

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему: Оцінка показників надійності пристроїв СЦБ (комплексна)

за освітньою програмою Автоматика та автоматизація на транспорті

зі спеціальності: 273 Системи керування рухом поїздів

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: СК20120

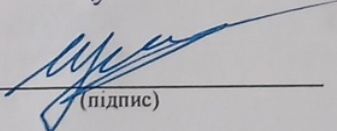


(підпис студента)

/ Олександр БОНДАР /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:



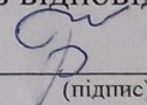
(підпис)

/ доцент Вадим ЩЕКА /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент



(підпис)

Дніпро – 2023 рік

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

Faculty “Computer technologies and systems”

Department “Automatics and Telecommunications”

Explanatory Note
to Bachelor’s Thesis

on the topic: SCB devices reliability assessment (comprehensive)

according to educational curriculum Automation and automatization in transport

in the speciality: 273 Train traffic control systems
(speciality and its code)

Done by the student _____ of the group: CK20120

/ Oleksandr BONDAR /
(name, surname)

Scientific Supervisor: _____

/ associate professor Vadym SHCHEKA /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: КТС

Кафедра: АТ

Рівень вищої освіти: перший

Освітня програма: Системи керування рухом поїздів

Спеціальність: Залізничний транспорт

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____

бакалавра _____

(ступінь вищої освіти)

студенту _____

Бондару Олександр

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Оцінка показників надійності пристроїв СЦБ (комплексна)

Керівник роботи: Щека Вадим Ігорович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____

"25" жовтня 2022 р. № 1093ст

2. Строк подання студентом роботи: 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Статистичні дані відмов пристроїв СЦБ, принципові та структурні схеми систем залізничної автоматики, довідкові данні, нормативна документація.

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

4.1 Аналітична частина: Огляд питання надійності, визначення, нормативна документація, показники надійності та їх оцінка.

4.2 Основна частина: Оцінка показників надійності пристроїв сигнальної точки системи автоблокування з числовим кодом.

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: розділ не передбачений.

4.4 Економічна частина: вплив показників надійності пристроїв СЦБ на затримку поїздів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Принципова та структурна схема пристроїв сигнальної точки системи автоблокування з числовим кодом; діаграма потоків відмов елементів сигнальної точки; графіки залежності втрат поїздо-годин від показників надійності пристроїв СЦБ.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	30.04.2023	Вик.
2	Основна частина	28.05.2023	Вик.
3	Економічна частина	04.06.2023	Вик.
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	04.06.2023	Вик.
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Експертної комісії	28.06.2023	

Студент

(підпис)

Олександр БОНДАР

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Вадим ЩЕКА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:
41 сторінка, 11 рисунків, 15 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – пристрої СЦБ, зокрема сигнальна точка автоблокування з числовим кодом.

Мета роботи – оцінка показників надійності пристроїв СЦБ, , зокрема сигнальної точки автоблокування з числовим кодом.

Методи дослідження – математичне моделювання з використанням математичного пакету Mathcad та Maple, уточнення параметрів моделі шляхом дослідження літературних джерел та нормативних документів.

Найбільші параметри потоку відмов мають живлячий трансформатор ОМ та трансмітерне реле Т та блок конденсаторів БК-ДА В результаті проведеної роботи можна зробити висновок, що для зменшення потоку відмов сигнальної точки необхідно провести заміну трансмітерного реле на більш надійне, як варіант на безконтактне. Також можна замінити електролітичні конденсатори блоку БК-ДА на більш сучасні.

З'ясовано, що зростання параметру потоку відмов призводить до зниження коефіцієнта готовності, а зростання потоку відновлення навпаки збільшує коефіцієнт готовності.

В роботі показано, що зростання параметру потоку відмов при незначних значеннях потоку відновлення призводить до стрімкого зростання втрат поїздо-годин, оскільки збільшується кількість і тривалість відмов, що в свою чергу призводить до збою в графіку руху поїздів

Ключові слова: НАДІЙНІСТЬ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ, ПАРАМЕТР ПОТОКУ ВІДМОВ, ПОТІК ВІДНОВЛЕННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ГОТОВНОСТІ.

Зміст

<i>Вступ</i>	7
<i>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</i>	8
<i>1.1 Огляд питання надійності</i>	8
<i>1.2 Показники надійності та їх оцінка</i>	9
1.2.1 Показники надійності невідновлюваних об'єктів	10
1.2.2 Показники надійності відновлюваних об'єктів	13
1.2.3 Комплексні показники надійності	14
<i>2 ОСНОВНА ЧАСТИНА</i>	17
<i>2.1 Основні методики оцінки надійності</i>	17
<i>2.2. Оцінка надійності пристроїв автоблокування</i>	21
2.2.1 Визначення переліку обладнання	22
2.2.2 Розрахунок параметру потоку відмов сигнальної точки	27
2.2.3 Розрахунок коефіцієнту готовності сигнальної точки	31
<i>3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</i>	35
<i>3.1. Вплив показників надійності пристроїв СЦБ на затримку поїздів</i>	35
<i>Висновки та рекомендації</i>	38
<i>Перелік посилань</i>	40

Вступ

Для України залізничний транспорт є стратегічним об'єктом, і цей вид перевезень вантажів має значну вагу. Для розвитку руху та експлуатації залізниць найбільш ефективним є використання електрифікованих залізничних ліній, а зокрема електротяги змінного струму. Використання цих технологій дозволяє збільшити потужність та швидкість поїздів при мінімальних витратах на кожен пройдений кілометр.

Системи інтервального регулювання руху поїздів на залізницях України базуються на використанні рейкових кіл, які виступають в ролі основних колійних датчиків. Рейкові кола не тільки передають сигнальний струм, але й забезпечують зворотний тяговий струм, і фактично вони, разом з контактною мережею, є частиною тягової мережі. На базі рейкових кіл будують системи автоблокування, задачею яких є забезпечення безпеки руху поїздів та пропускнуої здатності залізничних ділянок. На залізницях України досі багато ділянок, обладнаних застарілим автоблокуванням з числовим кодом.

Таким чином тема дипломної роботи, що присвячена питанню оцінки надійності пристроїв є актуальною. Дослідження питання надійності дозволить оцінити ступінь необхідних експлуатаційних витрат матеріалів та часу обслуговуючого персоналу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Дослідження надійності відіграє важливу роль на залізничному транспорті. Дослідження надійності допомагають ідентифікувати можливі проблеми, ризики та вразливості в системах та пристроях, щоб запобігти аваріям, нещасним випадкам і небезпечним ситуаціям. Надійність пристроїв СЦБ є важливим фактором для ефективності експлуатаційного процесу і економії ресурсів. Відсутність випадкових відмов, довгий термін служби і мінімальні затрати на ремонт та обслуговування допомагають знизити витрати і підвищити продуктивність.

1.1 Огляд питання надійності

Надійність є важливим аспектом на залізничному транспорті. Вона визначає, наскільки системи чи пристрої можуть функціонувати без відмови протягом певного періоду часу і в заданих умовах. В Україні питання надійності регулюється законодавством, існує ряд нормативних документів, основним з яких є ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Згідно цього документу під надійністю розуміють властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. Наведений термін використовують лише для загального не кількісного опису вказаних властивостей.

Надійність є комплексною властивістю, що залежно від призначення об'єкта і умов його застосування, може містити в собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність чи певні поєднання цих властивостей.

Надійність - це комплексний фактор, об'єктивно властивий всім матеріальним системам і дає можливість встановлювати оптимальну міру відповідності робочих процесів і вихідних характеристик системи її функціонального призначення.

Будь-які технічні пристрої завжди виготовлялися для деяких достатній для практичних цілей період економічно ефективного використання. Однак довгий

час надійність не вимірювалася кількісно, що значно ускладнювало її об'єктивну оцінку. Для оцінки надійності використовували такі поняття, як висока надійність, низька надійність та інші якісні визначення. Встановлення кількісних показників надійності та способів їх вимірювання та розрахунку започаткувало наукові методи у дослідженні надійності.

Розвиток теорії надійності супроводжувалося вдосконаленням імовірнісних методів дослідження, таких як визначення законів розподілів напрацювань до відмови, розробка методів розрахунку та випробувань виробів з урахуванням випадкового характеру відмов і т.п.

Разом з тим виникали нові напрямки досліджень, пов'язані з:

- пошуком нових способів підвищення надійності;
- прогнозуванням відмов та прогнозуванням кількісних показників надійності;
- аналізом фізико-хімічних процесів, що впливають на надійність, встановленням кореляційних зв'язків між характеристиками цих процесів та показниками надійності;
- удосконаленням методів розрахунку показників надійності виробів, які мають дедалі складнішою структурою, з урахуванням дедалі більше діючих чинників.

1.2 Показники надійності та їх оцінка

Для початку дамо визначення терміну показник надійності – це кількісна характеристика однієї чи декількох із тих властивостей, які в сукупності складають надійність об'єкта. Підкреслимо, що показник це саме кількісна, а не якісна характеристика властивостей об'єкта, а не самого об'єкта. Застосування показників залежить від того чи є об'єкт відновлюваним чи ні. Якщо на об'єкт може впливати потік відновлення – він є відновлюваним. Розглянемо показники для невідновлюваним та відновлюваних об'єктів окремо.

