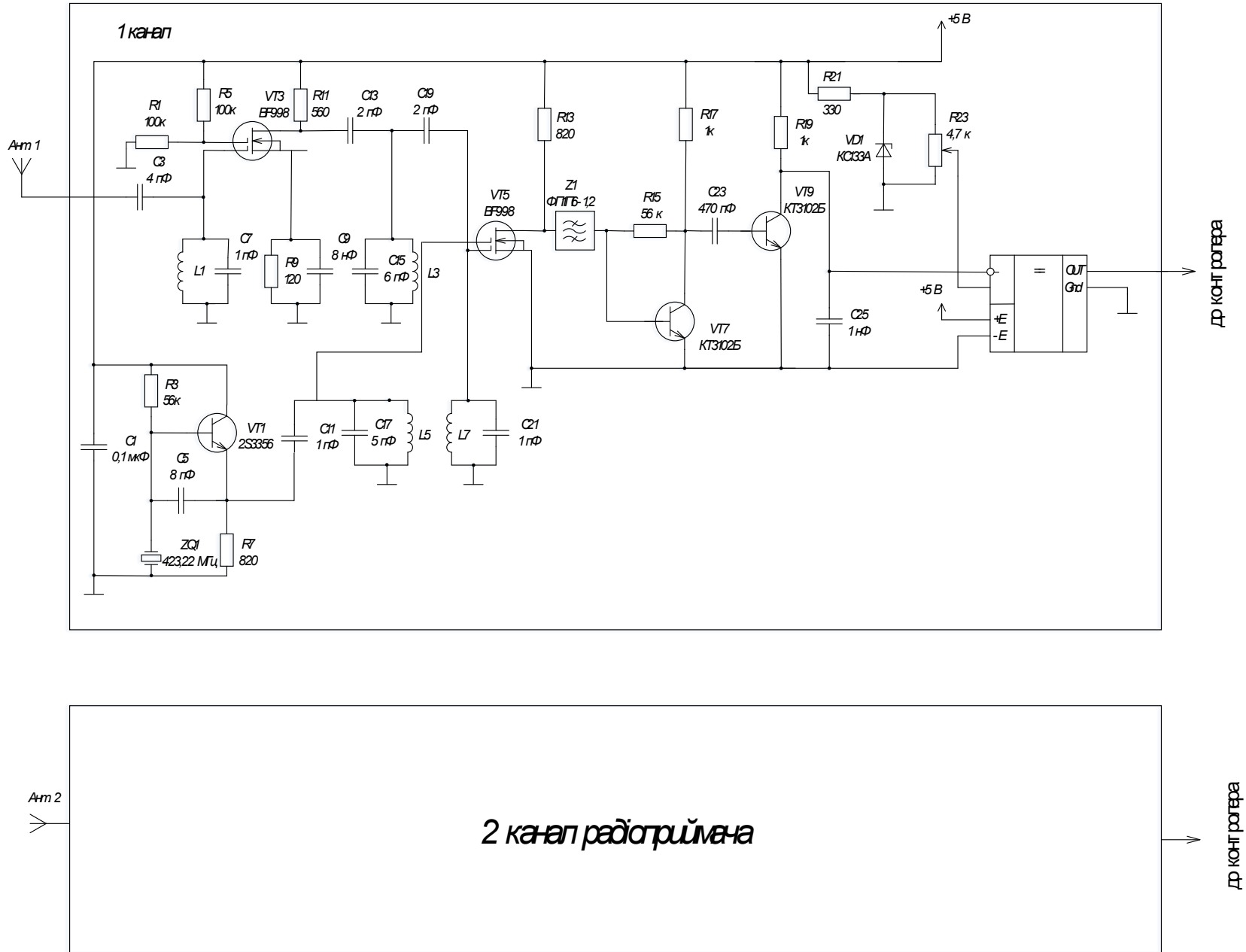
ортогональною поляризацією приймальних антен. Перший і другий канал працюють ідентично. Тому розглянемо принцип роботи першого каналу (рис 4.2).

Радіосигнал з антен подається на вхід підсилювача високої частоти, який виконаний на транзисторі VT3, який налаштований на частоту 433,92 МГц за допомогою коливальних контурів L1C7 та R7C11, сигнал в ПВЧ підсилюється і потрапляє на перший вхід змішувача. На другий вхід змішувача поступає сигнал з гетеродину виконаний на транзисторі VT1, налаштований на частоту 423,22 МГц за допомогою кварцового резонатора ZQ1.

