

**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

МАТУСЕВИЧ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.331 : 621.311 - 52

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОМПЛЕКСУ КЕРУВАННЯ
СИСТЕМОЮ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Спеціальність 05.22.09 – електротранспорт

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2008

**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

До друку _____ Боднар Б.Є.

МАТУСЕВИЧ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.331 : 621.311 - 52

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОМПЛЕКСУ КЕРУВАННЯ
СИСТЕМОЮ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Спеціальність 05.22.09 – електротранспорт

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі електропостачання залізниць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук
Сиченко Віктор Григорович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Міністерства транспорту та зв'язку України,
завідувач кафедри електропостачання залізниць.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Жарков Юрій Іванович,
Ростовський державний університет шляхів сполучення
Росія, Міністерство транспорту Російської Федерації,
завідувач кафедри автоматизованих систем
електропостачання;

кандидат технічних наук, доцент
Цвіркун Леонід Іванович,
Національний гірничий університет Міністерства освіти
і науки України, м. Дніпропетровськ,
професор кафедри автоматизації та комп'ютерних
систем.

Захист відбудеться «_____»_____2008 р. о _____годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. академіка В. Лазаряна, 2, ауд. _____.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Автореферат розісланий «____»_____2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор _____ Костін М.О.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вирішення першочергових задач, які стоять перед електрифікованими залізницями України та метрополітенами, неможливе без забезпечення стійкої і надійної роботи тягового електропостачання електричного транспорту. Тому при ускладненні технологічних процесів і режимів роботи залізниць у сучасних умовах експлуатації необхідно удосконалення та підвищення надійності комплексів керування системою тягового електропостачання, що функціонують в умовах внутрішніх та зовнішніх загроз, під якими розуміються потенційно можливі події, дії, процеси, які можуть привести до відмов комплексу.

Проведені автором дослідження та результати роботи господарства електрифікації тягового електропостачання електричного транспорту в 2005 - 2006 роках показують, що відмови комплексу керування тяговим електропостачанням можуть привести до зриву подачі електроенергії в тягову мережу залізниці та метрополітену (споживачі 1 категорії). В результаті цього відбудеться затримка руху електрорухомого складу, що призведе до економічних збитків. Наприклад, у 2006 році за рахунок пошкоджень пристроїв електропостачання силового устаткування затримано 146 поїздів на 191 годину, що склало 28,1 % від загальної кількості затримок поїздів. У тому числі, за рахунок пошкоджень комплексів керування системою тягового електропостачання від загроз затримано 17 поїздів на 32,1 години. При відмовах апаратури телекерування, які призводять до помилкового вмикання силового устаткування в тягову мережу, можливі аварії. Наприклад, на пристроях електропостачання у 2006 році допущено п'ять транспортних подій, що склало 10,4 % від їх загальної кількості, з них дві - за рахунок пошкоджень комплексів керування. Можливі випадки з небезпекою для життя людей, які проводять технічне обслуговування або ремонт устаткування шляхом зняття напруги: наприклад, випадок смертельного травматизму в ЕЧ-8 ст. Стрий Львівської залізниці, що відбувся 08. 06. 2004 року.

Вищевикладене підтверджує, що тема роботи є актуальною і її виконання доцільне з точки зору підвищення ефективності роботи залізничного транспорту та метрополітену за рахунок підвищення надійності комплексу керування системою електропостачання електричного транспорту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Робота виконана у відповідності з Постановою Кабінету Міністрів України від 23. 04. 1999 р. № 661 «Про заходи державної підтримки залізничного транспорту», щорічними координаційними планами науково дослідних та конструкторських робіт «Укрзалізниці», програмою електропостачання на залізничному транспорті України на період 1996 – 2010 роки, схваленої рішенням техніко – економічної ради Укрзалізниці від 26. 06. 1996 року.

Обрані дослідження зв'язані з планами робіт у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за такими темами:

- «Розробка концепції енергетичної стратегії Укрзалізниці на період до 2010 р. та на перспективу до 2020 р.», № держреєстрації 0106U005700;
- «Підвищення надійності пристроїв контактної мережі електрифікованих залізниць», № держреєстрації 0107U002523;
- «Розробка технології енергооптимального керування пристроями електропостачання електрифікованими ділянками залізниць», № держреєстрації 0101U002583.

Основні результати роботи отримано під час досліджень, в яких дисертант виступав у якості виконавця і є співавтором звітів зазначених науково – дослідних робіт.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є пошук шляхів та методів підвищення надійності комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту при його функціонуванні в умовах дії внутрішніх та зовнішніх загроз.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові задачі:

- забезпечення здійснення системного підходу до захисту комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту від загроз;
- дослідження впливу інтегрального показника рівня захисту комплексу керування системою тягового електропостачання від загроз на надійність комплексу;
- підвищення імовірності безпомилкового керування силовим устаткуванням тягового електропостачання при застосуванні комплексів керування «Лісна», «ЕСТ - 62»;
- зменшення часу циклу обміну інформації комплексу.

Об'єкт досліджень – процеси керування системою тягового електропостачання електричного транспорту залізниць та метрополітену.

Предмет досліджень – комплекс керування системою тягового електропостачання електричного транспорту.

Методи досліджень - системний та статистичний аналізи, класичні методи розрахунку показників надійності, теорія ймовірностей та математичної статистики, математичні моделі захисту інформаційних систем, теорія нечітких множин, методи лінгвістичних змінних, теорія експертних оцінок. Обробка експериментальних досліджень виконана на ПЕОМ з використанням спеціалізованих програмних забезпечень: STATISTIKA, EXCEL та MATHCAD.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше розроблено метод системного підходу до захисту комплексу керування тяговим електропостачанням електричного транспорту від загроз, який дає змогу прогнозувати інтенсивність відмов комплексу

шляхом визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту з урахуванням не тільки технічних, але й організаційно – правових та програмних заходів.

2. Запропоновано метод і методику визначення чисельного значення інтегрального показника рівня захисту з урахуванням повноти виконання вимог і рекомендацій при сучасних умовах експлуатації та технічних засобах, що дозволяє більш точно оцінити надійність комплексу керування системою тягового електропостачання.

3. Вперше отримано аналітична залежність інтенсивності відмов елементів комплексу керування від інтегрального показника рівня захисту, що дозволило розробити відповідну методику по визначенню інтенсивності відмов та імовірності безвідмовної роботи комплексу керування в цілому, з урахуванням рівня захисту від загроз.

4. Розроблено нову систему передачі інформації, в якій вперше введено опорний контрольований пункт з метою зменшення терміну часу циклу обміну інформацією між контрольованими пунктами та диспетчерським пунктом, що дає можливість зменшити кількість пауз, під час яких здійснюється синхронізація апаратури контрольованих пунктів частотою апаратури диспетчерського пункту при використанні сучасних комплексів керування.

Отримані нові науково обґрунтовані результати по підвищенню надійності комплексу керування системою тягового електропостачання є суттєвими для розвитку наукових знань у галузі електропостачання електричного транспорту.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Запропонований метод та розроблена структурна схема дублювання при формуванні та передачі сигналів телекерування, можуть бути застосовані для підвищення імовірності безпомилкового керування комплексом «Лісна» та «ЕСТ 62» з урахуванням можливих загроз, що зменшить імовірність впливу завад, які можуть виникнути в результаті помилкових дій оператора та збоїв роботи апаратури.

2. Розроблена схема по модернізації зв'язку між контрольованими пунктами та диспетчерським пунктом комплексу «Граніт - мікро» через опорний контрольований пункт з використанням волокно - оптичних ліній зв'язку. Це дозволяє зменшити термін часу циклу обміну інформації між контрольованими пунктами та диспетчерським пунктом комплексів «Граніт - мікро», «SCADA Квант - 2000», що дає можливість частково компенсувати час, необхідний для динамічного контролю за достовірністю повідомлення комплексу, починаючи від лінії зв'язку модуля з датчиком і закінчуючи вузлами приймача в умовах загроз. Здійснення динамічного контролю потребує збільшення удвічі терміну часу доставки інформації та збільшення довжини інформаційного повідомлення.

3. Розроблені автором вимоги та рекомендації до захисту елементів комплексу керування системою тягового електропостачання від навмисних

силових дій застосовані на Луганській дистанції електропостачання Донецької залізниці та в Київському метрополітені.

