

Шифр: Електрична ізоляція

**ДІАГНОСТУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ
ВИСОКОВОЛЬТНОГО
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСІВ**

(КОНКУРСНА РОБОТА)

ХАРКІВ – 2020

РЕФЕРАТ

У конкурсній роботі розглядаються питання підвищення рівня електробезпеки транспортних засобів за рахунок впровадження систем діагностування ізоляції високовольтного електрообладнання.

В роботі наведено інформацію про загальні вимоги до ізоляції високовольтного електрообладнання тролейбусів та методи та технічні засоби діагностування ізоляції вбудованими та зовнішніми пристроями.

Конкурсна робота: 36 сторінок, 20 літературних джерел.

Ключові слова: електробезпека, діагностування, тролейбус, обслуговування, ремонт, контроль.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ВИМОГИ ДО ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСІВ.....	6
1.1 Загальні вимоги.....	6
1.2 Вимоги електробезпечності тролейбусів	11
1.2.1 Нормативні вимоги.....	11
1.2.2 Вимоги до показників ізоляції нового тролейбуса	13
1.2.3 Вимоги до показників ізоляції в експлуатаванні.....	14
2.МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ТРОЛЕЙБУСІВ.....	15
2.1 Методи контролювання.....	15
2.1.1 Порядок виконання контролювання.....	15
2.1.2 Контролювання опору ізоляції.....	16
2.1.3 Контролювання параметрів електричних імпульсів.....	17
2.1.4 Контролювання струму витoku	18
2.1.5 Електрична міцність ізоляції.....	19
2.2 Технічні засоби діагностування.....	20
2.2.1 Бортові засоби контролю електробезпечності.....	20
2.2.2 Мобільні засоби контролю.....	29
2.2.3 Стационарні засоби контролю.....	30
ВИСНОВОК.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

ВСТУП

Транспорт відіграє важливу роль в інфраструктурі міста. На сьогодні в Україні парк міського транспорту налічує більше 20 тис. автобусів, близько 3,3 тис. трамвайних вагонів і 4,7 тис. тролейбусів.

Оскільки більшість одиниць рухомого складу міського електротранспорту технічно та морально застаріли, з'являється необхідність підвищення ефективності та надійності функціонування електротехнічних систем тролейбусів.

Згідно з правилами експлуатації [4] тролейбус не допускається до виїзду з депо, якщо струм витоку більший 3 мА. В проекті Європейського стандарту за номером PR16587 від 1 липня 2005 року Європейського комітету електротехнічної стандартизації CENELEC визначено, що тролейбус повинен бути обладнаний автоматичним пристроєм безпеки, а саме бортовим сигналізатором струму витоку з метою захисту людей від можливого небезпечного впливу. Цей пристрій повинен формувати оптичний або звуковий сигнал, коли опір ізоляції між контактною мережею і корпусом тролейбуса зменшується до неприйняттого рівня, визначеного в стандарті EN50153. Боровий сигналізатор повинен розташовуватись в полі зору кабіни водія [5-7]. Важкі умови роботи тролейбуса характеризуються великою кількістю включень і виключень, значними коливаннями напруги живлення, значним розкидом значень струму. Більшість електричних машин та апаратів тролейбуса живляться напругою 600 В, при цьому корпус тролейбуса не має заземлення і ізолюваний від землі гумовими шинами.

По мірі експлуатації електрообладнання тролейбуса погіршується ізоляція, що призводить до попадання небезпечного потенціалу на корпус тролейбуса.

Повна електробезпека пасажирів може бути забезпечена тільки в тому випадку, коли при попаданні на корпус небезпечного потенціалу буде відбуватись автоматичне відключення тролейбуса від контактної мережі. Оцінку стану останньої здійснюють за двома параметрами: опір ізоляції і струм витоку.

Більшість відомих методів та засобів контролю стану ізоляції тролейбуса передбачають його відключення від контактної мережі. Крім того, на

роботу решти пристроїв під час перехідних процесів в значній мірі впливають ємності ізоляції мережі та тролейбуса, що спричиняють хибні спрацювання в умовах комутаційних процесів, а також не забезпечують контроль стану ізоляції тролейбуса на маршруті.