1.2.1 Показники надійності невідновлюваних об'єктів

Першим показником надійності невідновлюваних об'єктів є імовірність безвідмовної роботи – імовірність того, що протягом заданого наробітку відмова об'єкта не виникне [4]. Звичайно вважають, що на початку інтервалу часу чи наробітку об'єкт у змозі виконувати потрібні функції. Визначається імовірність безвідмовної роботи наступним чином:

$$P(t) = P(\theta_1 \geq t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

де θ_1 - наробіток об'єкта до відмови (безперервна випадкова величина); $f(t)$ – функція густини розподілу випадкової величини θ_1 ; $F(t)$ – ймовірність відмови (інтегральна функція розподілу випадкової величини θ_1):

$$F(t) = P(\theta_1 < t) = \int_0^t f(t) dt, t > 0$$

Звідки випливає, що $f(t) = -dP(t)/dt = dF(t)/dt$

Оскільки випадкова величина напрацювання завжди позитивна, щільність її розподілу має наступні властивості [6-8]:

$$\int_0^{\infty} f(t) dt = 1 \text{ – умова нормування;}$$

$$F(b) - F(a) = \int_a^b f(t) dt$$

$$P\{t < \theta_1 < t + \Delta t\} = f(t) dt$$

Ці характеристики наочно ілюструють графіки на рис. 1.1 та рис. 1.2. Зі зростанням напрацювання імовірність безвідмовної роботи невідновлюваного об'єкта $P(t)$ монотонно зменшується від 1 при $t = 0$, асимптотично наближаючись до 0 при $t \rightarrow \infty$, а ймовірність відмови $F(t)$ зростає від 0 до 1 (рис 1.2).

Імовірність безвідмовної роботи об'єкта в інтервалі напрацювання $(t, t + \Delta t)$ є умовною ймовірністю того, що об'єкт знаходиться в працездатному стані на

цьому інтервалі напрацювання, яка визначається за умови, що об'єкт зберіг працездатність до моменту t початку цього інтервалу:

$$P(t, t + \Delta t) = P(\theta_1 \geq t + \Delta t | \theta_1 \geq t) = P(A|B) = \frac{P(t + \Delta t)}{P(t)} = \frac{\int_t^{\infty} f(t) dt}{\int_t^{\infty} f(t) dt}$$

де $P(B)$ – імовірність події B , що полягає у працездатності об'єкта на інтервалі напрацювання $(0, t)$ (рис. 5); $P(A|B)$ – умовна ймовірність події A , що перебуває у працездатності об'єкта на інтервалі $(t, t + \Delta t)$, яка визначається за умови реалізації події B ; $P(A \cdot B)$ – ймовірність твору (перетину) випадкових подій A та B , т. е. ймовірність працездатності об'єкта на інтервалі $(0, t + \Delta t)$.

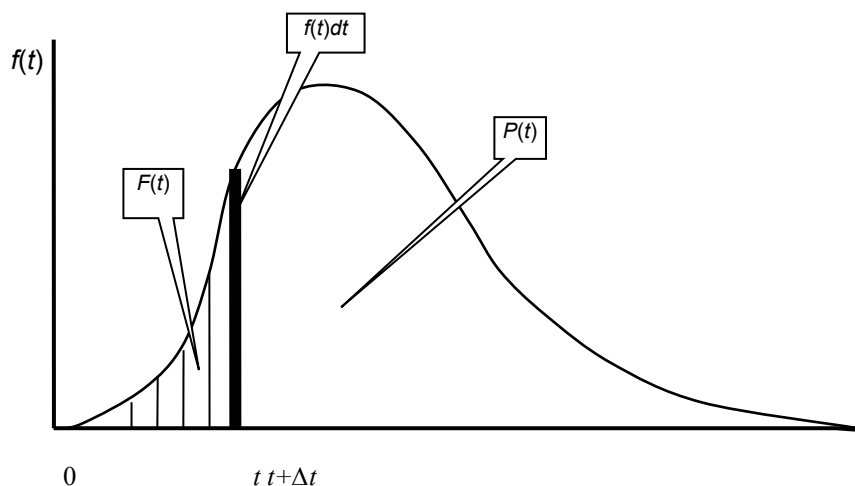


Рисунок 1.1 – Графіческая інтерпретація вероятностей $F(t)$ и $P(t)$

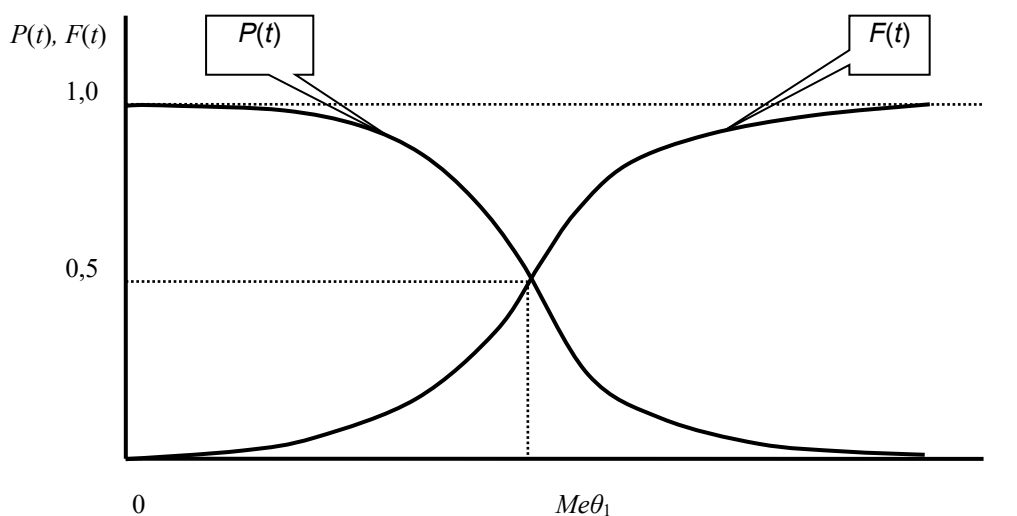


Рисунок 1.2 – Графіки змін у часі вероятностей $F(t)$ и $P(t)$

З першого показника витікає питання що таке наробіток до відмови – це наробіток об'єкта від початку експлуатації до виникнення першої відмови. Також показником є середній наробіток до відмови, математичне сподівання наробітку об'єкта до першої відмови. Інакше кажучи, \bar{t} є центр тяжіння розподілу випадкової величини θ_1 [4-6]:

$$\bar{t} = M\theta_1 = \int_0^{\infty} tf(t) dt = \int_0^{\infty} t dF(t) = \int_0^{\infty} P(t) dt$$

Таким чином, середнє напрацювання дорівнює площі під кривою залежності ймовірності безвідмовної роботи від наробітку об'єкта.

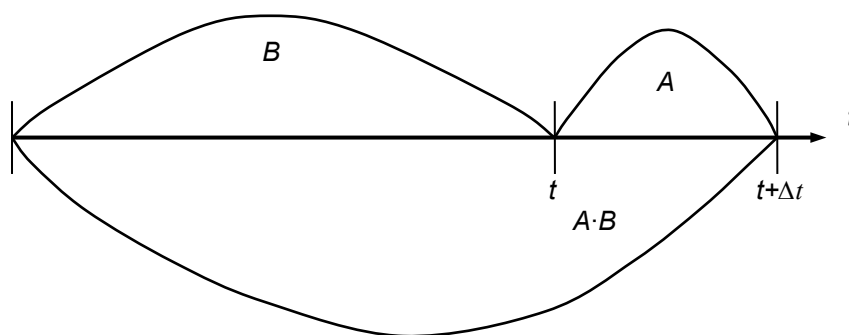


Рисунок 1.3 – Графічна інтерпретація подій A та B у часі

Гамма-процентний наробіток t_γ – наробіток до відмови, яка забезпечується для $\gamma \cdot 100\%$ об'єктів аналізованого типу [7-8].

За визначенням,

$$P(t_\gamma) = \int_{t_\gamma}^{\infty} f(t) dt = \gamma$$

Імовірність відмови (інтегральна функція розподілу випадкової величини θ_1 – наробітку об'єкта вцент), віднесена до моменту t_γ , дорівнює:

$$F(t_\gamma) = 1 - P(t_\gamma) = \int_0^{t_\gamma} f(t) dt = 1 - \gamma$$

Тобто, гамма-процентний наробіток до відмови є нижня $(1-\gamma)$ 100%-ва квантиль розподілу випадкової величини θ_1 , а $(1-\gamma)$ 100% є відсоток об'єктів, для яких відмови в перебіг наробітку t_γ допустимі.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – умовна густина імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла. Інтенсивність відмов є показником безвідмовності неремонтованих і невідновлюваних об'єктів. За визначенням [4-7]:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(\Delta t|t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1 - P(\Delta t|t)}{\Delta t},$$

де $F(\Delta t|t)$ – умовна ймовірність відмови об'єкта на інтервалі Δt , яка визначається за умови, що в момент t об'єкт перебував у працездатному стані; $P(\Delta t|t)$ – відповідна ймовірність безвідмовної роботи.

$$\lambda(t) = -\frac{d}{dt}[\ln P(t)].$$

Інтегруючи, отримуємо $\ln P(t) = \ln P(t) - \ln P(0) = -\int_0^t \lambda(t) dt$, звідки

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Цю формулу називають основною формулою надійності.

1.2.2 Показники надійності відновлюваних об'єктів

Для характеристики надійності об'єктів, що відновлюються при розгляді періоду до першої відмови або між двома послідовними відмовами можуть використовуватися ті ж показники, що і для невідновлюваних об'єктів. Однак надійність відновлюваних об'єктів оцінюється і за специфічними показниками.

Середній наробіток до відмови – відношення сумарного напрацювання об'єкта, що відновлюється, до математичного очікування числа його відмов протягом цього напрацювання [4,6].

$$\bar{T} = t / M\{r(t)\}$$

де t – сумарний наробіток об'єкта; $r(t)$ – кількість відмов об'єкта, що настали протягом сумарного наробітку t (кількість відмов – випадкова функція).