Змішувач виконаний на транзисторі VT5 в результаті нелінійних процесів утворюються комбінаційні гармоніки, частоти яких дорівнюють різницям або сумах частот гармонік вхідних сигналів. Амплітуди отриманих комбінаційних гармонік пропорційні амплітудам вихідних, таким чином, кожен з наборів комбінаційних гармонік (різницевих, сумарних, різницевих і сумарних кратним) еквівалентний спектру вхідного сигналу, зсунуті по частоті. Різницева частота використовується як проміжна частота, на якій відбувається основне підсилення сигналу.

Різницевий сигнал постійної проміжної частоти виділяється за допомогою смугового фільтра 10,7 МГц, який виконаний на кварцовому фільтрі Z1 типу ФП1П6 – 1,2 і підсилюється в підсилювачі проміжної частоти виконаний на транзисторі VT7, який включений за схемою із спільним емітером, після чого поступає на детектор.

Рисунок 4.2 - Принципова електрична схема радіоприймача сигналів ЕДА



Детектор виконаний на транзисторі VT9, який включений за схемою із спільним колектором, виконує роль детектування модульованого радіосигналу, яка полягає у виділенні низькочастотного сигналу, який в неявній формі міститься у високочастотному коливанні. Амплітудний детектор призначений для отримання на виході сигналу, пропорційної огибаючої. Потім цей сигнал подається на інверсний вхід компаратора, який призначений для формування прямокутних імпульсів TTL-рівня з малою тривалістю фронту і зрізу. Змінюючи опорну напругу за допомогою змінного резистора R21, яка надходить на прямий вхід компаратора, можна регулювати чутливість приймача. З виходу компаратора сигнал передається до контролера, який виконує обробку отриманих даних та керування блоком індикації.

4.3 Опис принципової електричної схеми контролера та блоку індикації

Принципова електрична схема розробленого нами блоку контролера та індикації представлена на рис 4.3. Даний блок виконує програмну обробку даних, які надійшли від радіоприймача. Для побудови блоку контролю був обраний цифровий сигнальний процесор dsPIC30F4012, який має наступні параметри:

- 1) Число виводів контролера – 28
- 2) Програмна пам'ять – 48 Кб
- 3) Пам'ять ОЗУ – 2048 байт
- 4) Пам'ять EEPROM – 1024 байт
- 5) 16 – розрядні таймери – 5
- 6) ШІМ для керування приводом MCPWM – 6
- 7) 10 – розрядні АЦП – 6
- 8) Також підтримує наступну периферію – CAN, UART, SPI, I2C
- 9) Ядро контролера має 40 – розрядний АЛУ

10) Напруга живлення на Vdd відносно Vss – 0,3 ÷ 5,5 В

11) Вхідний струм на виводі – 20 мА

12) Вихідний струм на виводі – 20 мА

13) Максимальний струм споживання всіх портів – 200 мА

За допомогою кнопки SB1 яка під'єднана на до мікроконтролера на MCLR, забезпечується його скидання в початковий стан. Кварцовий резонатор, який підключений до виводів OSC1 і OSC2, задає тактову частоту мікроконтролера.

На PORTE мікроконтролера DD1 підключений блок індикації, який призначений для відображення інформації про стан пильності машиніста. Блок індикації виконаний на 16 світлодіодах, які утворюють лінійний індикатор. Для раціонального використання ліній мікроконтролера, світлодіоди підключені через два 8 – розрядних регістра зсуву RG1 та RG2.

В якості 8 – розрядного регістру зсуву використовуємо 74HC595, який має наступні призначення виводів:

- Q0 ... Q7 – виходи регістру зсуву
- GND – земля
- Q7' – вихід призначений для послідовного з'єднання регістрів
- $\overline{\text{SRCL}}$ – скидання регістра
- SRCL – вхід для тактових імпульсів
- RCLK – вхід «замикач» даних
- OE - вхід який переводить виходи з HI – Z в робочий стан
- DS – вхід даних
- Vcc - живлення 5 В

На виводи мікроконтролера C1RX та C1TX підключаємо CAN трансивер, який призначений для з'єднання мікроконтролера з пристроєм безпеки.