Контроль струму витоку, що здійснюється відомими методами та засобами, не дає можливості вимірювання струму витоку без попереднього заземлення корпусу та при одночасному пропорційному зниженні ізоляції позитивного і негативного полюсів електрообладнання, визначення місця несправності ізоляції. Вимірний струм після заземлення корпусу буде зумовлений взаємодією з системою живлення, тому результати, отримані на стендових засобах під час технічного огляду в депо, будуть актуальні тільки для певної тягової підстанції і можуть відрізнятись в декілька разів від даних, отриманих під час роботи тролейбуса на маршруті.

1. ВИМОГИ ДО ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСІВ

1.1 Загальні вимоги

Тролейбус — безрейковий транспортний засіб контактного типу з електродвигуном (переважно пасажи́рський, хоча трапляються тролейбуси вантажні і спеціального призначення), що живиться електричним струмом від зовнішнього джерела (тягових підстанцій) через двопровідну контактну мережу за допомогою штангового струмоприймача і поєднує в собі переваги та недоліки трамвая та автобуса.

До комбінованого рухомого складу електричного транспорту належать тролейбуси додатково оснащені системами автономного ходу на аккумуляторах (контактні електробуси), суперконденсаторах або двигунах внутрішнього згорання. Варіант, у якому електричний і дизельний двигуни мають незалежний привід на колеса, називається дуобусом, а варіант з електричною трансмісією — теплоелектробусом.

Забезпечення електричної безпеки є найважливішим завданням при проектуванні електрообладнання тролейбуса. У зв'язку з низькою провідністю шин і дорожнього покриття, між кузовом тролейбуса і землею при витоку струму на кузов може виникнути небезпечна для людини різниця

потенціалів. Це особливо небезпечно при посадці і висадці пасажирів, оскільки при цьому ноги людини виявляються на землі, а рука тримається за поручень тролейбуса. Також струми витoku небезпечні для обслуговуючого персоналу, особливо в мийних цехах. Тому висуваються дуже жорсткі вимоги до проектування, виробництва та утримання тролейбусів. Зокрема ізоляція електроустаткування від кузова тролейбуса повинна бути подвійною (II клас захисту від ураження електричним струмом). Ізолятори повинні зберігати свої властивості в умовах забруднення і попадання вологи (IP-клас 54, або навіть 57). Тяговий двигун повинен бути відділений від карданного валу ізолюючою текстолітовою шайбою. Така ж шайба повинна бути в з'єднанні карданного валу з ведучим мостом. Поручні і сходинки посадкових майданчиків також ізолюють від кузова^[37]. У деяких країнах для тролейбусів використовуються спеціальні електропровідні шини. В процесі експлуатації тролейбуса потрібно періодично продувати стисненим повітрям і протирати сухою ганчіркою опорні ізолятори електрообладнання та вимірювати струми витoku на кузов тролейбуса. Забороняється експлуатація тролейбуса, якщо струми витoku на кузов перевищують 3 мА.

Основи електробезпеки тролейбуса, які закладаються на етапі його розробки, забезпечуються шляхом:

- дотримання вимог нормативної документації в частині забезпечення необхідного опору ізоляції;
- введенням додаткових ступенів ізоляції;
- застосування матеріалів з поліпшеними діелектричними властивостями;
- удосконалюванням методик випробувань електробезпечності нових тролейбусів на етапі попередніх і приймальних випробувань.

Існуюча нормативна база, що містить вимоги, які можуть бути застосовані для оцінки електробезпеки включає:

- ДСТУ 12.1.36 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично припустимі рівні напруги дотику й струмів;
- Правила експлуатації трамвая й тролейбуса;
- Правила охорони праці на міському електричному транспорті.

Зазначені вище нормативні документи містять вимоги до значення параметрів електробезпечності, перевищення яких призводить до поразки

людини електричним струмом і призначені для застосування в процесі експлуатації.

Суперечливість вимог, регламентованих обома документами до забезпечення електробезпечності тролейбуса очевидна.

Уведений в Україні ДСТУ 9219 «Апарати електричні тягові. Загальні технічні умови», у частині вимог до ізоляції тягових апаратів, установлює вимоги до опору ізоляції:

- при нормальних кліматичних умовах – 100 Мом;
- після впливу верхнього значення температури – 3 Мом;
- після впливу вологості повітря – 0.5 Мом.