4 Основні підходи до захисту впроваджено в навчальному процесі кафедри «Електропостачання залізниць» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при викладанні дисципліни «Автоматизація систем електропостачання».

5. Для автоматизації розрахунку інтегрального показника рівня захисту комплексу керування тяговим електропостачанням від загроз розроблено програму для електронно - обчислювальної машини.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується адекватно обраним математичним апаратом, проведенням експериментальних досліджень, достатнім збігом одержаних теоретичних та практичних результатів, позитивними результатами використання розробок у технологічному процесі керування системою тягового електропостачання на Луганській дистанції електропостачання та в Київському метрополітені.

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно сформулював цілі, задачі досліджень, наукові положення, провів теоретичні та експериментальні дослідження. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримано автором самостійно. У роботах, які написані в співавторстві, автору належать: у [2] – аналіз причин відмов комплексу керування; у [6] - проведення дослідження імовірності безвідмовної роботи комплексу керування та залежності інтенсивності відмов елементів комплексу керування системою тягового електропостачання від інтегрального показника рівня захисту від загроз.

Роботи [1], [3], [4], [5] написано без співавторів, самостійно.

Апробація результатів дисертації Основні положення і результати дисертації докладалися на: 3 - ому Міжнародному симпозіумі «Электрификация и развитие энергосберегающей инфраструктуры и электроподвижного состава на железнодорожном транспорте» (Росія, Санкт – Петербург, листопад, 2005 р.); 65 - й Міжнародній науково – практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень, 2005 р.); 66 - й Міжнародній науково – практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень, 2006 р.); 2 - й Міжнародній науково – практичній конференції «Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте» (Алушта, червень, 2006 р.); 1 - й Міжнародній науково – практичній конференції "Електрифікація залізничного транспорту, ТРАНСЕЛЕКТРО - 2007" (Дніпропетровськ, жовтень, 2007 р.); 67 - й Міжнародній науково – практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, травень, 2007 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 12 наукових публікаціях, з них: 6 - у фахових виданнях, 6 – у тезах доповідей та матеріалах міжнародних науково - практичних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаної літератури та 6 додатків. Основний текст роботи викладено на 136 сторінках. Дисертація містить 32 рисунки, 16 таблиць; рисунки, таблиці, які розміщені на окремих сторінках, займають 7 сторінок. Список літератури з 109 найменувань на 11 сторінках. Додатки на 42 сторінках. Повний об'єм дисертації складає 189 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, викладено методи досліджень, наукову новизну, практичне значення результатів дисертації та наведено відомості про апробацію роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасного стану комплексів керування системою тягового електропостачання електричного транспорту, з якого випливає, що основною особливістю цієї системи є те, що в кожний момент часу перетворення електроенергії та її передача повинні строго відповідати використанню. Встановлено також те, що якісне вирішення задач електрифікованих залізниць України та метрополітенів неможливе без забезпечення стійкої і надійної роботи системи тягового електропостачання. Однак на цей час є проблеми з забезпеченням нормального режиму роботи цієї системи.

Розглянуто методи підвищення надійності комплексів керування системою електропостачання за рахунок не врахованих факторів при визначенні надійності зазначених комплексів, а саме: підвищення імовірності безпомилкового керування силовим устаткуванням («ЕСТ - 62», «Лісна»); зменшення терміну часу циклу обміну інформації між контрольованими пунктами та диспетчерським пунктом дистанції електропостачання (комплекси «Граніт - мікро», «SCADA Квант - 2000»); системного підходу здійснення всебічного захисту комплексів керування від внутрішніх та зовнішніх загроз.

Проведено аналіз експлуатаційної надійності комплексів керування різних поколінь та визначено основні напрями захисту комплексів від загроз, а саме: захист системи керування від внутрішніх та зовнішніх силових дій; захист каналів зв'язку; захист апаратури центрально приймально – передавальної станції диспетчерського пункту, електронно – обчислювальних машин контрольованих пунктів та програмного забезпечення комплексу; захист функціональних модулів комплексу.

Визначено, що разом з очевидними перевагами технічних характеристик сучасних інтегрованих комплексів керування системою тягового електропостачання, виникають апаратні і програмні труднощі при їх

застосуванні. У сучасному комплексі керування формується інформаційна система, яка повинна бути захищена від внутрішніх та зовнішніх загроз. Розділ завершується постановкою задач досліджень.

У *другому розділі* викладено результати досліджень та наведено рекомендації по підвищенню надійності комплексів керування за рахунок таких заходів.

1. Підвищення імовірності безпомилкового керування силовим устаткуванням тягового електропостачання (комплекси «ЕСТ - 62», «Лісна»). Для вирішення цієї проблеми в роботі пропонується схема дублювання формування та передачі сигналів телекерування (рис.1).

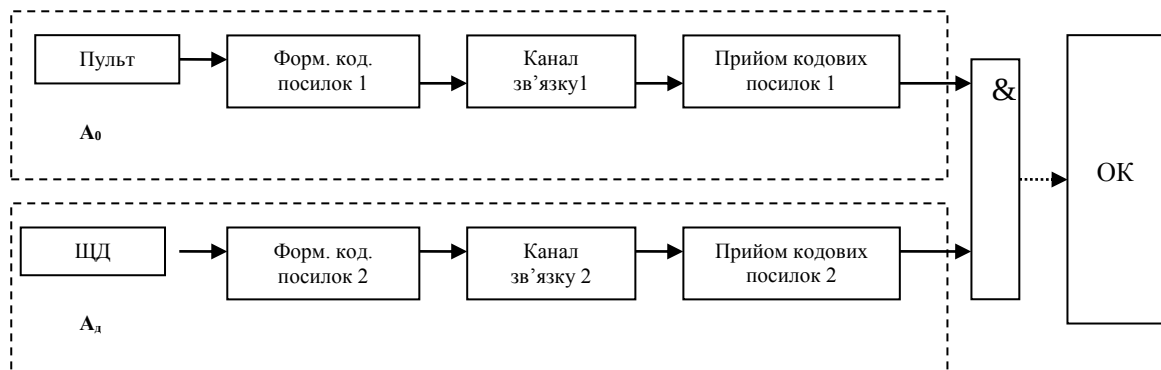


Рис.1. - Структурна схема дубльованої передачі сигналу телекерування,

де A_0 – основний канал; A_D – дублюючий канал; $\&$ - кон'юнктура; ОК – об'єкт керування (високовольтний комутаційний апарат).

Позначимо імовірність безпомилкової передачі сигналу телекерування каналів A_0 і A_D - P .

Схема залишається працездатною в наступних випадках :

якщо A_0 і A_D працездатні, то імовірність такої події – P^2 ;

якщо A_0 - справний, A_D – несправний, то відповідна імовірність – $P(1-P)$;

якщо A_0 - несправний, A_D – справний, то відповідна імовірність - $(1-P)P$.

Тоді імовірність безпомилкової передачі сигналу телекерування можна записати як суму:

$$P_c = P^2 + 2P(1-P) = 2P - P^2, \quad (1)$$

або, враховуючи реальну надійність кон'юнктура, маємо:

$$P_c = P_k(2P - P^2). \quad (2)$$

Наприклад, імовірність безпомилкової передачі сигналу телекерування кожного каналу A_0 і $A_D - P = 0,9$. Припустимо, що кон'юнктур абсолютно надійний і імовірність його безвідмовної роботи - $P_K = 1$. У цьому випадку ефект підвищення безпомилкової передачі сигналу телекерування приведеної структурної схеми (рис.1) згідно (2) складе - $P_C = 0,99$. Як бачимо, імовірність безпомилкової передачі сигналу телекерування збільшилася.

2. Застосування запропонованої в дисертації нової структури обміну інформацією комплексів керування системою тягового електропостачання з метою зменшення терміну часу циклу обміну інформації між контрольованими та диспетчерським пунктами комплексів «Граніт - мікро», «SCADA Квант - 2000».

Для вирішення цієї задачі автором розроблено нову систему передачі інформації, в якій запропоновано ввести опорний контрольований пункт, що дає можливість зменшити кількість пауз, під час яких здійснюється синхронізація апаратури контрольованих пунктів частотою апаратури диспетчерського пункту при використанні комплексу «Граніт - мікро» та «SCADA Квант - 2000» (рис. 2).