Математичне очікування числа відмов об'єкта, що відновлюється, протягом сумарного наробітку t також називають провідною функцією потоку відмов.

$$\Omega(t) = M\{r(t)\}$$

Параметр потоку відмов $Z(t)$ – відношення математичного сподівання кількості відмов відновлюваного об'єкта за досить малий його наробіток до значення цього наробітку [4].

$$Z(t) = d\Omega(t)/dt = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M\{r(t + \Delta t)\} - M\{r(t)\}}{\Delta t}$$

Таким чином, інтегрування параметра потоку відмов дає нам математичне очікування числа відмов відновлюваного об'єкта при напрацюванні t :

$$M\{r(t)\} = \int_0^t Z(t)dt$$

Математичне очікування кількості відмов об'єкта на інтервалі напрацювання (t_1, t_2) дорівнює:

$$M\{r(t_1, t_2)\} = \Omega(t_2) - \Omega(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \omega(t)dt$$

Середній параметр потоку відмов – відношення математичного очікування числа відмов відновлюваного об'єкта за кінцевий напрацювання до значення цього напрацювання:

$$\bar{Z} = \frac{M\{r(t_1, t_2)\}}{t_2 - t_1}$$

1.2.3 Комплексні показники надійності

Коефіцієнт готовності $K_g(t)$ – імовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено [4].

Коефіцієнт готовності - комплексний показник надійності, що відображає властивості безвідмовності та ремонтпридатності. $K_g(t)$ характеризує

готовність об'єкта до застосування за призначенням у довільний час t . Низькі значення $K_r(t)$ свідчать, що заходи з технічного обслуговування не в повному обсязі виконують свою роль.

Розглянемо найпростіший відновлюваний об'єкт, що має два технічні стани: 1 - працездатне і 2 - непрацездатне. Взаємні переходи з одного стану в інший визначаються інтенсивністю відмов λ та інтенсивністю відновлення μ .

Прийmemo, що наробіток об'єкта між відмовами є безперервна випадкова величина, що має експоненційний закон розподілу $P(t)=e^{-\lambda t}$, і час відновлення працездатного стану об'єкта також випадкова величина, розподілена за експоненціальним законом $P(t_b)=1 - e^{-\mu t_b}$ [7,9]. Опускаючи перетворення, напишемо остаточний результат для коефіцієнта готовності:

$$K_r(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Зі збільшенням часу другий член правої частини рівності швидко зменшується, і коефіцієнт готовності асимптотично наближується до стаціонарного (не залежить від часу) значення, яке називають стаціонарний коефіцієнт готовності:

$$K_r = \mu / (\lambda + \mu)$$

Так як параметри потоку відмов та інтенсивність відновлення можна виразити через середнє напрацювання на відмову і середній час відновлення:

$$\lambda = 1 / \bar{T}; \mu = 1 / \bar{t}_b$$

то

$$K_r = \bar{T} / (\bar{T} + \bar{t}_b)$$

Коефіцієнт оперативної готовності $K_{ог}(t_0, t_1)$ – ймовірність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані в довільний момент часу t_0 , крім планованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається, і, починаючи з цього моменту, працюватиме безвідмовно протягом заданого інтервалу часу Δt . [6,7]

За визначенням

$$K_{op}(t_0, t_1) = K_r(t_0)P(t_1|t_0),$$

де $K_r(t_0)$ – коефіцієнт готовності об'єкта, віднесений на момент t_0 , коли виникає необхідність у застосуванні об'єкта за призначенням; $P(t_1|t_0)$ – умовна ймовірність безвідмовної роботи об'єкта на інтервалі (t_0, t_1) , яка визначається за умови, що на момент t_0 об'єкт перебуває у працездатному стані; $t_1 = t_0 + \Delta t$ - момент часу, коли застосування об'єкта за призначенням припиняється.

Коефіцієнт оперативної готовності характеризує надійність об'єкта, необхідність у застосуванні якого виникає у довільний момент часу, після настання якого потрібна безвідмовна робота протягом заданого інтервалу часу.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

Оцінка показників надійності включає проведення тестувань, аналіз статистичних даних про відмови та розрахунки на основі математичних моделей. Важливим етапом є визначення тривалості тестування для отримання достовірних результатів. Крім того, здійснюється постійний моніторинг та обслуговування пристроїв для попередження відмов та забезпечення їх надійної роботи.

Загальною метою оцінки показників надійності пристроїв залізничної автоматики є забезпечення безпеки руху поїздів та ефективної роботи залізничної системи. Це досягається шляхом розробки надійних пристроїв, використання нормативної бази, систематичного контролю та підтримки надійності протягом усього життєвого циклу пристроїв.

2.1 Основні методики оцінки надійності

На практиці використовують кілька різних методик, серед яких можна виділити наступні:

1. Випробування на надійність.

Випробування на надійність – один із способів отримання оцінки надійності, мета якого полягає у встановленні надійності пристрою у заданих умовах випробування. Об'єктом таких випробувань є партія виробів, із якої береться вибірка. Основними підходами таких випробувань є:

- випробування на надійність із заданим обсягом вибірки;
- випробування на надійність методами одноразової вибірки та дворазової вибірки;
- випробування послідовним методом.

За метою проведення, випробування поділяються на: визначальні та контрольні. Проведення визначальних випробувань необхідне знаходження показників надійності. Таких як:

- середній час напрацювання до відмови;

- ймовірність безвідмовної роботи;
- середній наробіток до відмови та ін.

Контрольні випробування необхідні для того, щоб визначити, чи відповідає партія виробів заданої надійності чи ні. Крім цього, існують і спеціальні випробування на надійність:

- випробування на термін служби;
- прискорені випробування терміном служби;
- випробування на руйнування під впливом зовнішніх факторів.

Мірою похибки є довірчий інтервал, заданий довірчими межами, отримати який можна знаючи математичну модель розподілу ймовірності відмов. Як правило, математична модель спочатку невідома. Тому результати випробувань порівнюють із відомими видами розподілів.

Вважається, що результати, отримані за випробуваннями, більш точні, ніж «експлуатаційні». Але при цьому оцінка надійності за результатами випробувань має низку значних недоліків:

- ✓ випробування досить фінансово-витратні, а також потребує великої кількості часу.
- ✓ під час проведення випробувань витрачається частина ресурсу виробів.
- ✓ не завжди результати є достовірними.

Тому найчастіше практично застосовуються аналітичні методи оцінки надійності. Наприклад, імітаційне моделювання.

2. Імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання є різновидом математичного моделювання. Суть його полягає в тому, що проводиться аналіз роботи реального пристрою шляхом експерименту, що імітує функціонування цього пристрою. Така імітація є чисельним способом розрахунку параметрів пристрою. В основі імітаційного моделювання є своя специфіка: таке моделювання застосовується у тих випадках,

коли складно описати роботу пристрою за допомогою математичної моделі, тобто неможливо спрогнозувати результат його роботи.

Для опису формальної моделі застосовують апроксимацію функціональних залежностей, а якщо це неможливо, то алгоритм функціонування пристрою. Як правило, етапи роботи пристрою описуються у ймовірнісних термінах. Також особливістю імітаційного моделювання і те, що у ньому враховується обслуговування пристрою. Дослідження надійності з імітаційного моделювання здійснюється у наступній послідовності:

- побудова формальної моделі.
- розробка програм імітації траєкторій моделі.
- проведення імітаційних експериментів.

Проблема такої методики полягає в її складності та витраті ресурсів. Тому її застосовують лише тоді, коли важко чи неможливо отримати аналітичне рішення. Тому найзастосовнішим з виробництва методом оцінки надійності є розрахунок інтенсивностей відмов.

3. Оцінка надійності з урахуванням розрахунку інтенсивностей відмов.

В основі такого розрахунку лежить експоненційний закон надійності, який є найзручнішим для аналітичного опису [6,7]. Формула цього закону має вигляд:

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

де: $p(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи;

λ – інтенсивність відмов;

t – час експлуатації.

Сенс цього закону у цьому, що на елемент діє потік відмов з інтенсивністю λ . Елемент відмовляє у момент, коли відбувається перша подія цього потоку. Як правило, для кожного класу елементів, що входять до складу пристрою, є своя математична модель інтенсивності відмов, отриманих на основі експлуатаційних статистичних даних. Основні методики для розрахунку інтенсивності відмов

електрорадіовиробів зведені довідники з надійності, також іноді виробники елементної бази дають свої власні моделі на серію виробів.

Методика розрахунку інтенсивностей відмов окремих елементів, що подана, наприклад, у [10], має вигляд:

$$\lambda_e = \lambda_0 \cdot \prod_{i=1}^n \Pi_i \quad (2.2)$$

де: λ_e – інтенсивностей відмов окремого елемента;

λ_0 – базова інтенсивність відмов типового елемента чи блоку, розрахована за результатами випробувань на безвідмовність, довговічність, ресурс;

Π_i – коефіцієнти, що враховують зміни експлуатаційної інтенсивності відмов залежно від різних факторів;

n – кількість факторів, що враховуються.

Коефіцієнти цієї моделі можна поділити на:

- коефіцієнти впливу вимог пристрою на конкретний виріб;
- коефіцієнти впливу властивостей конкретного виробу.

Для отримання експлуатаційної інтенсивності відмов всього пристрою чи системи є справедливою формула:

$$\lambda_c = \sum \lambda_e \quad (2.3)$$

λ_c – експлуатаційної інтенсивності відмов всієї системи.

Проблемою цієї методики є необхідність великої кількості вихідних даних для розрахунку експлуатаційної інтенсивності відмов всієї системи, але при цьому цю методику можна використовувати на будь-якому етапі проектування систем. У підсумку можна сказати, що на сьогоднішній день існує декілька методик розрахунку надійності. Кожна з них застосовується для різних випадків, але практика показує, що основною є методика оцінки надійності шляхом розрахунку інтенсивностей відмов.