Згідно Правил пристроїв електроустановок електричні установки, що не мають заземлення повинні мати додаткові ступені ізоляції, відповідно до цього в технічному завданні на проектування нового тролейбуса, як правило, задається вимога по установці додаткових ступенів ізоляції на встаткування тролейбуса, яке встановлюється під кузовом тролейбуса.

Тому прийняття нормативів опору ізоляції, регламентованих ДСТУ 9219 для тролейбусів у цілому не є правильним, тому що при установці додаткових ступенів ізоляції вимоги будуть явно заниженими.

Виходом з даної ситуації може бути прийняття за основу вимог ДСТУ 21657 Електрична ізоляція виробів ГСП. Технічні вимоги.

Стандартом встановлене, що мінімально припустиме значення опору ізоляції електричних кіл номінальною напругою 500 В визначаються множенням значень, зазначених у таблиці 1.1, на коефіцієнт, дорівнює відношенню номінальної напруги ланцюги до 500 В.

Для рухомого складу міського електротранспорту номінальна напруга контактної мережі ухвалюється рівним 550 В, тоді значення коригувального коефіцієнта буде рівно

$$K_H = \frac{U_{KC}}{U_H} = \frac{550}{500} = 1.1$$

Враховуючи значення коригувального коефіцієнта мінімально припустимі значення електричного опору повинні відповідати наступним величинам.

Таблиця 1.1 – Рекомендовані ряди опорів ізоляції

Умови вимірів опорів	Мінімально припустиме електричне опір ізоляції, Мом				
Нормальні умови	24	44	110	550	1100
При верхньому значенні температури робочих умов	5.5	11	22	55	220
При верхньому значенні відносної вологості робочих умов	1.1	2.2	3.3	7.7	55

Ухвалюючи за основу значення струму витoku в сиру погоду (3 та) згідно Правил експлуатації трамвая й тролейбуса й можливої максимальної напруги контактної мережі (720 В), визначимо опір ізоляції, при яким буде забезпечуватися даний струм витoku

$$R_{ИЗ}^C = \frac{U_{\max}}{I_y}$$

де $R_{ИЗ}^C$ - опір ізоляції при вологій погоді;

U_{\max} - максимальна напруга в контактній мережі;

I_y - струм витoku.

Опір ізоляції для цього випадку буде дорівнювати

$$R_{ИЗ}^C = \frac{800}{3 \cdot 10^{-3}} = 266 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

Використовуючи нормативи рекомендованих значень опору ізоляції в сиру погоду приймаємо за нормативне значення опір ізоляції рівний 1 Мом.

Враховуючи двадцятиразове падіння опору ізоляції в сиру погоду в порівнянні з вологої приймаємо для нормальних умов опір рівний 20 Мом. Струм витoku для даного опору ізоляції при вимірі в нормальних умовах буде рівний

$$I_y = \frac{U_{\max}}{R_{BP}^C} = \frac{800}{20 \cdot 10^6} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ А.}$$

При поелементному вимірі опору ізоляції окремих ділянок електрообладнання роблять вимикання ділянок високовольтних кіл в кабіні

водія за допомогою наявних вимикачів, реверсора, а також зняттям запобіжників.

1.2 Вимоги електробезпечності тролейбусів

1.2.1 Нормативні вимоги

Високовольтні кола тролейбуса повинні мати не менше двох ступенів ізолювання. Для проводів, що мають два шари ізоляції, цю вимогу вважається виконаною. Опір та електрична міцність ізоляції апаратів, установлених на тролейбусі, повинні відповідати вимогам ДСТУ 3601, ДСТУ 2773. Опір та електрична міцність ізоляції електричних двигунів, установлених на тролейбусі, повинні відповідати вимогам ГОСТ 2582.

Площа перерізу поодиноких низьковольтних проводів повинна бути не менше ніж $1,5 \text{ мм}^2$. Дозволено в окремих колах застосовувати проводи перерізом менше ніж $1,5 \text{ мм}^2$, але при цьому повинна бути забезпечена міцність проводу, його відповідність струмовим навантаженням і параметрам апаратів захисту. Електричні кола керування, сигналізації, освітлення тролейбуса повинні живитися від джерела низької напруги (акумулятора та пристрою, що його заряджає). Для високовольтних кіл тролейбуса треба використовувати проводи з ізоляцією на напругу не менше ніж 3000 В.