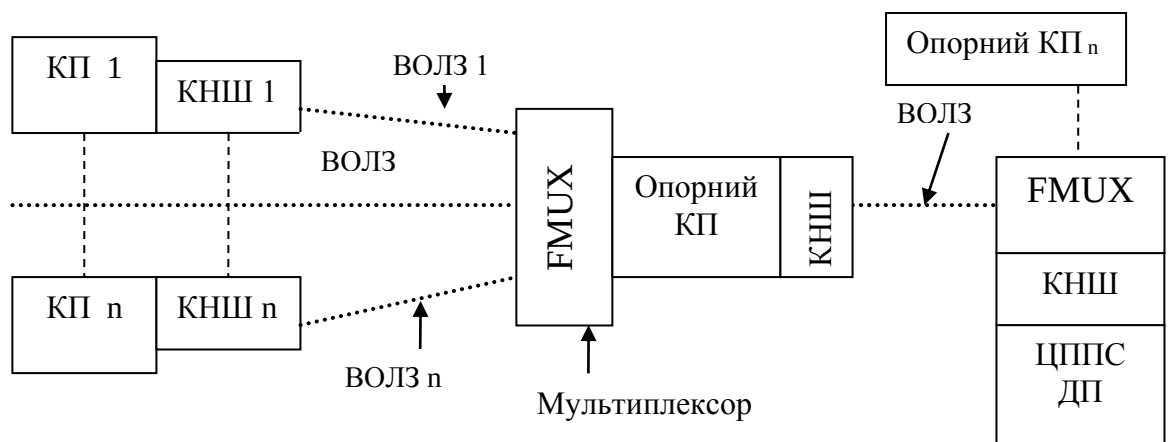


Рис.2 - Схема передачі інформації із контрольованих пунктів(1 - n) на диспетчерський пункт ділянки електропостачання через опорний контрольований пункт з використанням волоконно - оптичних ліній зв'язку, де КП - контрольований пункт; КНШ - контролер накопичувач – шлюз; ВОЛЗ - волоконно – оптичні лінії зв'язку; FMUX - волоконно - оптичні мультиплексори; ЦППС - центральна приймо – передавальна станція; ДП – диспетчерський пункт.

Подібна структура обміну інформацією в комплексах керування системою тягового електропостачання «Граніт - мікро», «SCADA Квант 2000» на цей час відсутня. Застосування таких структур обміну дає можливість на 30 % компенсувати час, необхідний для динамічного контролю за достовірністю повідомлення комплексу, починаючи від лінії зв'язку модуля з датчиком і закінчуючи вузлами приймача в умовах загроз.

У *третьому розділі* приведено результати досліджень розробки методу системного підходу до захисту комплексу керування від загроз, який відрізняється тим, що дає змогу прогнозувати інтенсивність відмов шляхом визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту з урахуванням не тільки технічних, але й організаційно – правових та програмних заходів.

Під інтегральним показником розуміється повнота виконання вимог та рекомендацій з захисту комплексу з урахуванням основних напрямів захисту . За результатами проведеного дослідження автором побудована система захисту комплексу від загроз.

Для рішення цей задачі автором виконано наступне.

1. Проведено дослідження та наукове обґрунтування показника зменшення збитку від загроз під час перевезень на електрифікованому транспорті. Розроблено методику зменшення збитку системи тягового електропостачання від загроз комплексу керування(рис. 3).

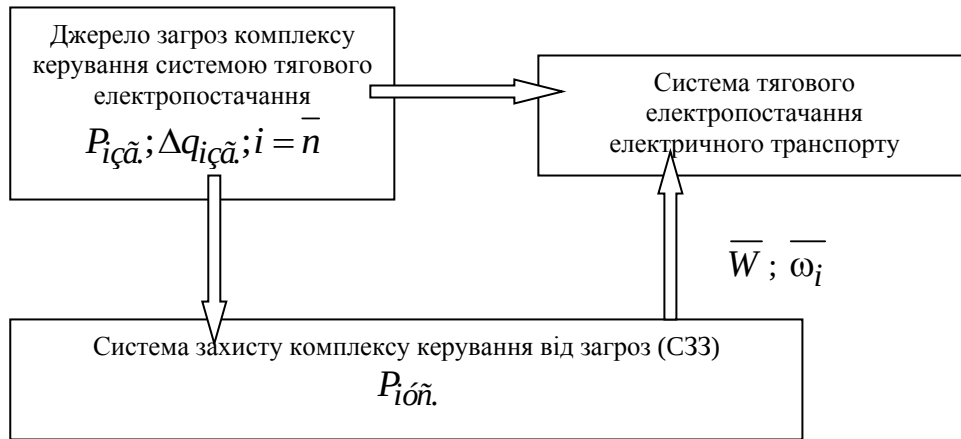


Рис.3 - Методика зменшення збитку системи тягового електропостачання від загроз комплексу його керування,

де $P_{i\zeta\tilde{a}}$ - імовірність появи i - ої загрози; $\Delta q_{i\zeta\tilde{a}}$ - збиток, що наноситься під час перевезень на електрифікованому залізничному транспорті та метрополітені; $i = \bar{n}$ - сукупність загроз комплексу керування; $P_{i\omicron\tilde{n}}$ - імовірність усунення кожної i - ої загрози; $\bar{W}$ - рівень загального зменшення збитку від загроз; $\bar{\omega}_i$ - рівень зменшення збитку за рахунок ліквідації дії i - ої загрози.

Рівень загального зменшення збитку від загроз в загальному вигляді виражається співвідношенням :

$$\bar{W} = F(P_{i\zeta\tilde{a}}; \Delta q_{i\zeta\tilde{a}}; P_{i\omicron\tilde{n}}; i = \bar{n}). \quad (3)$$

Рівень зменшення збитку за рахунок ліквідації дії i - ої загрози:

$$\bar{\omega}_i = P_{i\zeta\tilde{a}} \cdot \Delta q_{i\zeta\tilde{a}} \cdot P_{i\omicron\tilde{n}}; i = \bar{n}. \quad (4)$$

За умови незалежності загроз і збільшення їх наслідків отримуємо:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^n P_{i\zeta\tilde{a}} \cdot \Delta q_{i\zeta\tilde{a}} \cdot P_{i\omicron\tilde{n}}, \quad (5)$$

$$P_{i\tilde{o}\tilde{n}} = \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \cdot \tilde{o}_{ij} + \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \cdot \mu(\tilde{o}_{ij}), \quad (6)$$

де α_{ij} - важливість виконання j - ої вимоги для усунення i - ої загрози, $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$, $\sum_{j=1}^m \alpha_{ij} = 1$; $\tilde{o}_{ij}$ - ступінь виконання j - ої кількісної вимоги з близькістю до необхідного (оптимального) значення, для усунення i - ої загрози: $\bar{x}_{ij} = 0$, при $(x_{ij} > x_{ij_{min}}; x_{ij} < x_{ij_{max}})$; $\bar{x}_{ij} = 1$ при $x_{ij} = x_{ij_{opt}}$; $\mu(x_{ij})$ - ступінь виконання j - ої якісної вимоги визначається функцією приналежності до як найкращого значення $(0 \div 1)$. Перші "k" вимог кількісні - $j = \overline{1, k}$, решта "m-k" - якісні - $j = \overline{k+1, m}$.

Остаточно вираз для оцінки рівня зменшення збитку від загроз $\bar{W}$ комплексу керування під час перевезень на електрифікованому залізничному транспорті та метрополітені з урахуванням (5), (6) приймає вигляд:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k P_{i\tilde{\zeta}\tilde{a}} \cdot \Delta q_{i\tilde{\zeta}\tilde{a}} \cdot \alpha_{ij} \cdot \bar{o}_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=k+1}^m P_{i\tilde{\zeta}\tilde{a}} \cdot \Delta q_{i\tilde{\zeta}\tilde{a}} \cdot \alpha_{ij} \cdot \mu(\tilde{o}_{ij}). \quad (7)$$

2. Проведено дослідження та розроблено метод визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту комплексу керування від загроз $Q_{сзз}$. Метод представлено у таблиці 1. Коло питань та оцінка захисту комплексу керування від загроз розглядається шляхом аналізу різних груп елементів таблиці залежно від поставлених цілей і вирішуваних задач. Кожний елемент таблиці визначає повноту усунення загрози комплексу керування для конкретного напрямку, етапу та методу захисту. Наприклад, розглядаючи елементи 113 – 713, 123 – 723, 133 – 733, 143 – 743, 153 – 753, можна окремо оцінити якість технічного захисту комплексу керування. Розглядаючи елементи 211 – 254, можна оцінити якість заходів щодо виявлення відмовлень, перешкод, несправностей, перекручування, витоку інформації, а також причин цих порушень. Розглядаючи елементи 131 – 734, можна оцінити захищеність ПЕОМ, процесів і програм. Для складних елементів можуть створюватися свої таблиці з відповідними переліками питань. Для оцінки захищеності комплексу керування системою тягового електропостачання від загроз в цілому (всі напрямі захисту) необхідно розглянути елементи 111 – 754.