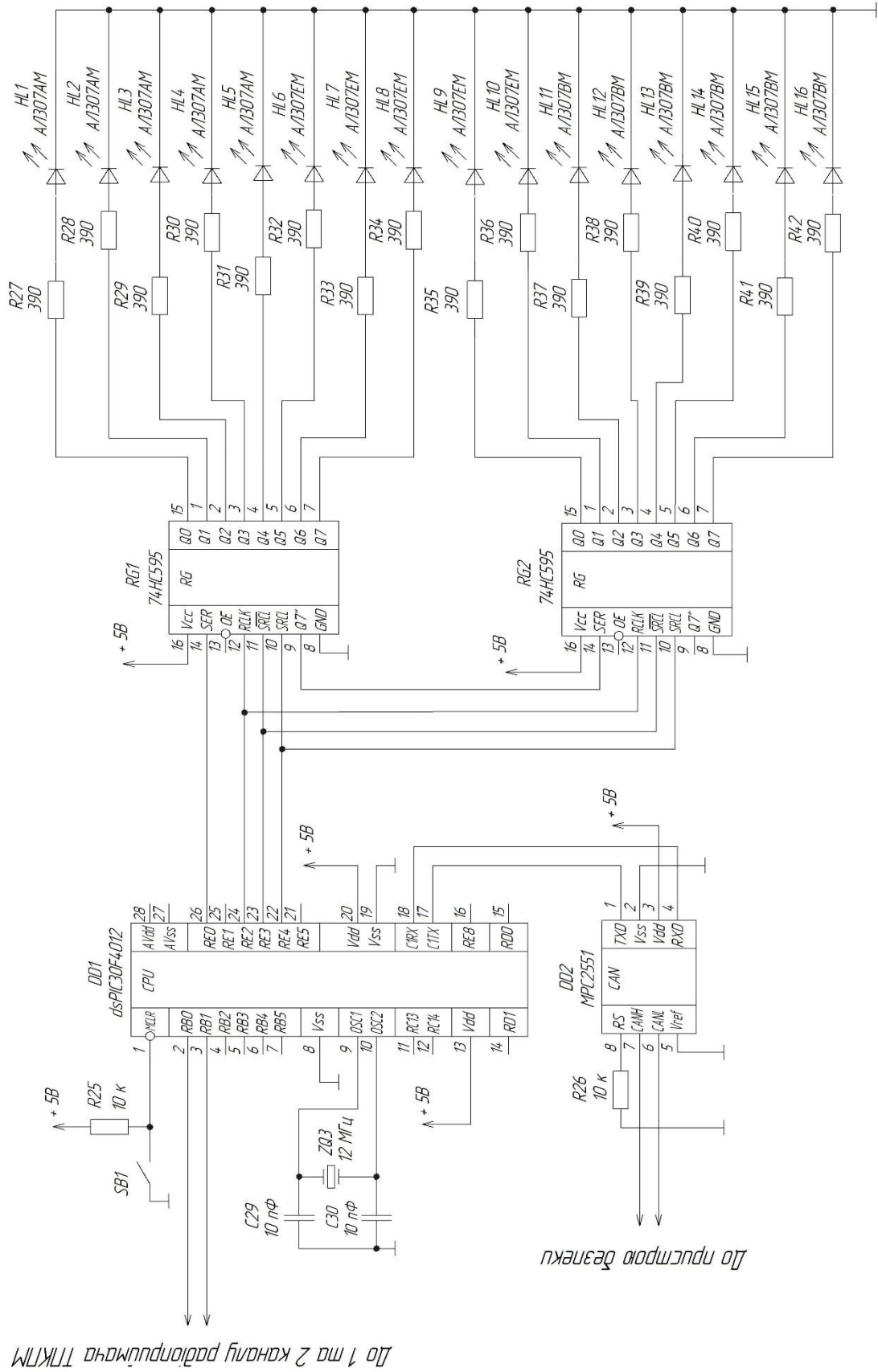


Рисунок 4.3 - Принципова електрична схема блоку контролю та індикації

4.4 Висновки за розділом 4

В четвертому розділі розроблені структурна та принципова електрична схеми, а також алгоритм роботи приймальної частини системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста.

Для організації радіозв'язку між носимою та приймальною частинами системи використовується дозволений радіодіапазон 432 МГц. Радіоприймач сигналів електродермальної активності побудований за гетеродинною структурою. Для перетворення спектру вхідного сигналу використовується змішувач, на один із входів якого подається опорний сигнал від гетеродину. Після цього сигнал проміжної частоти 10,7 МГц фільтрується та демодулюється.

Радіоприймач має двоканальну структуру, в одному каналі використовується антена з вертикальною поляризацією, в іншому – з горизонтальною. Це забезпечує можливість радіозв'язку незалежно від положення руки машиніста та напрямку розташування передавальної антени в носимій частині пристрою.