Високовольтні та низьковольтні проводи треба прокладати окремо. Торці кабельних каналів та інших механічних елементів, до яких торкаються проводи та кабелі, повинні мати закруглення радіусом, не менше ніж 2 мм.

Проводи та кабелі повинні бути надійно закріплені. Не дозволено прокладати проводи та кабелі в зоні викиду продуктів дугогасіння комутаційних апаратів.

У електричного обладнання високовольтних кіл відстань між неізольованими частинами повинна бути:

- по поверхні ізолятора – не менше ніж 20 мм;

Для перевіряння стану опору ізоляції основних складових вузлів високовольтного кола, тролейбус повинен бути обладнаний діагностичною панеллю, розміщеною у захищеному від вологи та зручному для виконання вимірювальних робіт місці.

1.2.2 Вимоги до показників ізоляції нового тролейбуса

Електробезпеку тролейбуса треба оцінювати за показниками опору та міцності ізоляції. Після вироблення тролейбуса, який обладнано імпульсним регулятором, додатково треба перевірити параметри електричних імпульсів на його корпусі.

Опір ізоляції між окремими елементами конструкції тролейбуса та його електричними колами повинен відповідати значенням, наведеним у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення опіру ізоляції

У мегомах

Електричні кола або складові частини конструкції тролейбуса, між якими вимірюють опір ізоляції	Значення опору ізоляції, не менше	
	несприятливі метеорологічні чинники	нормальні кліматичні умови
Усі високовольтні кола та корпус тролейбуса.	5	20
Усі високовольтні та низьковольтні кола.	5	20
Мотузка штанговловлювача, що змочена у воді.	3	-

Ізоляція високовольтних кіл тролейбуса повинна протягом 60 секунд витримувати випробну напругу синусоїдальної форми частоти 50 Гц, значення якої наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Величини випробної напруги

Напруга у вольтах

Номінальна напруга кола, U		Випробна напруга (діюче значення)
постійного струму	змінного струму	
Понад 42 до 300 включно	Понад 30 до 300 включно	1275
Понад 300 до 660 включно	Понад 100 до 660 включно	1,06M (2,0U + 1500)

Параметри електричних імпульсів на корпусі тролейбуса з імпульсними регуляторами відносно землі не повинні перевищувати таких значень:

- а) за амплітудою імпульсу – 40 В;
- б) за тривалістю імпульсу біля основи – 3 мкс.

1.2.3 Вимоги до показників ізоляції в експлуатуванні

Електробезпеку тролейбуса, що перебуває в експлуатуванні, треба оцінювати за показниками опору ізоляції і (або) струму витoku.

Опір ізоляції тролейбуса, що перебуває в експлуатуванні, повинен бути не менше зазначеного в експлуатаційній документації. У разі відсутності вказаного показника опір ізоляції між високовольтними електричними колами і кузовом тролейбуса та між високовольтними і низьковольтними колами на сухому і чистому тролейбусі повинен бути не менше ніж 5 МОм.

Струм витoku не повинен перевищувати 3 мА за номінальної напруги контактної мережі згідно з ГОСТ 6962.

2. МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ТРОЛЕЙБУСІВ

2.1 Методи контролювання

2.1.1 Порядок виконання контролювання

. Вимоги електробезпеки тролейбуса контролюють на етапах:

- освоєння серійного виробництва;
- серійного виробництва;
- експлуатування.

. Контролювати електробезпеку на етапі освоєння серійного виробництва тролейбусів треба під час попередніх (у тому числі експлуатаційних) та приймальних випробувань. Позитивні результати попередніх випробувань за показниками електробезпеки можуть зараховуватись як приймальні.

. Параметри електробезпеки тролейбусів, прийнятих до серійного виробництва, треба контролювати під час приймально-здавальних, періодичних випробувань, які виконують згідно з ГОСТ 15.309.

. Тролейбуси, які прийняті до серійного виробництва, повинні бути сертифіковані на відповідність показникам електробезпеки, встановленим у цьому стандарті.