Розглянутий метод дозволяє: оперативно реагувати на зміни умов функціонування комплексу керування і задавати різні рівні захисту; контролювати стан захисту системи; проводити вибір раціонального варіанту побудови системи захисту комплексу керування тягового електропостачання від загроз з подальшим визначенням чисельного значення інтегрального показника рівня захисту комплексу. Для опису кожного елементу таблиці автором розроблено зразковий перелік питань.

Таблиця 1

Метод визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту комплексу керування від загроз

Етапи захисту	Напрями захисту	010				020				030				040				050			
		Захист комплексу керування від внутрішніх та зовнішніх силових дій				Захист каналів зв'язку				Захист ЦППС ДП, ПЕОМ КП, програмного продукту				Захист ФМ комплексу керування				Захист об'єктів ІС – ДП, КП			
	Методи захисту	Стандарти, норми	Організаційні	Технічні	Програмні	Стандарти, норми	Організаційні	Технічні	Програмні	Стандарти, норми	Організаційні	Технічні	Програмні	Стандарти, норми	Організаційні	Технічні	Програмні	Стандарти, норми	Організаційні	Технічні	Програмні
		011	012	013	014	021	022	023	024	031	032	033	034	041	042	043	044	051	052	053	054
100 - Визначення основного обладнання апаратури комплексу керування яке підлягає захисту від загроз		111	112	113	114	121	122	123	124	131	132	133	134	141	142	143	144	151	152	153	154
200 - Виявлення відмов, перешкод, несправностей, переключень, витоків інформації, також причини цих порушень		211	212	213	214	221	222	223	224	231	232	233	234	241	242	243	244	251	252	253	254
300 - Проведення оцінки уразливості комплексу і ризиків системи керування		311	312	313	314	321	322	323	324	331	332	333	334	341	342	343	344	351	352	353	354
400 - Забезпечення працездатності комплексу керування в особливих умовах		411	412	413	414	421	422	423	424	431	432	433	434	441	442	443	444	451	452	453	454
500 - Вибір засобів захисту, підтримка безперервного керування		511	512	513	514	521	522	523	524	531	532	533	534	541	542	543	544	551	552	553	554
600 - Впровадження і використання вибраних заходів захисту комплексу		611	612	613	614	621	622	623	624	631	632	633	634	641	642	643	644	651	652	653	654
700 - Контроль цілісності виконання заходів захисту комплексу		711	712	713	714	721	722	723	724	731	732	733	734	741	742	743	744	751	752	753	754

3. Запропоновано методику визначення чисельного значення інтегрального показника рівня захисту комплексу керування системою тягового електропостачання від загроз з урахуванням повноти виконання вимог і рекомендацій при сучасних умовах експлуатації та технічних засобах. З урахуванням розробленого автором методу (таблиця 1) та проведеного дослідження кількісний інтегральний показник рівня захисту комплексу від загроз $Q_{\hat{e}. \zeta}$ розраховується за формулою:

$$Q_{\hat{e}. \zeta} = \frac{\sum_{k=1}^5 \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^7 z_{kji}}{140}, \quad (8)$$

де $z_{kji} = 1$, якщо $q_{kji} > q_{kji}^0$;

$z_{kji} = 0$, якщо $q_{kji} < q_{kji}^0$,

де q_{kji} і q_{kji}^0 - дійсне і задане значення приватних показників рівня виконання вимог захисту елементів комплексу від загроз відповідно.

Якісний інтегральний показник оцінки рівня захисту комплексу від загроз $Q_{\ddot{y}. \zeta}$ розраховується за формулою:

$$Q_{\ddot{y}. \zeta} = \sum_{i=1}^m \alpha_i q_i \quad (9)$$

Проте велика кількість елементів таблиці методу, у нашому випадку - $m = 140$, може привести до втрати об'єктивності визначення коефіцієнтів важливості - α_{ij} . Тому необхідно визначати коефіцієнт важливості напрямів, методів, етапів методу. Тоді:

$$Q_{\ddot{y}. \zeta} = \sum_{k=1}^5 \alpha_k \sum_{j=1}^4 \alpha_j \sum_{i=1}^7 \alpha_i q_{kji}, \text{ де: } \sum_{k=1}^5 \alpha_k = 1, \sum_{j=1}^4 \alpha_j = 1, \sum_{i=1}^7 \alpha_i = 1. \quad (10)$$

Для автоматизації розрахунку інтегрального показника рівня захисту комплексу керування тяговим електропостачанням від загроз автором розроблена програма для ПЕОМ. Результати оцінки процесів захисту комплексу керування від загроз, відображаються у таблицях 2 - 3 та на рисунках 4 - 6.

Четвертий розділ присвячено дослідженням та науковому обґрунтуванню впливу інтегрального показника рівня захисту комплексу керування системою електропостачання від загроз на надійність комплексу.

Імовірність безвідмовної роботи комплексу $P_{\hat{e}}(t)$, який працює в умовах внутрішніх та зовнішніх загроз, залежить від безвідмовної роботи апаратури ДП, каналів зв'язку і апаратури КП при обміні і оновленні інформації за час t :

Таблиця 2

Оцінка захисту комплексу керування
від внутрішніх та зовнішніх силових дій

№ етапу	Перелік показників	№ елемента методу	Рівень захисту заданий	Рівень захисту досягнутий	Оцінка повного досягнення рівня захисту	Рівень виконання груп вимог	Рівень виконання вимог напрямку	Оцінка повного досягнення рівня захисту напрямку
	<i>m</i>	<i>№</i>	<i>Q</i> <i>зadan.</i>	<i>Q</i> <i>досягн.</i>	<i>S</i> <i>досягн.</i>	<i>Q груп</i>	<i>Qясзз</i>	<i>Qкззз</i>
1	1	111	0,8	0,8	1	0,74	0,69	0,25
	2	112	0,8	0,7	0			
	3	113	0,8	0,8	1			
	4	114	0,8	0,65	0			
2	5	211	0,8	0,8	1	0,75		
	6	212	0,8	0,8	1			
	7	213	0,8	0,8	1			
	8	214	0,8	0,6	0			
3	9	311	0,8	0,7	0	0,71		
	10	312	0,8	0,8	1			
	11	313	0,8	0,8	1			
	12	314	0,8	0,55	0			
4	13	411	0,8	0,7	0	0,66		
	14	412	0,8	0,7	0			
	15	413	0,8	0,65	0			
	16	414	0,8	0,6	0			
5	17	511	0,8	0,7	0	0,64		
	18	512	0,8	0,7	0			
	19	513	0,8	0,65	0			
	20	514	0,8	0,5	0			
6	21	611	0,8	0,7	0	0,66		
	22	612	0,8	0,7	0			
	23	613	0,8	0,65	0			
	24	614	0,8	0,6	0			
7	25	711	0,8	0,7	0	0,66		
	26	712	0,8	0,7	0			
	27	713	0,8	0,65	0			
	28	714	0,8	0,6	0			