Згідно ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення, термін інтенсивності відмов є показником безвідмовності неремонтуючих і

невідновлюваних об'єктів. Щоб врахувати факт відмови і відновлення об'єкта, вводять параметр потоку відмов $z(t)$ – відношення математичного сподівання кількості відмов відновлюваного об'єкта за досить малий його наробіток до значення цього наробітку[4].

$$z(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M[n(t + \Delta t)] - M[n(t)]}{\Delta t} = M'[n(t)]$$

Статистично параметр потоку відмов:

$$z(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_o \Delta t} = \frac{n_{cp}(\Delta t)}{\Delta t}$$

В окремому випадку, якщо $z(t)=const$ поняття параметр та інтенсивність потоку відмов збігаються: $z(t)=\lambda(t)$. Одиниці вимірювання та логіка застосування параметру потоку відмов аналогічні до інтенсивності відмов, що робить формули (2.1) – (2.3) справедливими і для параметру потоку відмов.

2.2. Оцінка надійності пристроїв автоблокування

В рамках бакалаврської роботи стоїть завдання оцінки надійності сигнальної точки автоблокування с числовим кодом та аналіз впливу її надійності на пропускну здатність перегону. Сигнальна точка є об'єктом автоматики, який являє собою сукупність окремих елементів автоматики, що виконують спільну функцію з регулювання руху поїздів. Для проведення оцінки надійності сигнальної точки скористаємося методикою розрахунку інтенсивності відмов, яка є найпоширенішою, що відзначено в попередньому пункті дипломної роботи. Для цього необхідно:

- визначити точний перелік обладнання сигнальної точки;
- за допомогою електричної принципової схеми визначити структуру з'єднання всіх елементів сигнальної точки (паралельно чи послідовно);
- визначити інтенсивності відмов кожного з елементів сигнальної точки окремо;
- визначити параметр відмов сигнальної точки загалом.

2.2.1 Визначення переліку обладнання

Принцип побудови кодового автоблокування ілюструє рис 2.1. Так як кодове рейкове коло служить передавачем стану блок-ділянок з колії на локомотивний пристрій АЛСН, то кодовий сигнал передається по рейковому колу назустріч руху поїзда. Джерелом (генератором) кодів служить кодовий дорожній трансмітер КПТ. Шифратор Ш (рис.2.1) вибирає код, що відповідає стану попереду блок-ділянок, що лежать. На виході шифратора Ш включено трансмітерне реле Т, яке працює в режимі обраного шифратором Ш коду. Через контакт трансмітерного реле Т підключається сигнальний струм у рейкове коло. Приймачем служить колійне реле, що працює в режимі коду, що передається по рейковому колу [1,14].

Впізнає прийнятий код дешифраторна чарунка ДЯ. На виході ДЯ включений контакт колійного реле И, а на виході – сигнальні реле Ж і З, які фіксують прийнятий ДЯ код.

При прийомі коду КЖ притягує якір сигнальне реле Ж, при прийомі коду Ж або З встають під струм обидва сигнальні реле Ж і З. При займанні рухомим складом рейкового кола колійне реле И не працює і обидва сигнальні реле відпускають свої якорі.

Сигнальні вогні світлофора перемикаються контактами реле Ж і З, як показано на рис.2.1. Справність ламп світлофора контролюється вогневим реле О.

Шифратор Ш (рис.2.1) є схемою з контактів сигнальних реле Ж і З, що з'єднує контакти трансмітера КЖ, Ж і З з обмоткою трансмітерного реле Т. Якість коду, що транслюється в наступне рейкове коло контактом трансмітерного реле Т, визначається станом сигнальних реле Ж і З [1, 15].

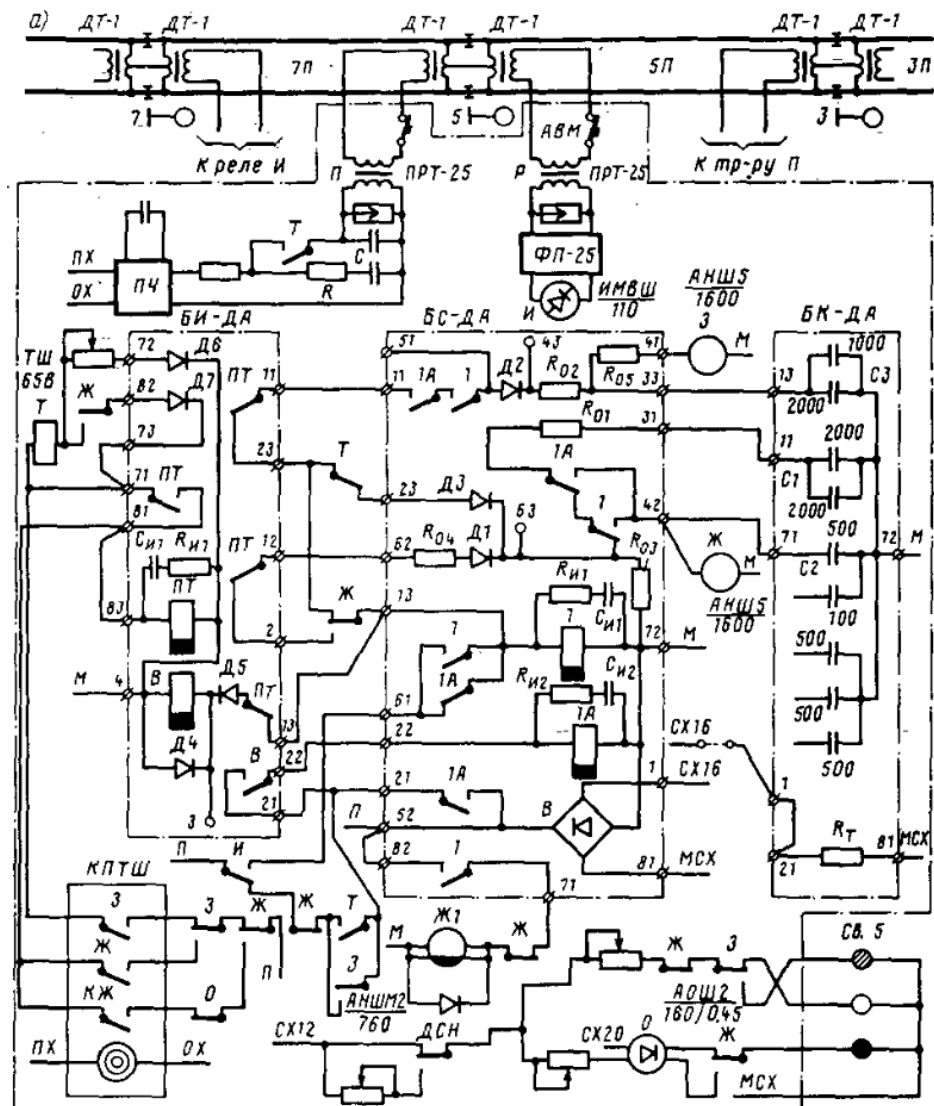


Рисунок 2.1 – Принципова схема сигнальної точки тризначного числового кодового АБ

Дешифраторна чарунка (рис. 2.1) у штепсельному виконанні складається із трьох блоків (рис. 2.2):

- БС – блок лічильників 1 та 1А, які фіксують кількість імпульсів у циклі та приймають код.
- БК – блок конденсаторів.
- БИ – блок захисних реле В і ПТ.