. Випробувати тролейбуси після їх виготовлення треба за програмою, наведеною в таблиці 2.1. .

Контролювати електробезпечність тролейбуса, що перебуває в експлуатуванні треба під час технічного обслуговування та ремонтування. Обсяг контролю встановлено інструкцією з експлуатування тролейбуса. Величину струму витоку треба перевіряти не менше ніж один раз на добу.

Таблиця 2.1 – Програма випробувань

Обсяг контролю	Види випробувань			
	приймально - здавальні	попередні (експлуатаційні)	періодичні	сертифікаційні
Вимоги розділів 4.1, 4.2	-	+ (-)	-	+
Величина опору ізоляції	+	+ (+)	+	+
Електрична міцність ізоляції	+	+ (-)	+	+
Параметри електричних імпульсів.	*	*(-)	*	*
Струм витоку	-	+ (+)	-	-
Примітка. Знаком «+» позначено необхідність проведення контролювання. Знак «-» означає, що контролювання не проводять Знак «*» означає, що контролювання проводять лише для тролейбусу з імпульсним регулятором				

2.1.2 Контролювання опору ізоляції

. Опір ізоляції тролейбуса треба вимірювати мегомметром з похибкою не більше ніж 20 % та випробною напругою відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Значення випробної напруги

Номінальна напруга кола	Напруга у вольтах	
	Напруга мегомметра	
до 30 включно	100	
понад 30 до 60 включно	250	
понад 60 до 300 включно	500	
понад 300 до 660 включно	1000	

. Для виконання вимірювання опору ізоляції високовольтних кіл відносно корпусу тролейбуса необхідно з'єднати всі високовольтні кола. Опір ізоляції вимірюють між корпусом тролейбуса та високовольтними колами. Результати вимірювання опору ізоляції тролейбуса, що перебуває в експлуатаванні, повинні бути записані в журнал, форму якого наведено в додатку Б.

. Для виконання вимірювання опору ізоляції високовольтних кіл відносно низьковольтних кіл необхідно з'єднати усі високовольтні кола та низьковольтні кола. Низьковольтні кола треба від'єднати від акумуляторної батареї. Опір ізоляції вимірюють між високовольтними та низьковольтними колами.

. Електричний опору мотузки штанговловлювача вимірюють після змочування її у водопровідній воді протягом 10 хвилин. Під час вимірювання щупи мегометра кріплять до мотузки, що знаходиться у вертикальному положенні, на відстані 1 м один від одного.

. Опір ізоляції сходинок біля дверей відносно корпусу тролейбуса вимірюють між металевою пластиною розміром 100 мм x 100 мм, притиснутою із зусиллям 100 Н до сходинки, та корпусом тролейбуса.

. Опір ізоляції поручнів на дверях відносно корпусу тролейбуса вимірюють між металевими частинами поручнів та корпусом тролейбуса.

. Опір інших ступенів ізоляції вимірюють між металевими частинами обладдя, які електрично роз'єднують ізолятори і опір яких вимірюють. Місця приєднання вимірювальних щупів до металевих частин обладдя повинні бути очищені від корозії та фарби.

. Під час контролювання опору ізоляції треба виконувати не менше ніж трьох вимірів. За результат контролювання беруть середнє значення отриманих величин.

2.1.3 Контролювання параметрів електричних імпульсів

. Параметри електричних імпульсів на корпусі тролейбуса з імпульсними регуляторами вимірюють електронним осцилографом, що має вхідний опір не менше ніж 1 МОм із похибкою вимірювання напруги не більше ніж $\pm 10\%$ на резисторі величиною 1 кОм $\pm 5\%$, який під'єднано між

корпусом тролейбуса та заземлювачем. Вимірювання треба проводити на нерухомому тролейбусі із увімкненим імпульсним регулятором.

За результат контролювання беруть максимальне значення амплітуди та тривалості імпульсу.

2.1.4 Контролювання струму витоку

. Під час вимірювання величини струму витоку обидва струмоприймача повинні бути встановлені на плюсовий провід контактної мережі або на них подати позитивний потенціал.

. На тролейбусі повинні бути увімкнені всі високовольтні споживачі, які живляться від контактної мережі.