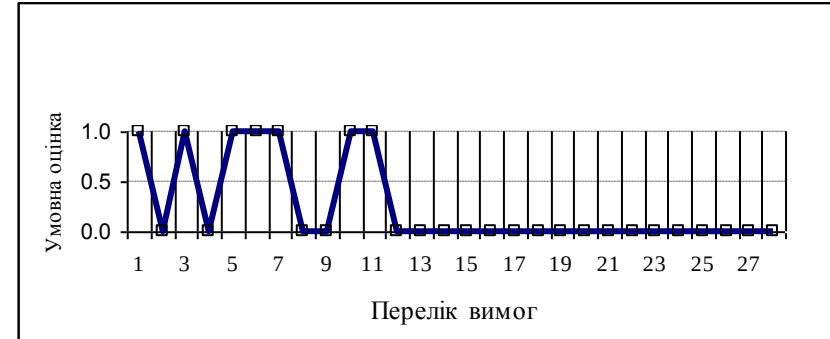


Рис. 4 - Оцінка досягнення профілю захисту

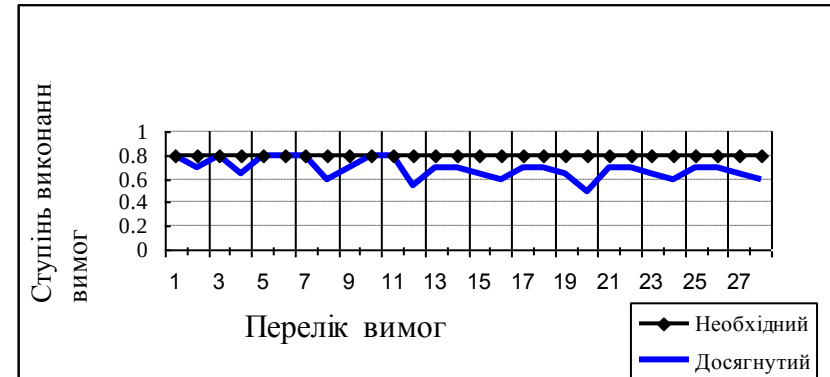


Рис. 5 - Порівняння профілю захисту

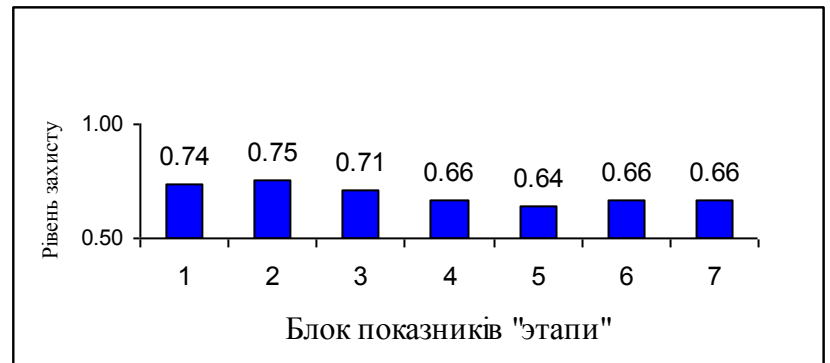


Рис. 6 - Оцінка етапів захисту

Таблиця 3

Узагальнені інтегральні показники рівня виконання вимог та рекомендацій захисту комплексу керування від загроз

Показники	Напрями захисту комплексу					Інтегральний показник рівня захисту комплексу (Qсзз)
	1	2	3	4	5	
	Коефіцієнти важливості за напрямками (aj)					
	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	
Кількісний	0,25	0,57	0,46	0,43	0,54	0,464
Якісний	0,69	0,73	0,72	0,68	0,73	0,71

$$P_{\hat{e}}(t) = f[P_{\hat{a}\hat{i}}(t), P_{i\hat{e}\hat{\zeta}}(t), P_{i\hat{e}\hat{i}}(t)], \quad (11)$$

де $P_{\partial n}(t)$ – імовірність безвідмовної роботи пристроїв ДП;

$P_{i.\hat{e}\hat{\zeta}}(t)$ – імовірність безвідмовної роботи i -го каналу зв'язку;

$P_{i.\hat{e}\hat{i}}(t)$ – імовірність безвідмовної роботи апаратури i -го КП при спільній роботі з ДП.

Оскільки комплекс керування працює в режимі обміну інформацією зі всіма КП з використанням різних каналів зв'язку, то імовірність безвідмовної роботи комплексу визначається виразом:

$$P_{\hat{e}}(t) = P_{\hat{a}\hat{i}}(t) \sum_{i=1}^n P_{i.\hat{e}\hat{\zeta}}(t) \sum_{i=1}^m P_{i.\hat{e}\hat{i}}(t), \quad (12)$$

де n – кількість каналів зв'язку в системі керування тяговим електропостачанням дистанції; m – кількість КП в системі керування тяговим електропостачанням дистанції.

Оскільки комплекси керування системою електропостачання в основному функціонують без резерву за винятком ПЕОМ, можна записати вирази:

$$P_{\partial n}(t) = e^{-\lambda_{\partial n} t}, \quad (13)$$

де $\lambda_{\partial n}$ – середня інтенсивність відмов пристроїв ДП.

$$P_{i.\hat{e}\hat{\zeta}}(t) = e^{-\lambda_{i.\hat{e}\hat{\zeta}} t}, \quad (14)$$

де $\lambda_{i.\hat{e}\hat{\zeta}}$ – середня інтенсивність відмов i -го каналу зв'язку в системі керування тяговим електропостачанням.

$$P_{i.\hat{e}\hat{i}}(t) = e^{-\lambda_{i.\hat{e}\hat{i}} t}, \quad (15)$$

де $\lambda_{i.\hat{e}\hat{i}}$ – середня інтенсивність відмов пристроїв i -го КП.

З урахуванням (12), (13), (14), (15) імовірність безвідмовної роботи комплексу керування визначається виразом:

$$P_{\hat{e}}(t) = e^{-\lambda_{\hat{a}\hat{i}} t} \cdot \sum_{i=1}^n e^{-\lambda_{i.\hat{e}\hat{\zeta}} t} \cdot \sum_{i=1}^m e^{-\lambda_{i.\hat{e}\hat{i}} t}. \quad (16)$$

Для визначення імовірності безвідмовної роботи комплексу керування його структурна схема була перетворена в структурну схему надійності з отриманням виразу:

$$P_k(t) = p_1^3 \cdot [1 - (1 - p_2)^2] \cdot [1 - (1 - p_B)^2] \cdot [1 - (1 - p_{12})^2] \cdot p_{14}^3 = \\ = (e^{-\lambda_1 t})^3 \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_2 t})^2] \cdot [1 - [1 - (e^{-\lambda_5 t})^2 \cdot e^{-\lambda_7 t}]^2] \cdot [1 - (1 - e^{-\lambda_{12} t})^2] \cdot (e^{-\lambda_{14} t})^3, \quad (17)$$

де $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_{12}, \lambda_5, \lambda_7, \lambda_{14}$ - інтенсивності відмов модулів живлення, ПЕОМ, контролера - адаптера - модему, ліній зв'язку, функціональних модулів.

Для розрахунку інтенсивності відмов елементів комплексу λ використано статистичні дані відмов комплексів керування Луганською дистанцією електропостачання та Київським метрополітеном у 2006 (інтегральний показник рівня захисту комплексу від загроз - $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0$) та при використанні в технологічному процесі запропонованого автором методу і рекомендацій до системи захисту комплексів керування від загроз у 2007 році (інтегральний показник рівня захисту комплексу від загроз - досягнуто $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0,71$ при прогнозі $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0,8$). Інтенсивність відмов елементів комплексів для різних рівнів інтегрального показника представлено в таблиці 4.

Таблиця 4

Інтенсивності відмов елементів комплексу керування системою тягового електропостачання при $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0$, $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0,8$ (прогноз), $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0,71$, $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 1$

	λ_1	λ_2	λ_5	λ_7	λ_{12}	λ_{14}
$Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0$	$1.41 \cdot 10^{-5}$	$1.88 \cdot 10^{-5}$	$3.44 \cdot 10^{-5}$	$1.72 \cdot 10^{-5}$	$1.88 \cdot 10^{-5}$	$2.35 \cdot 10^{-5}$
$Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0,8$ (прогноз на 2007 р.)	$0.78 \cdot 10^{-5}$	$1.19 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.11 \cdot 10^{-5}$	$1.19 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$
$Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 0,71$ (досягнуто у 2007 р.)	$0.85 \cdot 10^{-5}$	$1.27 \cdot 10^{-5}$	$2.35 \cdot 10^{-5}$	$1.18 \cdot 10^{-5}$	$1.27 \cdot 10^{-5}$	$1.69 \cdot 10^{-5}$
$Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} = 1$	$0.62 \cdot 10^{-5}$	$1.02 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$	$0.96 \cdot 10^{-5}$	$1.02 \cdot 10^{-5}$	$1.42 \cdot 10^{-5}$

Згідно виразу (17) та даних таблиці 4, проведено розрахунок імовірності безвідмовної роботи комплексу керування $P(t)$ для різних значень інтегрального показника. Результати розрахунків представлено на рис. 7.