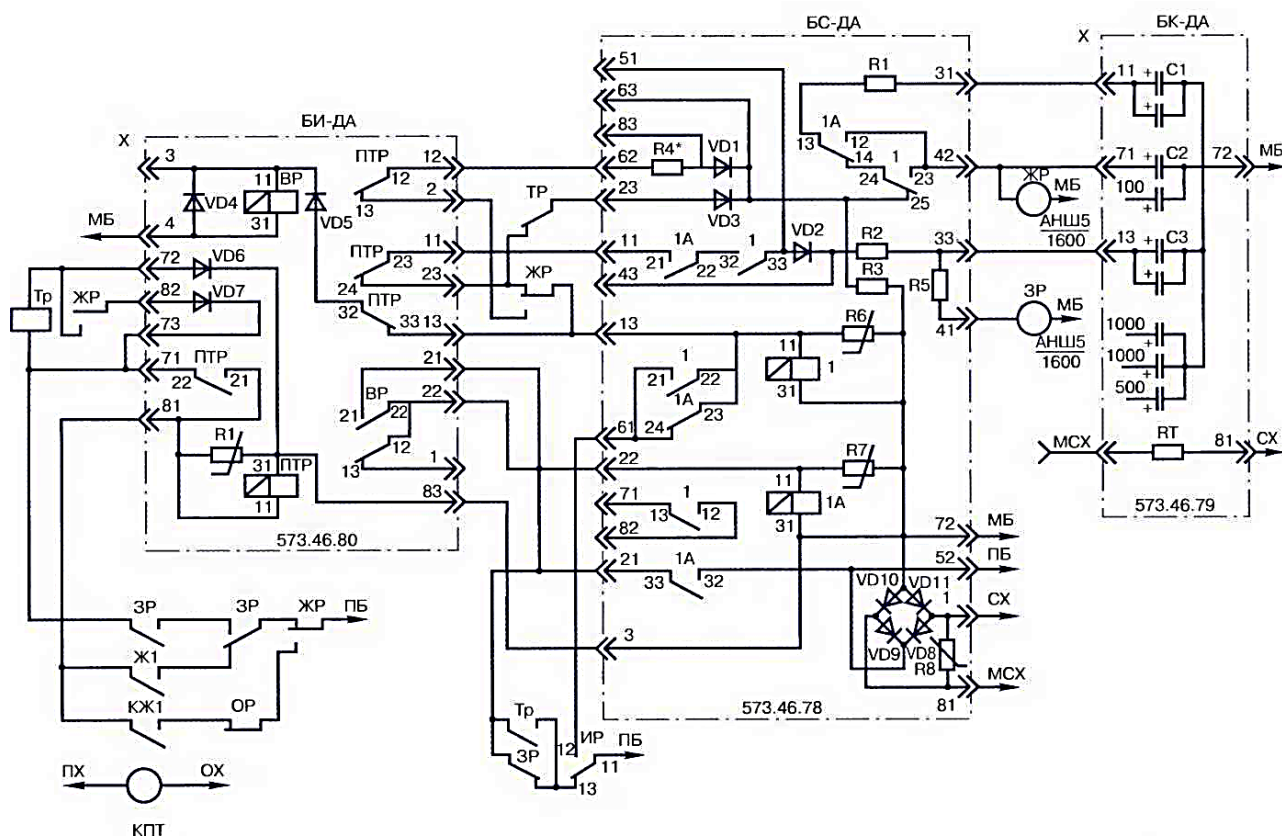


Рисунок 2.2 – Принципова схема блоків дешифратора числового кодового АБ

У кодовому рейковому колі застосовується одноелементне колійне реле І типу ІМВШ-110. Це реле не має селективності по фазі струму і може спрацювати від сигнального струму суміжного рейкового кола при пробі ізолюючих стиків. Оскільки в кожному наступному рейковому колі кодові сигнали несуть більш роздільну інформацію, ніж у попередній, то пробой ізолюючих стиків може призвести до помилкового, більш вирішального показання світлофора. Тому в числовому кодовому автоблокуванні застосовується схемний спосіб контролю справності стиків, що ізолюють. Принцип схемного способу заснований на асинхронній (різночасній) роботі імпульсного колійного реле І та трансмітерного реле Т у суміжних рейкових колах. Для цього суміжні рейкові кола кодуються від трансмітерів з різною тривалістю циклу (КПТ-5 та КПТ-7), а в дешифраторній чарунці (блок БИ) встановлені додаткові реле В і ПТ, що контролюють асинхронну роботу колійного реле І та трансмітерного реле Т у суміжних рейкових колах. Коло заряду конденсатора С1 і С3 (отже, і коло спрацьовування реле Ж і З) проходить через фронтовий контакт колійного реле І та тиловий контакт реле ПТ.

При пробою ізолюючих стиків обидва ці реле працюватимуть синхронно і коло заряду конденсаторів С1 і С3 буде розімкнена, що призведе до відпускання якорів реле Ж і З. [1, 15]

Система електроживлення автоблокування великою мірою визначає безперервність її роботи. При проектуванні автоблокування залежно від надійності зовнішнього енергопостачання застосовують дві системи електроживлення: на ділянках без електротяги – переважно змішана з частковим або повним резервуванням від акумуляторних батарей; на ділянках з електротягою – безбатарейна змінного струму. Найбільш сучасною та перспективною є безбатарейна система, яка переважно живиться від високовольтної лінії автоблокування, а резервне живлення здійснюється від лінії електропередачі ЛЕП. Лінії електропередач зазвичай підвищують на опорах контактної мережі і використовують ще для підключення лінійних споживачів (освітлювального навантаження, електроінструменту і т. д.). На ділянках без електротяги зазвичай проектують дволанцюгову високовольтну лінію: один ланцюг передбачають для живлення пристроїв автоблокування, а інший - для лінійних споживачів.

Електроживлення сигнальної установки за змішаною системою живлення здійснюється за схемою, наведеною на рис. 2.3. На силовій опорі є лінійний трансформатор ЛТР типу ОМ-0,63/10 (ОМ-0,63/6) або ОМ-1,25/10 (ОМ-1,25/6) в залежності від типу одиночної або спареної сигнальної точки. Цим трансформатором напруга знижується з 10 кВ (6 кВ) у високовольтній лінії до 230 В. Вихідна потужність трансформаторів дорівнює 0,63 та 1,25 кВА відповідно. Далі напруга надходить по проводах в кабельний ящик КЯ і потім в релейну шафу РШ, на обмотку аварійного реле А. [1,15]

При наявності напруги живлення від високовольтної лінії реле А збуджено і через його фронтіві контакти напруга живлення подається на колійний трансформатор ПТр, що живить рейкове коло, сигнальний трансформатор СТр, через низьковольтну обмотку (12 В) сигнальні лампи світлофора, двигун кодового колійного трансмітера КПП і випрямляч ВАК-11, що живить лінійні кола. Якщо основне живлення 230 В пропадає, аварійне реле А знеструмлюється і через його

тилові контакти прилади сигнальної точки підключаються до джерела резервного живлення. Аварійне реле А1 контролює наявність резервного живлення. При електротязі змінного струму схема електроживлення автоблокування з рейковим колами 25 Гц відрізняється лише включенням на живильному кінці статичного перетворювача типу ПЧ 50/25 і використанням в ланцюзі резерву трансформатора, так як в якості резерву застосовують лінію електропостачання лінійних споживачів ДПР напругою 27,5 кВ контактної мережі.

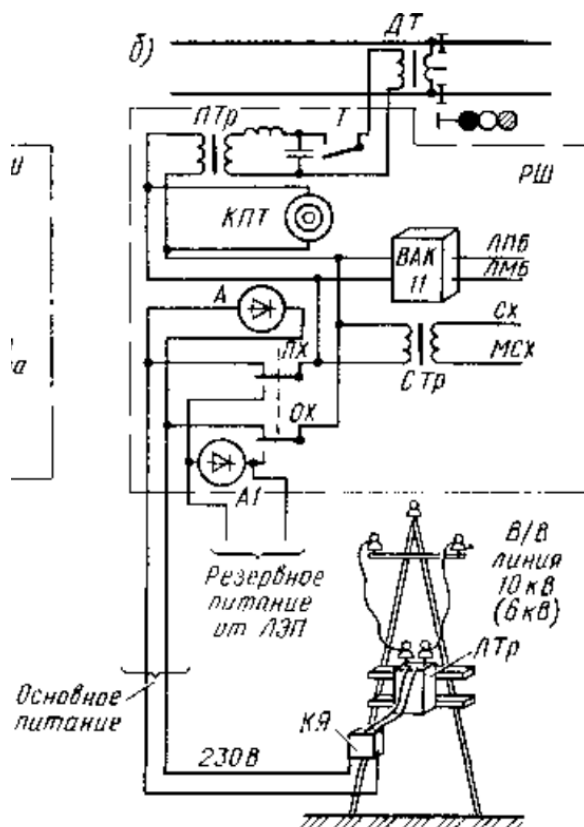


Рисунок 2.3 – Структурна схема живлення сигнальної точки числового кодового АБ

В підсумку можна зробити висновок, що все обладнання сигнальної точки можна розділити на наступні групи:

- 1) живлення сигнальної точки (трансформатор ОМ, кабельний ящик КЯ, перетворювач частоти ПЧ50/25, аварійні реле А та А1, ВАК-11, сигнальний трансформатор СТ, релейна шафа ШРУ);
- 2) приймання кодів з рейкового кола (дросьель-трансформатор ДТ, розрядник РВНШ, фільтр ФП-25, реле І);

- 3) блок прийняття рішень та керування світлофором (БС-ДА, БИ-ДА, БК-ДА, сигнальні реле Ж та З, вогневе реле О, світлофор);
- 4) вибір та передача кодів в рейкове коло (КПТШ, трансмітере реле Т, трансформатор ПРТ, схема іскрогасіння, розрядник РВНШ, дросель-трансформатор ДТ).

2.2.2 Розрахунок параметру потоку відмов сигнальної точки

Сигнальна точка знаходиться в справному стані і є працездатною за умови, що всі елементи автоматики, які встановлені на сигнальній точці знаходяться в справному стані. Отже для справної роботи сигнальної точки необхідно, щоб всі елементи, що приведені в переліку вище були в справному стані, бо вихід з ладу одного з елементів призведе до відмови всієї сигнальної точки. Таким чином сигнальна точка як система має логічно послідовне з'єднання елементів. В такому випадку параметр потоку відмов сигнальної точки як системи буде визначатися за формулою 2.3 [5-7]:

$$z_{CT} = \sum z_e = z_{Ж} + z_{ПК} + z_{ПР} + z_{КД}$$

де $z_{Ж}$ – параметр потоку відмов групи живлення сигнальної точки;

$z_{ПК}$ – параметр потоку відмов групи приймання кодів з рейкового кола;

$z_{ПР}$ – параметр потоку відмов блок прийняття рішень та керування світлофором;

$z_{КД}$ – параметр потоку відмов групи вибору та передачі кодів в рейкове коло;

Обчислимо це значення, скориставшись довідниковими даними значень потоків відмов окремих елементів [5-7]. Окремо обчислимо параметр потоку відмов елементів, що відсутні у довідкових даних: ФП-25 та схема іскрогасіння.