. Струм витоку на корпус тролейбуса вимірюється між корпусом тролейбуса та заземлювачем з величиною опору не більше ніж 4 Ом. Для виконання контролю може застосовуватися будь-який вимірювальний прилад, . Вимірювання струму витоку міліамперметрами дозволено лише після перевіряння опору ізоляції за умови, що величина опору ізоляції тролейбуса не менша ніж 200 кОм.

Прилад треба підмикати між корпусом тролейбуса та заземлювачем. Підмикати до корпусу тролейбуса треба у місцях, де відсутні захисні ізоляційні покриття.

Струм витоку на етапах освоєння та серійного виробництва тролейбусів вимірюють за номінальної напруги контактної мережі згідно з ГОСТ 6962.

Струм витоку під час експлуатування тролейбуса вимірюють без реєстрування рівня напруги в контактній мережі.

Значення опору заземлювача не поширюється на струмопровідні заземлювачі бортових засобів контролювання.

. За результат контролювання беруть середнє значення струму витоку, отримане в результаті не менше трьох вимірів. Під час контролю струму витоку тролейбуса, що перебуває в експлуатуванні, дозволено виконувати одне вимірювання.

. Похибка вимірювання струму витоку повинна бути не більше ніж 2,5%.

Для бортових засобів контролювання значення похибки вимірювання визначається лише за несприятливих кліматичних умов.

2.1.5 Електрична міцність ізоляції

Випробовувати електричну міцність ізоляції випробною напругою треба за холодного стану електричного обладдя тролейбуса.

Потужність випробного трансформатора повинна бути такою, за якою діюче значення сталого струму короткого замикання на боці випробної напруги має

Випробну напругу треба вимірювати безпосередньо на боці високої напруги випробного трансформатора.

Похибка величини випробної напруги повинна бути не більше, ніж ± 5 %.

Випробна напруга повинна бути синусоїдної форми частотою 50 Гц, значення якої наведено в таблиці 2.2.

Тривалість прикладення напруги становить 60 с.

Випробовувати ізоляцію повною випробною напругою треба один раз.

Подальші випробовування треба проводити за 80 % повної випробної напруги.

Якщо в електричному обладнанні є кола, розраховані на меншу випробну напругу (наприклад, електродвигуни, прилади, конденсатори та напівпровідникові пристрої), то вони повинні бути вимкнуті і підлягати випробовуванням окремо. Якщо це неможливо, то умови випробовування повинні відповідати наданим в технічній документації на конкретні види елементів електричної схеми.

Електричні кола, які підлягають випробовуванню, а також місця прикладення випробної напруги зазначені в технічній документації на тролейбус.

Під час випробовування електричної міцності ізоляції кіл електронні блоки, які мають транзистори, мікросхеми, повинні бути зашунтовані.

Під час випробовування високовольтного кола, усі кола, які зазвичай не під'єднані до високовольтного кола, повинні бути під'єднані до корпусу. Під час випробовування треба від'єднати акумуляторну батарею від електричних кіл.

2.2 Технічні засоби діагностування

2.2.1 Бортові засоби контролю електробезпеки

Силові кола тролейбусів живляться від мережі постійної напруги 600 В, а максимальна напруга може сягати 720 В [1]. Враховуючи, що тролейбусний парк суттєво зношений, ізоляційні матеріали з часом погіршують свої параметри, а корпус тролейбуса не має заземлення та ізольований від землі гумовими частинами коліс, актуальним є питання забезпечення безпеки пасажирів при їх посадці і висадці з тролейбуса, особливо при несприятливих погодних умовах, тому є необхідним створення ефективних технічних засобів контролю струму витоку на корпус тролейбуса.

Незважаючи на інтенсивні роботи, які велися й ведуться в багатьох країнах світу з 30-х років минулого століття, поки ще не створений досить ефективний бортовий прилад для контролю струму витоку. Найбільше поширення одержали вбудовані пристрої контролю струму витоку або небезпечного потенціалу на корпусі тролейбуса, в основі якого лежить принцип прямого виміру струму (напруги) між корпусом машини й землею.