Як бачимо, при підвищенні інтегрального показника рівня захисту $Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta}$ підвищується імовірність безвідмовної роботи $P_e(t)$ комплексу керування за рахунок усунення загроз. Згідно отриманих результатів можна зробити припущення що інтенсивність відмов елементів комплексу керування системою електропостачання від загроз визначається наступним виразом:

$$\lambda(t) = f[Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta}(t)], \text{ при } 0 \leq Q_{\tilde{\eta}\zeta\zeta} \leq 1. \quad (18)$$

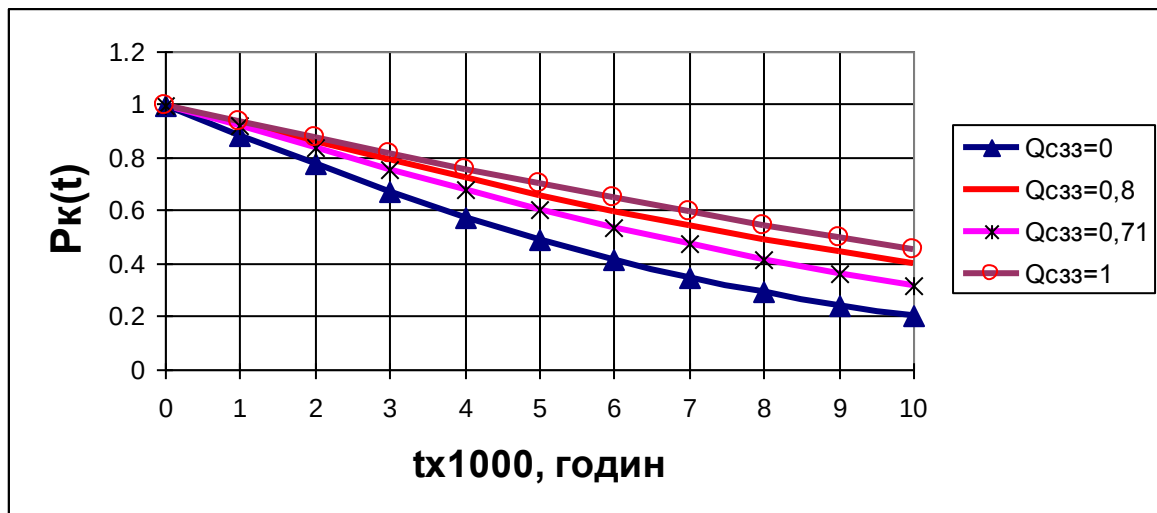


Рис. 7 - Зміна імовірності безвідмовної роботи $P(t)$ комплексу керування за рахунок підвищення інтегрального показника рівня захисту комплексу від загроз.

Ідентифікація залежності (18) потребує подальших досліджень, що не входить у задачу цієї роботи. На перших етапах можна вважати, що залежність (18) має лінійний характер і її можна побудувати при умові, що є: статистика відмов елементів комплексу керування до впровадження системи захисту від загроз; прогнозування інтенсивності відмов елементів комплексу при впровадженні системи захисту від загроз з врахуванням інтегрального показника рівня захисту; статистика відмов елементів комплексу після впровадження системи захисту від загроз з урахуванням інтегрального показника рівня захисту.

Для розв'язання цієї задачі складемо рівняння лінійної регресії:

$$\lambda_{Q_{\zeta}} = k \cdot Q_{\tilde{n}_{\zeta\zeta}} + \lambda_1, \quad (19)$$

де $\lambda_{Q_{\zeta}}$ - інтенсивність відмов елементів комплексу;

$Q_{\tilde{n}_{\zeta\zeta}}$ - інтегральний показник рівня захисту;

k - коефіцієнт залежності інтенсивності відмов елементів комплексу від інтегрального показника рівня захисту;

λ_1 - інтенсивність відмов елементів комплексу при $Q_{\tilde{n}_{\zeta\zeta}} = 0$ (до впровадження системи захисту від загроз).

Залежності (18), (19) перевірено в реальних умовах експлуатації. На початку 2007 року на Луганській дистанції електропостачання та в Київському метрополітені було прогнозовано інтенсивність відмов елементів комплексу при впровадженні системи захисту від загроз з інтегральним показником $Q_{\tilde{n}_{\zeta\zeta}} = 0,8$ та було впроваджено результати дисертаційної роботи в технологічному процесі керування тяговим електропостачанням дистанцій. Прогнозована інтенсивність відмов елементів комплексу керування на дослідних дистанціях та реальні показники інтенсивності відмов з урахуванням

досягнутого інтегрального показника рівня захисту комплексу $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0,71$ після впровадження системи захисту від загроз у 2007 році відрізняються лише на 10 – 12%, дивись таблицю 4 та рис. 8.

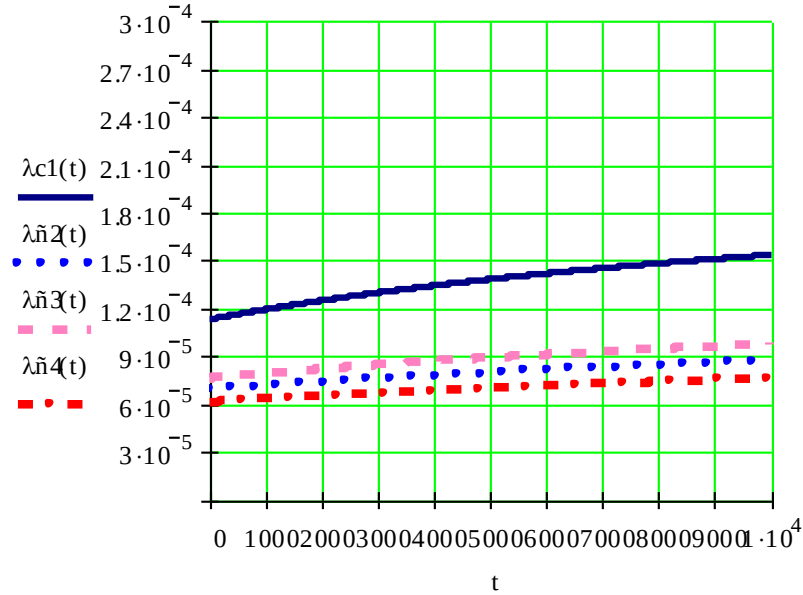


Рис. 8 - Інтенсивність відмов $\lambda\tilde{n}(t)$ комплексу керування на дослідних дистанціях з урахуванням інтегрального показника рівня захисту,
де : $\lambda\tilde{n}1(t)$ при $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0$; $\lambda\tilde{n}2(t)$ при $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0,8$; $\lambda\tilde{n}3(t)$ при $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0,71$; $\lambda\tilde{n}4(t)$ при $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 1$; t – години.

Інтенсивність відмов комплексу керування $\lambda\tilde{n}(t)$:

$$\lambda\tilde{n}(t) = \frac{-\frac{d}{dt}P(t)}{P(t)}, \quad (20)$$

тоді з урахуванням виразу (17):

$$\lambda_{\zeta\zeta}(t) := \frac{-\frac{d}{dt} \left[\left(e^{-\lambda_1 t} \right)^3 \left[1 - \left(1 - e^{-\lambda_2 t} \right)^2 \right] \cdot \left[1 - \left[1 - \left(e^{-\lambda_5 t} \right) \cdot e^{-\lambda_7 t} \right]^2 \right] \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-\lambda_{12} t} \right)^2 \right] \cdot \left(e^{-\lambda_{14} t} \right)^3 \right]}{\left(e^{-\lambda_1 t} \right)^3 \left[1 - \left(1 - e^{-\lambda_2 t} \right)^2 \right] \cdot \left[1 - \left[1 - \left(e^{-\lambda_5 t} \right) \cdot e^{-\lambda_7 t} \right]^2 \right] \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-\lambda_{12} t} \right)^2 \right] \cdot \left(e^{-\lambda_{14} t} \right)^3} . \quad (21)$$

Відповідні залежності середнього наробітку на відмову комплексу керування системою електропостачання $T_{\tilde{n}0}$ при різних значеннях інтегрального показника рівня захисту від загроз представлено на рис. 9.