ВИСНОВКИ

Робота машиніста відбувається в умовах постійної зміни періодів короткочасної активності та довготривалих монотонних малоактивних періодів. З урахуванням того, що значна частина залізничних перевезень відбувається в нічні години актуальною є задача автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста. Традиційний метод перевірки шляхом контролю часу реакції на свисток електропневматичного клапану не забезпечує достовірну оцінку функціонального стану машиніста.

Існуючі методи контролю функціонального стану водія транспортного засобу розділяються на контактні (використовуються різноманітні датчики) та безконтактні (використовуються засоби відеоспостереження). З усіх контактних методів найбільш ефективним є Метод вимірювання електродермальної активності. Враховуючи сучасний рівень розвитку інформаційних технологій, доцільним є комплексне застосування даного метода у поєднанні з іншими, наприклад з методами на базі відеоспостереження. Комплексний аналіз різних діагностичних параметрів дозволить об'єктивно визначити рівень фізіологічного стану та працездатності машиніста.

В дипломній роботі розроблені структурна схема та алгоритми роботи системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста. Запропонована система складається з носимої частини (телеметричного датчика у вигляді браслета, який одягається на зап'ястя машиніста), засобів відеоспостереження, приймача радіосигналів від носимої частини та пристрою локомотивної безпеки.

В роботі розроблені структурні, принципові електричні схеми та алгоритми роботи носимої та приймальної частини системи автоматичного контролю функціонального стану та пильності машиніста. Проведені розрахунки структурних вузлів системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Driver fatigue monitor [Електрон. ресурс] // Transport Support. – Режим доступу: <http://www.transportsupport.co.uk/product/ts-dfm-driver-fatigue-monitor>
2. Corsini, R. J. Concise encyclopedia of psychology [Текст] / R. J. Corsini, A. J. Auerbach. – 2-nd ed. – John Willey & Sons, Inc, 1996. – 1035 p
3. Сапожніков, В. В. Основи технічної діагностики: Навчальний посібник для студентів вузів ж-д. транспорту [Текст] / В. В. Сапожніков, Вл. В. Сапожніков. – М.: Маршрут, 2004. – 318 с.
4. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України. ЦШЕОТ 0018 [Текст] / Затв. наказом Міністра транспорту України №492 від 12 жовтня 1999р, – К. 1999. – 105 с.
5. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] / Міністерство транспорту України. – К.: Мінтранс, 1996.
6. Соловйов, А. О.. Розробка методу діагностування двигунів стрілочних приводів [Текст] / А. О. Соловйов, А. Д. Сілевич, О. В. Байрак, Н. В. Пустовойт // Тези 76-ої Всеукраїнської конференції студентів та молодих вчених 2015 р. «Інформаційно-управляючі технології і системи на залізничному транспорті» – Д.:ДІИТ, 2015. – С. 117-116.
7. Кобец, О. В. Основи охорони праці на залізничному транспорті [Текст] / О. В. Кобец, В. В. Митрофанов, В. І. Діданов. – К.: «Видавництво Дельта», 2008. – 392 с.
8. Гончаров, К. В. Порівняльний аналіз методів контролю функціонального стану та пильності машиніста [Текст] / К. В. Гончаров, Н. А. Нагорна // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – Ном. 15. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – С.80-87.
9. Правила експлуатації електрозахисних засобів [Текст] / НПАОП 40.1-1.07-01.

10. Ємнісні акселерометри [Електрон. ресурс] // Датчики та сенсори, онлайн журнал. – Режим доступу: <http://datchikisensor.narod.ru/076.html>
11. Суборов, Е. Як працює пульсометр у спортивних годинниках [Електрон. ресурс] / Е. Суборов // Онлайн-журнал Ногибоги, 2017. – Режим доступу: <https://nogibogi.com/kak-rabotaetpulsometr-chasax/>
12. Душков, Б. А. Основи інженерної психології [Текст] / Б. А. Душков. – М.: Вища школа, 2001. – 390 с.
13. Саган, Р. П. Електронна система контролю бадьорості [Електронний ресурс] / Р. П. Саган, О. М. Бевза // Electric. and Acoustic .Eng. – 2020, vol. 3, no. 4 – С. 59-64. - Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/54167/1/EAI2020_3-4_59-63.pdf
14. Телемеханічна система контролю бадьорості машиніста ТСКБМ [Електрон. ресурс] / Науково виробниче підприємство Трансприлад. – Режим доступу: <http://transprylad.com.ua/catalog/product&cid=1&pid=12>