В експлуатаційних умовах стратегія

керування електробезпекою тролейбусів повинна включати 2 етапи:

Перший етап – контроль інтегрального параметра – струму витоку зовнішнім приладом при проходженні технічного обслуговування і ремонту тролейбусів. На цьому етапі у випадку, якщо струм витоку вище 3 мА тролейбус проходить відновлювальні операції по електричним колам і елементам електричного обладнання, параметри ізоляції яких нижче допустимих. Контроль електробезпеки тролейбуса на першому етапі не завжди гарантує безпеку для пасажирів і обслуговуючого персоналу, оскільки в депо в суху погоду струм витоку може бути в нормі, а при виїзді на маршрут можливе погіршення погодних умов і струм витоку досягає значень значно вищих норми.

Другим етапом варто вважати постійний контроль струмів витоку вбудованими діагностичними пристроями.

У НДКТІ МГ розроблено і поставлено на виробництво ряд приладів контролю струмів витоку як стаціонарних так і переносних. До таких приладів відносяться стаціонарні прилади для виміру струмів витоку УКТУ–

232. Пристрій складається з корпусу, в якому змонтовані блок живлення, міліамперметр, органи керування, електронна схема вимірів, захисту і сигналізації, а також щуп і сполучні дроти. Пристрій УКТУ–232 атестовано в Держстандарті, він успішно експлуатується в тролейбусних депо № 1,2,4 Київпастрас.

Пристрій має вбудований міліамперметр для виміру струму витоку, кнопку перевірки працездатності, вбудований щуп з двома голчастими контактами, сигналізацію наявності контакту з корпусом тролейбуса.

Стационарний пристрій УКЕТ-5 уніфіковано з мобільним переносним пристроєм із вбудованим блоком живлення (батареями сумарною напругою 9 В).

Пристрій виміру струму витоку (УКТУ–01) може використовуватися з метою контролю струму витоку як у ремонтно–експлуатаційних депо, так і на кінцевих зупинках маршрутів тролейбусів. Він має невелику вагу (1,5 кг) і сигналізацію перевищення величини струму витоку вище $3 + 0,2$ мА як звукову, так і світлову.

Для постійного контролю потенціалу на корпусі тролейбуса, з метою забезпечення електробезпеки тролейбуса у випадку недопустимого зниження рівня ізоляції високовольтних ланцюгів тролейбуса у НДКТІ МГ розроблений прилад контролю струму витоку (вбудований) ПКУТ–01.

Прилад установлюється на рухомому складі і складається з блоку виміру, блоку індикації (світлової і звукової), струмозаземлюючого пристрою. Функціональна схема приладу представлена на рис. 2.1.

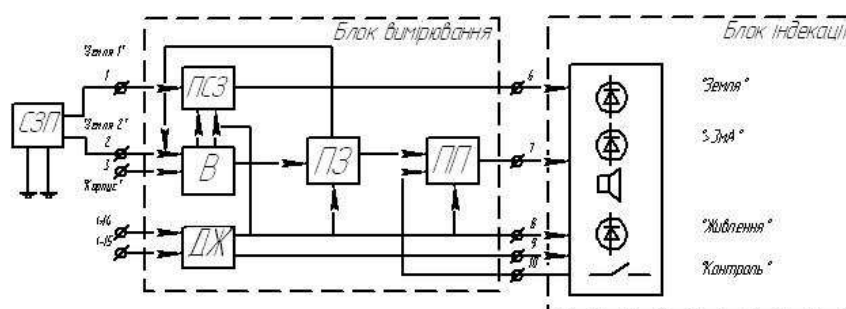


Рис. 2.1 – Функціональна схема приладу контролю струму витоку ПКУТ–01: СЗП –струмозаземлюючий пристрій (струмозаземлюючі провідники, ізольовані від корпусу тролейбуса); ПСЗ – пристрій сигналізації контакту струмозаземлюючих провідників із землею; В – випрямляч; ПЗ – пристрій захисту; ПП – пороговий пристрій; Ф – формувач; ДЖ – джерело живлення.

Блок вимірювання складається з: випрямляча (В), пристрою сигналізації контакту струмозаземлюючого пристрою із землею (ПСЗ), – пристрою захисту (ПЗ), порогового пристрою (ПП), джерела живлення (ДЖ). Загальний вигляд блока вимірювання зображений на рис. 2.2.