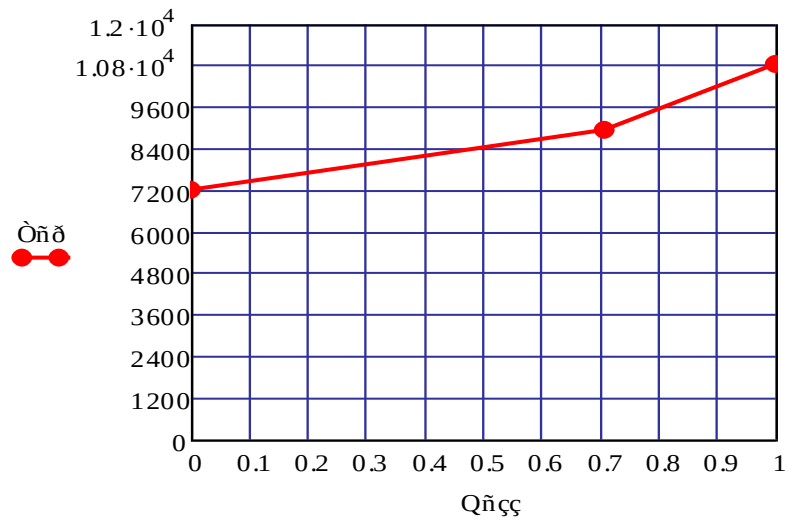


Рис. 9 - Середній наробіток на відмову комплексу керування $T_{\tilde{n}\delta}$ (годин) при різних рівнях інтегрального показника захисту ($Q_{\tilde{n}cc} = 0$, $Q_{\tilde{n}cc} = 0,71$, $Q_{\tilde{n}cc} = 1$), де середній наробіток на відмову $T_{\tilde{n}\delta}$:

$$T_{\tilde{n}\delta} = \int_0^{\infty} P(t) \cdot dt, \quad (22)$$

тоді з урахуванням виразу (17):

$$\begin{aligned} \dot{O}_{\tilde{n}\delta} = \int_0^{\infty} [(\dot{a}^{-\lambda_1 t})^3 \cdot [1 - (1 - \dot{a}^{-\lambda_2 t})^2] \cdot [1 - [1 - (\dot{a}^{-\lambda_5 t}) \cdot \dot{a}^{-\lambda_7 t}]^2] \cdot \\ \cdot [1 - (1 - \dot{a}^{-\lambda_{12} t})^2] \cdot (\dot{a}^{-\lambda_{14} t})^3] \cdot dt \end{aligned} \quad (23)$$

При максимальному рівні інтегрального показника захисту комплексу керування від загроз $Q_{\tilde{n}cc} = 1$ можна збільшити середній наробіток між відмовами комплексу керування на 33,5%.

Згідно «ПРАВИЛ улаштування системи тягового електропостачання залізниць України» (затверджені наказом Укрзалізниці № 1013 – ЦЗ від 24. 12. 2004 року), апаратура комплексу керування повинна забезпечувати надійність з напруженням на відмову одного КП не менше 10000 годин.

У **п'ятому розділі** проведено техніко – економічне обґрунтування ефективності системи захисту комплексу керування від загроз і практичне впровадження результатів роботи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень вирішена важлива науково – прикладна задача підвищення надійності системи тягового електропостачання електричного

транспорту шляхом системного підходу до захисту комплексів керування тяговим електропостачанням від загроз.

Основні наукові результати, висновки та практичні рекомендації дисертаційної роботи полягають в наступному.

1. Підвищення надійності системи електропостачання з урахуванням всіх можливих методів та сучасних умов є одна з найгостріших задач, які стоять у галузі електропостачання електричного транспорту України.

2. При ускладненні технологічних процесів і режимів роботи залізниць необхідно удосконалення та підвищення надійності комплексів керування системою тягового електропостачання, що функціонують в умовах внутрішніх та зовнішніх загроз.

3. Проведені дослідження та результати роботи господарства електрифікації тягового електропостачання електричного транспорту за 2005 - 2006 роки показують, що відмови комплексу керування тяговим електропостачанням приводять до зриву подачі електроенергії в тягову мережу залізниці та метрополітену. При відмовах апаратури телекерування, які призводять до помилкового вмикання силового устаткування в тягову мережу, можливі аварії та випадки з небезпекою для життя людей.

4. Для підвищення імовірності безпомилкового телекерування в комплексах «ЕСТ 62», «Лісна» запропоновано метод та розроблена структурна схема дублювання при формуванні і передачі сигналів телекерування.

5. При проведенні аналізу надійності комплексів керування визначено основні напрями захисту комплексів від загроз. Також визначено, що разом з очевидними перевагами технічних характеристик сучасних інтегрованих комплексів керування системою тягового електропостачання виникають апаратні і програмні труднощі при їх застосуванні. У сучасному комплексі керування системою електропостачання формується інформаційна система, яка повинна бути захищена від внутрішніх та зовнішніх загроз.

6. Проведено дослідження та наукове обґрунтування показника зменшення збитку від загроз під час перевезень на електрифікованому транспорті. Розроблено методику зменшення збитку системи тягового електропостачання від загроз комплексу керування

7. Розроблено метод системного підходу до захисту комплексу керування від загроз, який дає змогу прогнозувати інтенсивність відмов шляхом визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту з урахуванням не тільки технічних, але й організаційно – правових та програмних заходів.

8. Прогнозована інтенсивність відмов елементів комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту на дослідних дистанціях та реальні показники інтенсивності відмов після впровадження системи захисту від загроз в 2007 році відрізняються лише на 10 – 12%. Це підтверджує доцільність впровадження рекомендацій автора по застосуванню

інтегрального показника рівня захисту комплексу керування від загроз для підвищення надійності комплексу.

9. Досліджено динаміку впливу значення інтегрального показника рівня захисту на надійність комплексу керування: при підвищенні рівня цього показника від $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0$ до $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0,71$ та $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 1$ імовірність безвідмовної роботи комплексу керування $P(t)$ збільшується у 1,55 та 2,3 рази відповідно.

10. Встановлено, що при значенні інтегрального показника $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 0,71$ середній наробіток між відмовами комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту збільшився на 23,7%, при максимальному рівні $Q_{\tilde{n}\zeta\zeta} = 1$ можна збільшити середній наробіток на відмову комплексу керування $T_{\tilde{n}\delta}$ до 33,5%.

11. Результати дисертаційної роботи впроваджено в Луганській дистанції електропостачання Донецької залізниці, Київському метрополітені та в навчальному процесі кафедри «Електропостачання залізниць» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при викладанні дисципліни «Автоматизація систем електропостачання».

12. Використання результатів дисертаційної роботи з підвищення надійності комплексів керування системою тягового електропостачання електричного транспорту за рахунок захисту від загроз дозволяє:

- зменшити збитки від простою локомотивів на 152512 грн. / рік;
- зменшити збитки від простою вагонів на 57678 грн. / рік;
- зменшити економічний збиток при припиненні подачі електроенергії в систему тягового електропостачання електричного транспорту на 157162 грн. / рік;
- річна економія експлуатаційних витрат за рахунок зменшення інтенсивності відмов комплексів керування системою тягового електропостачання електричного транспорту складає 206117 грн. / рік.

Річний економічний ефект від впровадження системи захисту комплексів керування тяговим електропостачанням електричного транспорту від загроз складає 533254 грн. / рік.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНО В ТАКИХ РОБОТАХ

1. Матусевич А.А. Основные направления и методы повышения надежности аппаратуры и защиты информации телемеханических комплексов тягового электроснабжения железных дорог. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2007, № 15 – С. 32 - 35.

2. Матусевич А.А., Кузнецов В.Г. Анализ надежности существующей системы телемеханики на Приднепровской железной дороге. // Залізничний транспорт України, 2007, № 5 – С. 72 – 73.

3. Матусевич А.А. Построение модели системы защиты информационно - управляющих телемеханических комплексов электроснабжения железных дорог. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2007, № 14 – С. 59-63.

4. Матусевич О.О. Підвищення інтегральної вірогідності інформації ІУТК АСУ тягового електропостачання залізниць. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2007, №17 – С. 68 - 75.

5. Матусевич А.А. Некоторые подходы к развитию телемеханики. // Залізничний транспорт України, 2007, № 2 – С. 77 - 80.