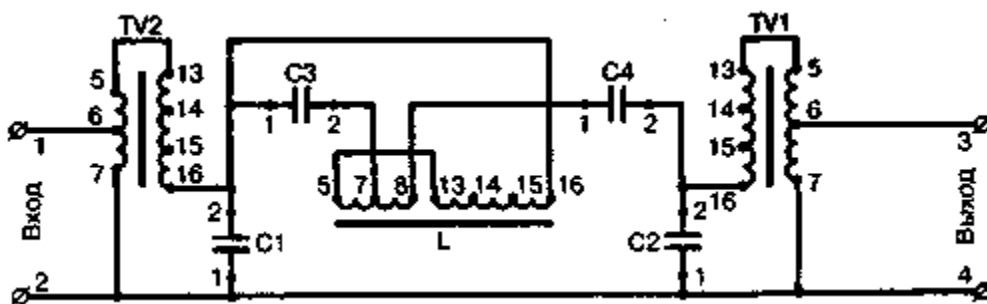


Рисунок 2.4 – Електрична схема колійного фільтра ФП-25

Згідно рис. 2.4 фільтр ФП-25 складається з трьох трансформаторів та чотирьох конденсаторів, з літератури [6-7, 10] відомі значення інтенсивностей потоків відмов для таких елементів. Для справної роботи ФП-25 необхідно, щоб всі елементи, що приведені вище були в справному стані, бо вихід з ладу одного з елементів призведе до відмови ФП-25 вцілому. Таким чином ФП-25 як система має логічно послідовне з'єднання елементів. В такому випадку параметр потоку відмов ФП-25 як системи буде також визначатися за формулою 2.3:

$$z_{\text{ФП}} = \sum z_e = 3 \cdot z_{\text{ТР}} + 4 \cdot z_{\text{Конд}} = 3 \cdot 0,11 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 0,07 \cdot 10^{-6} = 0,61 \cdot 10^{-6} \text{ [1/год]}$$

Схема іскрогасіння (рис. 2.1) складається з двох конденсаторів та одного резистора, по аналогії з фільтром розрахуємо параметр потоку відмов за формулою 2.3:

$$z_{\text{иск}} = \sum z_e = z_R + 2 \cdot z_{\text{Конд}} = 0,02 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 0,07 \cdot 10^{-6} = 0,16 \cdot 10^{-6} \text{ [1/год]}$$

Зібравши всі дані про потоки відмов елементів сигнальної точки, проаналізуємо їх. В табл. 2.1 зібрано всі параметри потоків відмов елементів сигнальної точки та відсортовані в порядку збивання, за даними табл 2.1 побудована діаграма (рис. 2.5).

Таблиця 2.1 – Параметри потоків відмов елементів сигнальної точки

№	Елемент	Параметр потоку відмов, $\cdot 10^{-6}$ [1/год]
1	трансформатор ОМ	1,7
2	трансмiтере реле Т	1,57
3	БК-ДА	0,97
4	фільтр ФП-25	0,61
5	БС-ДА	0,55
6	БИ-ДА	0,33
7	КПТШ	0,31
8	реле І	0,3
9	сигнальний трансформатор СТ	0,263
10	аварійні реле А та А1	0,26
11	трансформатор ПРТ	0,191
12	світлофор	0,17
13	релейна шафа ШРУ	0,16
14	розрядник РВНШ	0,16

15	схема іскрогасіння	0,16
16	дросьель-трансформатор ДТ	0,11
17	сигнальні реле Ж та З	0,06
18	ВАК-11	0,059
19	кабельний ящик КЯ	0,05
20	перетворювач частоти ПЧ50/25	0,03
21	вогневе реле О	0,02

На рис. 2.5 зображена діаграма потоків відмов елементів сигнальної точки, які впорядковані за спаданням. З діаграми видно, що найбільші потоки відмов мають живлячий трансформатор ОМ та трансмітерне реле Т та блок конденсаторів БК-ДА. Виходячи з цього можна зробити висновок, що для зменшення потоку відмов сигнальної точки необхідно провести заміну трансмітерного реле на більш надійне, як варіант на безконтактне. Також можна замінити електролітичні конденсатори блоку БК-ДА на більш сучасні, наприклад Low ESR 1000 мкФ 100V 105°C d18 h40, який має значно менший потік відмов.

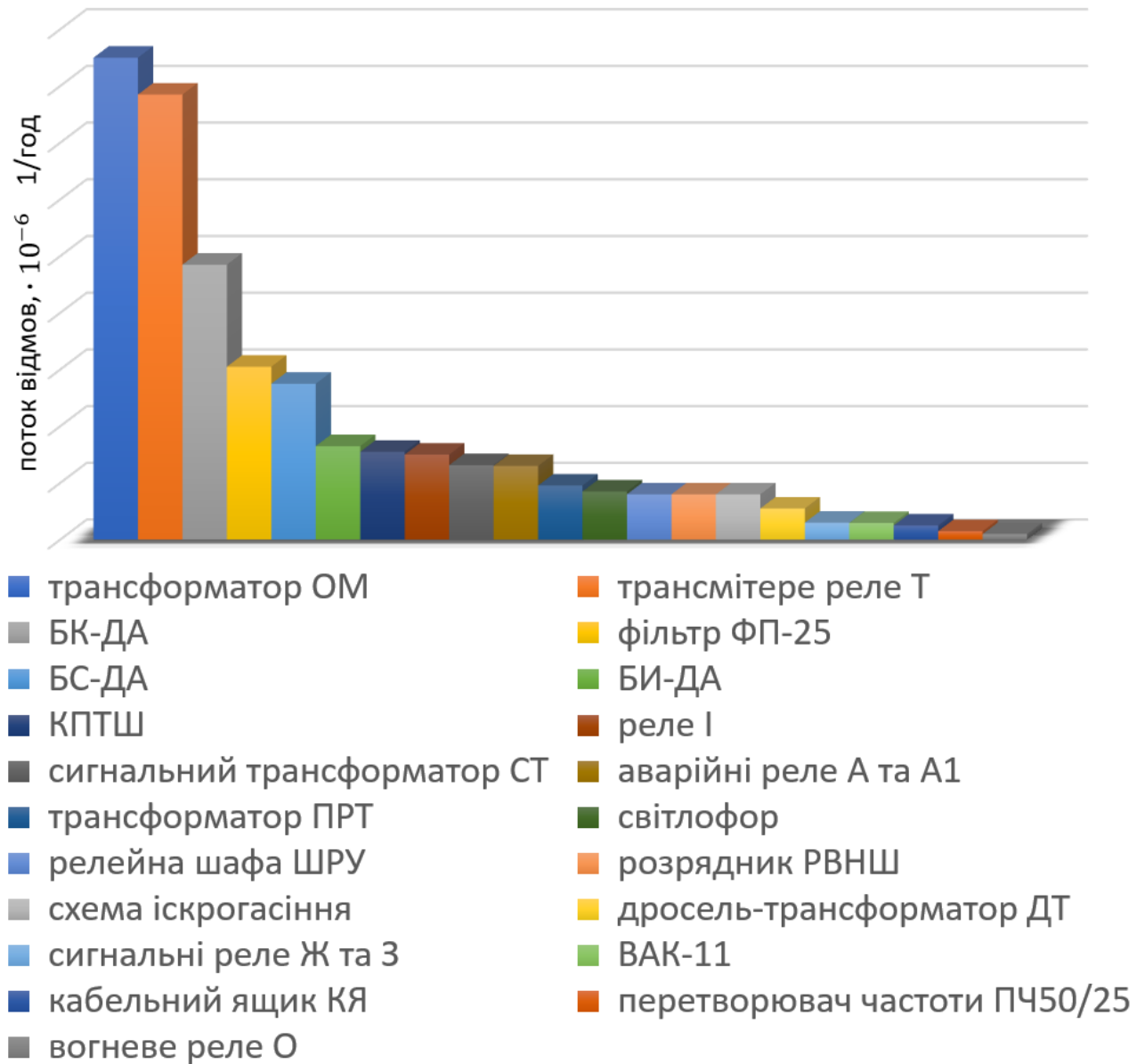


Рисунок 2.5 – Діаграма потоків відмов елементів сигнальної точки

Далі визначимо параметр потоку відмов кожної з груп обладнання сигнальної точки та параметр потоку відмов сигнальної точки загалом:

$$z_{Ж} = z_{ОМ} + z_{КЯ} + z_{ПЧ} + z_{А} + z_{ВАК} + z_{СТ} + z_{ШРУ} = 1,7 \cdot 10^{-6} + 0,05 \cdot 10^{-6} + 0,03 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 0,26 \cdot 10^{-6} + 0,059 \cdot 10^{-6} + 0,263 \cdot 10^{-6} + 0,16 \cdot 10^{-6} = 2,782 \cdot 10^{-6} \quad [1/\text{Год}]$$

$$z_{ПК} = z_{ДТ} + z_{РВНШ} + z_{ФП} + z_{І} = 0,06 \cdot 10^{-6} + 0,11 \cdot 10^{-6} + 0,61 \cdot 10^{-6} + 0,3 \cdot 10^{-6} = 0,936 \cdot 10^{-6} \quad [1/\text{Год}]$$

$$z_{ПР} = z_{БС} + z_{БИ} + z_{БК} + z_{ЖЗ} + z_{О} + z_{Св} = 0,55 \cdot 10^{-6} + 0,33 \cdot 10^{-6} + 0,37 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 0,06 \cdot 10^{-6} + 0,02 \cdot 10^{-6} + 0,17 \cdot 10^{-6} = 1,56 \cdot 10^{-6} \quad [1/\text{Год}]$$

$$z_{КД} = z_{КПТШ} + z_T + z_{ПРТ} + z_{іск} + z_{РВНШ} + z_{ДТ} = 0,31 \cdot 10^{-6} + 1,507 \cdot 10^{-6} + 0,191 \cdot 10^{-6} + 0,16 \cdot 10^{-6} + 0,16 \cdot 10^{-6} + 0,11 \cdot 10^{-6} = 2,438 \cdot 10^{-6} \text{ [1/Год]}$$

$$z_C = \sum z_e = z_{Ж} + z_{ПК} + z_{ПР} + z_{КД} = 2,782 \cdot 10^{-6} + 0,936 \cdot 10^{-6} + 1,56 \cdot 10^{-6} + 2,438 \cdot 10^{-6} = 7,716 \cdot 10^{-6} \text{ [1/Год]}$$

Окремо можна сказати, що отримане значення параметру потоку відмов сигнальної точки не включає в себе параметри потоку відмов таких елементів:

- ізолюючих стиків (до $10,5 \cdot 10^{-6}$),
- стикових з'єднувачів (до $16,5 \cdot 10^{-6}$),
- запобіжників (до $0,1 \cdot 10^{-6}$),
- кабелю (до $1,6 \cdot 10^{-6}$ на 1 км.),
- кабельних муфт (до $0,6 \cdot 10^{-6}$),
- баласту (до $7,5 \cdot 10^{-6}$).

Врахування вище перелічених елементів дозволить оцінити параметр потоку відмов автоблокування в цілому, з урахуванням кількості сигнальних точок та довжини перегону.

Отримавши параметр потоку відмов сигнальної точки можна розрахувати інші показники надійності, а саме: ймовірність безвідмовної роботи, ймовірність відмови, час наробіток до відмови. Показники, що оцінюються за період часу визначимо для проміжку часу, що дорівнює одному року ($t=8670$ год).

$$p(t) = e^{-z(t) \cdot t} = e^{-7,716 \cdot 10^{-6} \cdot 8670} = 0,935;$$

$$q(t) = 1 - e^{-z(t) \cdot t} = 1 - 0,935 = 0,065;$$

$$T = \frac{1}{z(t)} = \frac{1}{7,716 \cdot 10^{-6}} = 129600 \text{ год.}$$

2.2.3 Розрахунок коефіцієнту готовності сигнальної точки

Нерезервована система, що відновлюється, в довільний момент часу знаходиться в одному з двох станів: працездатному або непрацездатному. Зі працездатного стану в стан непрацездатний система переходить у результаті відмов з

інтенсивністю λ , а з непрацездатного у працездатний – внаслідок відновлення з інтенсивністю z . Надалі вважатимемо, що потоки відмов та відновлення є найпростішими, і $\lambda = \text{const}$ та $z = \text{const}$. Остання рівність означає, що продуктивність праці ремонтника постійна і не залежить від часу. Тому час відновлення має експоненційний розподіл $S(t) = 1 - e^{-zt}$. [4,7,11]

Основним показником надійності нерезервованої системи, що відновлюється, є коефіцієнт готовності k_r та ймовірність знаходження у непрацездатному стані. Згідно ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення коефіцієнт готовності – ймовірність того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено. При цьому скорочення часу відновлення веде до збільшення k_r та не впливає на безвідмовність системи.

$$k_r = \frac{\mu}{z + \mu}$$

$$P_v = \frac{z}{z + \mu}$$

При експоненційних законах розподілу часу напрацювання і часу відновлення випадковий процес роботи системи, що відновлюється, після закінчення деякого часу стабілізується, і ймовірність застати систему працездатною в довільний момент часу залишається постійною. Система із зазначеною властивістю називається ергодичною, а сам процес – марковським випадковим процесом.

Величина потоку відновлення залежить від продуктивності праці обслуговуючого персоналу та є величиною змінною на різних постах ЕЦ, але приблизно постійною в межах одного поста ЕЦ. Проведемо дослідження впливу потоку відновлення на коефіцієнт готовності та ймовірність знаходження у непрацездатному стані.

$$k_r(\mu) = \frac{\mu}{z + \mu} \quad (2.4)$$

$$P_v(\mu) = \frac{z}{z + \mu} \quad (2.5)$$

Для дослідження припустимо, що потік відновлення змінюється від 0 до 1 [1/год.], тоді за формулами (2.4) та (2.5) $k_r(0) \rightarrow 0$, $k_r(1) \rightarrow 1$, $P_v(0) \rightarrow 1$, $P_v(1) \rightarrow 0$. При цьому характер залежності буде мати експоненціальний вид.

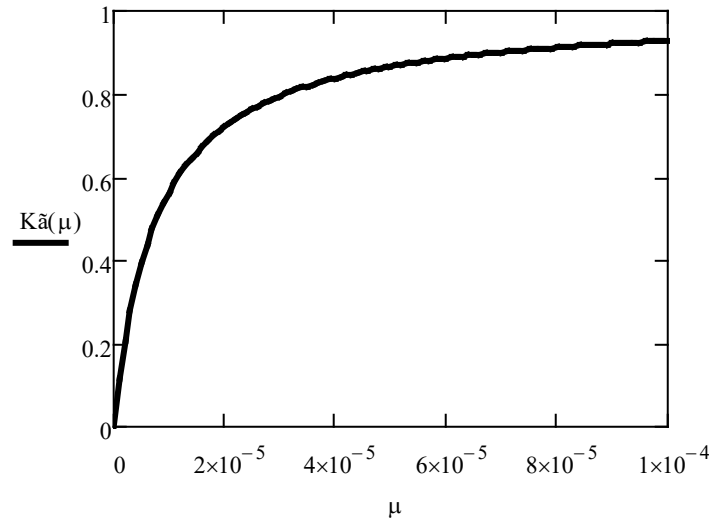


Рисунок 2.6 – Залежність коефіцієнту готовності від потоку відновлення

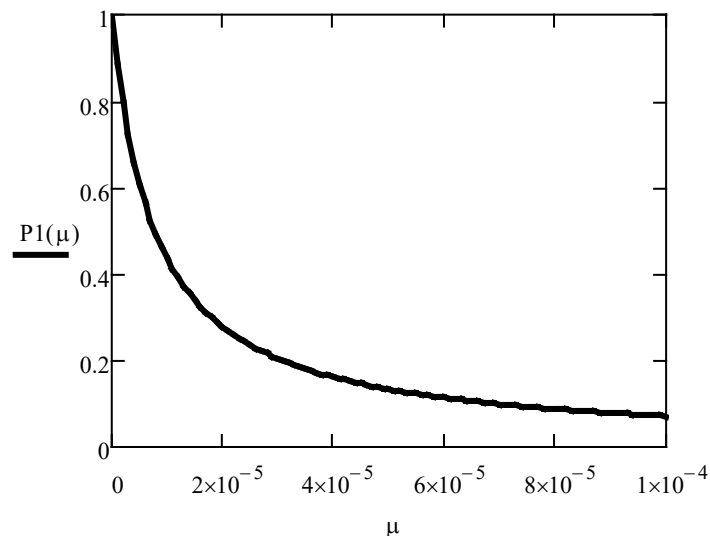


Рисунок 2.7 – Залежність ймовірності знаходження у непрацездатному стані від потоку відновлення

Рисунки 2.6 та 2.7 ілюструють лише ділянку, де потік відновлення змінюється від 0 до 10^{-4} [1/год.]. У залежності (2.4) відмітимо характерні точки, де k_r приймає наступні значення: 0,9; 0,95; 0,99; 0,999; 0,9999 і для них визначимо потік

відновлення та відповідний йому час відновлення $T_v = 1/\mu$, отримані дані представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналіз впливу потоку відновлення на коефіцієнт готовності

№	Параметр потоку відновлення, $\mu \cdot 10^{-6}$ [1/год]	Коефіцієнт готовності, k_r	Час відновлення, год	Ймовірність знаходження у непрацездатному стані, P _v
1	0,71	0,9	14080	0,1
2	1,5	0,95	6711	0,05
3	77	0,999	128	0,001
4	817	0,9999	12	0,0001
5	5210	0,99999	2	0,00001

З приведеної табл. 2.2. видно, що для досягнення коефіцієнту готовності сигнальної точки 0,99999 необхідно, щоб середня швидкість усунення несправності складала дві години, що є досить реальною та досяжною цифрою, оскільки нормами часу на пошук та усунення несправності у сигнальній точці передбачено 43 хвилини.

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Вплив показників надійності пристроїв СЦБ на затримку поїздів

Як відомо пристрої СЦБ відповідають не лише за безпеку руху поїздів, а й за пропускну спроможність ділянок залізниці. Відмова в пристроях автоматики, навіть якщо вона захисна (не є небезпечною) дуже часто призводить до зупинки поїздів. Тривалість зупинки залежить від багатьох факторів: системи, де трапилася відмова; складності пошуку відмови, складності усунення відмови, компетенції обслуговуючого персоналу; кількості та завантаженості обслуговуючого персоналу; наявності обладнання та запасних частин тощо.

В будь якому випадку зупинка поїзда – це втрати поїздо-годин, які, в залежності від тривалості зупинки, можуть розповсюджуватися на інші поїзди, що рухаються позаду. Якщо зупинка одного поїзда досить тривала і він вибивається з графіку руху, то з великою ймовірністю така зупинка потягне зміну графіку руху інших поїздів на цій ділянці, що призведе до стрімкого збільшення втрат поїздо-годин від відмови у пристроях СЦБ.

Проведемо оцінку впливу параметру потоку відмов та потоку відновлення на втрати поїздо-годин. У таблиці 3.1 приведено необхідні для розрахунку вихідні данні.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Позначення	Одиниці виміру	Значення
Кількість відмов за рік на Південно-Західній залізниці в наслідок електромагнітного впливу	<i>Not</i>	шт	змінна
Довжина дільниці	<i>Lu</i>	км	220
Ходова швидкість потягу	<i>Vx</i>	км/Г	60
Дільнична швидкість потягу	<i>Vu</i>	км/Г	32
Середня кількість вагонів у потягу	<i>mv</i>	шт	60
Коефіцієнт, що враховує додаткові локомотиви	<i>Kt</i>	-	1,1
Середній час пошуку несправності в р.к. кодової АБ	<i>Tposhuk</i>	хв	23
Середній час усунення несправності в р.к. кодової АБ	<i>Tus</i>	хв	20

Дільнична швидкість потягу (V_u) враховує характерну для проектуємої ділянки інтенсивність руху вантажних та пасажирських потягів.

Коефіцієнт K_t враховує використання додаткових локомотивів для тяги або підштовхування деяких потягів на складних ділянках.