6. Матусевич О.О., Кузнецов В.Г., Сиченко В.Г. Аналіз впливу показника рівня захисту від загроз на надійність комплексу керування пристроями тягового електропостачання. // Залізничний транспорт України, 2008, № 2 – С. 32 – 36.

Додаткові праці:

7. Матусевич А.А. Основные направления и методы защиты аппаратуры автоматики и телемеханики железных дорог от внутренних и внешних воздействий. // Электрификация и развитие энергосберегающей инфраструктуры: Материалы третьего Международного симпозиума eltrans 2005. – Санкт – Петербург: ПГУПС, 2005. – С. 115.

8. Матусевич А.А., Портнов М.Л. Повышение информационной безопасности и достоверности данных систем управления устройствами электроснабжения железных дорог. // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Материалы 65 Международной научно – практической конференции. – Д.: ДИИТ, 2005. – С.139.

9. Матусевич А.А. Модель системы защиты информации информационно-управляющих телемеханических комплексов электроснабжения железных дорог. // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Материалы LXVI Международной научно – практической конференции. – Д.: ДИИТ, 2006. – С.145.

10. Матусевич А. А. Комплексный подход к созданию системы защиты информации информационно – управляющих телемеханических комплексов электроснабжения железных дорог. // Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте: Материалы 2 Международной конференции. – Алушта, 2006. – С.37.

11. Матусевич А.А. Повышение интегральной достоверности информации ИУТК АСУ тягового электроснабжения ЖД. // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Материалы 67 Международной научно – практической конференции. – Д.: ДИИТ, 2007. – С.112.

12. Матусевич А.А. Модель системы информационной безопасности АСУ тягового электроснабжения. // "Электрификация железнодорожного

транспорта ТРАНСЭЛЕКТРО - 2007": Материали 1 Международной научно – практической конференции – Д.: ДИИТ, 2007. – С.47.

АНОТАЦІЯ

Матусевич О.О. Підвищення надійності комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.09 – електротранспорт. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпропетровськ, 2008.

Дисертація присвячена підвищенню надійності комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту за рахунок здійснення системного підходу до захисту комплексу від зовнішніх та внутрішніх загроз. Даний підхід дає можливість прогнозувати інтенсивність відмов елементів комплексу шляхом визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту з урахуванням не тільки технічних, але й організаційно – правових та програмних заходів.

Розроблено метод визначення дійсного інтегрального показника рівня захисту комплексу керування від загроз.

Вперше отримано аналітичну залежність інтенсивності відмов елементів комплексу керування системою тягового електропостачання електричного транспорту від інтегрального показника рівня захисту.

Запропоновано метод підвищення імовірності безпомилкового керування силовим устаткуванням тягового електропостачання електричного транспорту при застосуванні комплексів керування «Лісна», «ЕСТ - 62» та запропонована нова система передачі інформації між контрольованими пунктами та диспетчерським пунктом комплексу керування системою тягового електропостачання.

Ключові слова: надійність, комплекс керування, електричний транспорт, інтенсивність відмови, достовірність інформації, системний підхід, інтегральний показник захисту.

АННОТАЦИЯ

Матусевич А.А. Повышение надежности комплекса управления системой тягового электроснабжения электрического транспорта. – Рукопись.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.22.09 – электротранспорт. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2008.

При усложнении технологических процессов и режимов работы железных дорог необходимо усовершенствование и повышение надежности комплексов управления системой тягового электроснабжения, которые функционируют в условиях внутренних и внешних угроз.

Проведенные исследования и результаты работы хозяйства электрификации тягового электроснабжения электрического транспорта в 2005 - 2006 годах показывают, что отказы комплекса управления тяговым электроснабжением приводят к срыву подачи электроэнергии в тяговую сеть железной дороги и метрополитена что приведет к экономическим убыткам. При отказах аппаратуры телеуправления, которые приводят к ошибочному включению силового оборудования в тяговую сеть, возможны аварии и случаи с опасностью для жизни людей, которые проводят техническое обслуживание или ремонт оборудования путем снятия напряжения.

Диссертация посвящена повышению надежности комплекса управления системой тягового электроснабжения электрического транспорта за счет осуществления системного подхода к защите комплекса от внешних и внутренних угроз. Данный подход дает возможность прогнозировать интенсивность отказов элементов комплекса путем определения действительного интегрального показателя уровня защиты с учетом не только технических, но и организационно – правовых и программных мероприятий.

Проведено исследование и научное обоснование показателя уменьшения убытка от угроз во время перевозок на электрифицированном транспорте. Разработана методика уменьшения убытка системе тягового электроснабжения от угроз комплексу управления. Разработан метод определения интегрального показателя уровня защиты комплекса управления от угроз.

Впервые получена аналитическая зависимость интенсивности отказов элементов комплекса управления системой тягового электроснабжения от интегрального показателя уровня защиты. Это позволило разработать соответствующую методику по определению интенсивности отказов и вероятности безотказной работы комплекса управления в целом, с учетом уровня защиты от угроз.

Прогнозируемая интенсивность отказов элементов комплекса управления системой тягового электроснабжения на опытных дистанциях и реальные показатели интенсивности отказов после внедрения системы защиты от угроз в 2007 году отличаются лишь на 10 – 12%. Это подтверждает целесообразность внедрения рекомендаций автора по применению интегрального показателя уровня защиты комплекса управления от угроз для повышения надежности комплекса.

Предложен метод повышения вероятности безошибочного управления силовым оборудованием тягового электроснабжения при применении комплексов управления «Лисна», «ЭСТ - 62».

Результаты диссертационной работы внедрены у Луганской дистанции электроснабжения Донецкой железной дороги, Киевском метрополитене и в учебном процессе кафедре «Электроснабжения железных дорог» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна при преподавании дисциплины «Автоматизация систем электроснабжения».

Использование результатов диссертационной работы по повышению надежности комплексов управления системой тягового электроснабжения за счет защиты от угроз позволяет:

- уменьшить убытки от простоя локомотивов на 152512 грн. / год;
- уменьшить убытки от простоя вагонов на 57678 грн. / год;
- уменьшить экономический убыток при прекращении подачи электроэнергии в систему тягового электроснабжения на 157162 грн. / год;
- годовая экономия эксплуатационных расходов за счет уменьшения интенсивности отказов комплексов управления системой тягового электроснабжения составляет 206117 грн. / год.

Годовой экономический эффект от внедрения предложенной системы защиты комплексов управления составляет 533254 грн. / год.

Ключевые слова: надежность, комплекс управления, электрический транспорт, интенсивность отказа, достоверность информации, системный подход, интегральный показатель защиты.

ANNOTATION

Matusovich A.A. Increasing of management complex reliability of traction electrosupply system of electric transport. - Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences after speciality 05.22.09 - elektrotransport. - Dnepropetrovsk national university of railway transport named after acad. V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2008.

The subject of dissertation is increasing of management complex reliability of traction electrosupply system of electric transport due to protecting of complex from external and internal threats. This approach makes possible to forecast the hazard rate of complex elements failures due to validation the actual integral index of protection level considering not only technical but also organizational – law and programmatic measures.

The author proposed the method of validation the actual integral index of protection level of management complex from threats.

Firstly the author found the analytical dependence of hazard rate of management complex's elements of the electrosupply traction system of electric transport versus the integral index of protection level.

It is proposed the method for increasing the faultless management probability of the power equipment of electrosupply traction system of electric transport for such management complexes as «Lisna» and «EST - 62».

Also the author proposed the new system of transmitting the information between the controlled points and controller's point of management complex of the electrosupply traction system of electric transport.

Keywords: reliability, management complex, electric transport, hazard rate, authenticity of information, integral index of protection, analytical dependence.

Матусевич Олександр Олександрович

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОМПЛЕКСУ КЕРУВАННЯ
СИСТЕМОЮ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

Автореферат

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку ” ____ ” _____ 2008 р.
Формат 60x84 1/16. Папір для множильних апаратів. Різограф.
Ум. др. арк 0,9. Обл.-вид. л. 0,9. Тираж 100 прим.
Замовлення № _____ Безкоштовно.

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Свідоцтво ДК № 1315 від 31.03.03.

Адреса університету і ділянки оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Акад. В. Лазаряна, 2.
www.diitrvv.dp.ua,
admin@diitrvv.dp.ua