Припустимо, що кожна відмова у сигнальній точці супроводжується зупинкою потягу. Кількість відмов (Not) є величиною змінною, що залежить від потоку відновлення та параметру потоку відмов, тобто визначається коефіцієнтом готовності. Визначимо експлуатаційні витрати, що пов'язані із розгоном і сповільненням поїздів [13]:

$$Z_p = C_p \cdot Not = 57654.2$$

Визначимо кількість поїздо-годин простою за рік на шляху проходження дільниці по причині відмов рейкових кіл:

$$NH = Not \cdot 2 \cdot Lu \cdot \left(\frac{1}{V_x} + \frac{1}{V_u} \right) = 1374.92 \text{ поїздо-год}$$

Враховуючи, що Not залежить від потоку відновлення та параметру потоку відмов, то NH є функцією двох змінних, що визначають поверхню, яка зображена на рис. 3.1. Зростання параметру потоку відмов призводить до того, що відмови трапляються частіше, а зниження потоку відновлення призводить до того, що час пошуку та усунення однієї відмови збільшується.

З приведенного рисунку видно, що зростання параметру потоку відмов при незначних значеннях потоку відновлення призводить до стрімкого зростання втрат поїздо-годин, оскільки збільшується кількість і тривалість відмов, що в свою чергу призводить до збою в графіку руху поїздів, утворення черги поїздів та накопиченню поїздо-годин простою кожним поїздом в черзі. Використовуючи отриманий графік можна визначити такий необхідний потік відновлення, при заданому (наявному) параметрі потоку відмов, при якому черга з поїздів не буде утворюватися та втрати поїздо-годин не перевищуватимуть допустимих для конкретної ділянки значень.

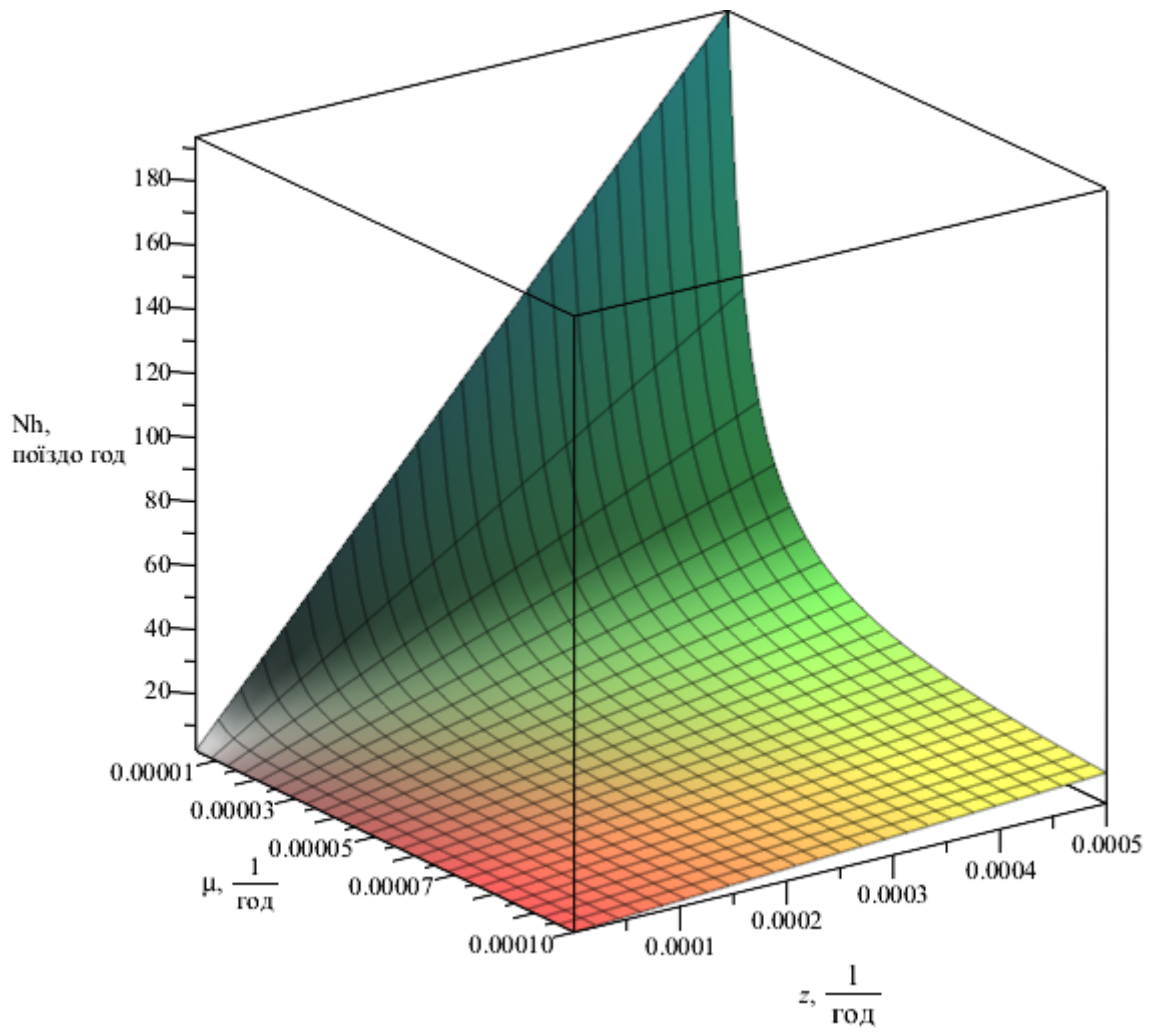


Рисунок 3.1 – Залежність втрат поїздо-годин від параметру потоку відмов та потоку відновлення

Висновки та рекомендації

Дослідження надійності є необхідним кроком у розробці нових продуктів та систем автоматики. Воно допомагає ідентифікувати можливі проблеми та вдосконалювати конструкцію, компоненти та процеси. Це стимулює інновації, покращує якість та дозволяє впроваджувати нові технічні рішення. Крім того у багатьох галузях існують стандарти, норми та правила, які вимагають певний рівень надійності. Дослідження надійності допомагають перевірити відповідність стандартам, нормам та правилам і впроваджувати необхідні заходи для виконання цих вимог. Усі ці аспекти підкреслюють важливість дослідження надійності як інструменту для забезпечення безпеки, якості, ефективності роботи залізничної автоматики.

Найбільші параметри потоку відмов мають живлячий трансформатор ОМ та трансмітерне реле Т та блок конденсаторів БК-ДА В результаті проведеної роботи можна зробити висновок, що для зменшення потоку відмов сигнальної точки необхідно провести заміну трансмітерного реле на більш надійне, як варіант на безконтактне. Також можна замінити електролітичні конденсатори блоку БК-ДА на більш сучасні.

З'ясовано, що зростання параметру потоку відмов призводить до зниження коефіцієнта готовності, а зростання потоку відновлення навпаки збільшує коефіцієнт готовності. Таким чином, з використанням цього графіки можна виходячи з наявного (розрахованого чи експериментально встановленого) параметру потоку відмов та бажаного коефіцієнта готовності визначити необхідний потік відновлення, а як наслідок – прийняти відповідні рішення щодо штату обслуговуючого персоналу, закупки необхідних запасних частин та ремонтного обладнання, встановлення інформаційних діагностичних систем тощо.

В роботі показано, що зростання параметру потоку відмов при незначних значеннях потоку відновлення призводить до стрімкого зростання втрат поїздо-годин, оскільки збільшується кількість і тривалість відмов, що в свою чергу призводить до збою в графіку руху поїздів, утворення черги поїздів та накопиченню

поїздо-годин простою кожним поїздом в черзі. Використовуючи отриманий графік можна визначити такий необхідний потік відновлення, при заданому (наявному) параметрі потоку відмов, при якому черга з поїздів не буде утворюватися та втрати поїздо-годин не перевищуватимуть допустимих для конкретної ділянки значень.

Перелік посилань

1. Дмитриев В.С., Минин В. Новые системы автоблокировки. – М.: Транспорт. 1992. – 182 с.
2. Федоров Н.Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: Учебное пособие.-Самара:СамГАПС,2004.
3. Кулик П.Д., Ивакин Н.С., Удовиков А.А. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей.-2003.
4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.
5. Канарчук В.С., Полянський С.К., Дмитрієв М.М. Надійність машин: Підручник. – Либідь, 2003 – 424 с
6. Кустов В.Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики: Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. - 218 с.
7. Заміховський Л.М. Основи теорії надійності і технічної діагностики систем: Навчальний посібник./ Л.М. Заміховський, В.П. Калявін.– Івано-Франківськ: Вид-во “Полум’я”, 2019.– 360 с.
8. Сеньо, П. С. Теорія ймовірностей та математична статистика : підручник / П. С. Сеньо. - К. : Знання, 2007. - 556 с.
9. Лозинський О., Щербовських С. Розрахунок параметра потоку відмов відновлюваного об’єкта з урахуванням тривалості ремонтів / О. Лозинський, С. Щербовських. – Львів, 2008. – с. 92-101.
10. MIL-HDBK-217F. Military handbook. Reliability prediction of electronic equipment. Department of defense Washington DC 20301, 1991. – 205 p.
11. NSWC-11. Handbook of reliability prediction procedures for mechanical equipment. - USA: CARDEROC DIV, 2011. - 522 p.
12. Hongzhou, Wang Reliability and optimal maintenance / Wang Hongzhou, Hoang Pham. — London: Springer-Verlag, 2006. — 345 p.

13. Оценка экономической эффективности инвестиций в мероприятиях научно-технического прогресса: учебно-методическое пособие // [Е.И. Балака, И.Г. Бойко и др.; под ред. В. Л. Диканя]. – Харьков : Основа, 1995. – 254 с.
14. Аркатов В. С., Кравцов Ю. А., Степенский Б. М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с.
15. Казаков, А. А., Казаков, Е. А., Бубнов, В. Д. Системы интервального регулирования движения поездов.-М: Транспорт - 1986.