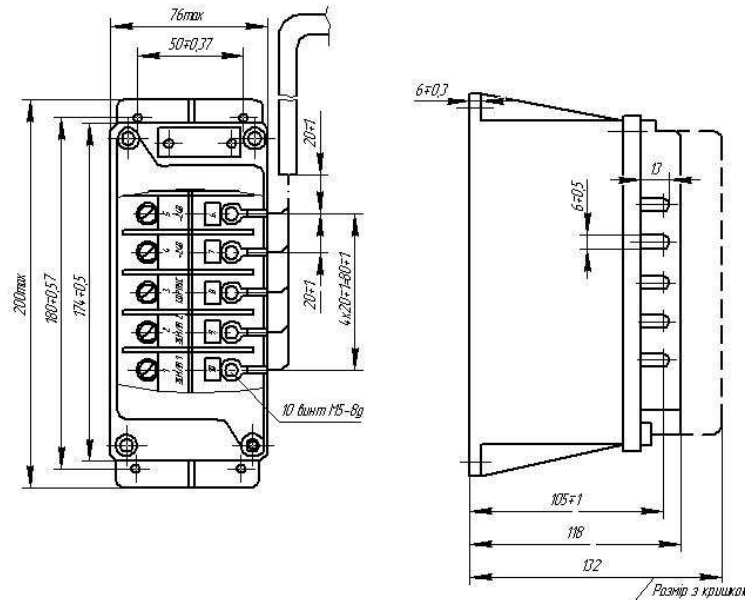


Рис. 2.2 – Блок вимірювання

Блок індикації складається з: формувача звукового та світлового сигналу (Ф), кнопки «Контроль», індикаторів світлових («Земля», «>3 мА», «Живлення»).

Загальний вигляд блоку індикації зображений на рис. 2.3. Струмозаземлюючий пристрій (СЗП), ізолюваний від корпусу тролейбуса, являє собою два струмозаземлюючих провідника, виконаних із гнучкої струмопровідної гумової стрічки, армованої сіткою із мідного проводу (рис. 2.4).

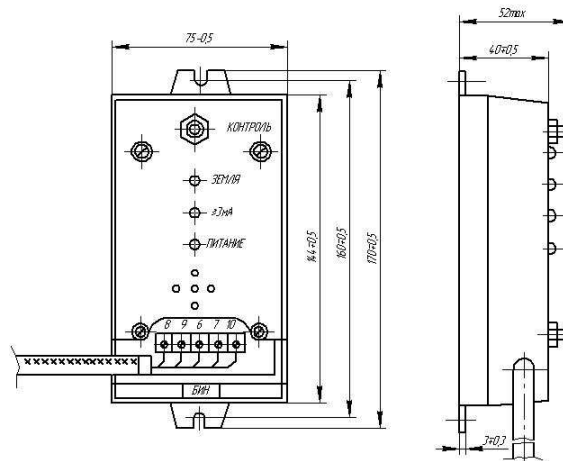


Рис. 2.3 – Блок індикації

Опір ізоляції одного струмозаземлюючого пристрою [6] відносно корпусу троллейбуса – не менше 100 МОм. В процесі експлуатації допускається зниження опору ізоляції струмозаземлюючого пристрою до 10 МОм при відносній вологості повітря більше 80 %.

Вбудований прилад контролю струму витoku типу ПКУТ -01 пройшов випробування в ремонтно-експлуатаційному депо №4 Київпастрас.

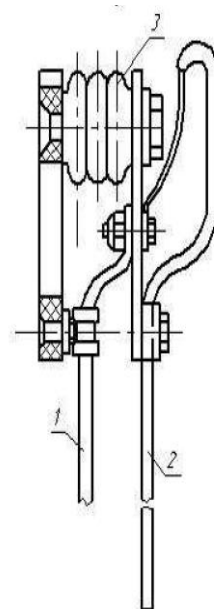


Рис. 2.4 – Схема встановлення струмозаземлюючого провідника:
1 – з'єднувальний провід, 2 – струмозаземлюючий провідник, 3 – ізолятор

До позитивних сторін цього способу відносять порівняльну простоту схемної реалізації самого пристрою й універсальність. Воно може працювати в мережах із заземленою системою енергопостачання й системою живлення з ізольованими полюсами.

Іншим з найбільш удалих бортових пристроїв є пристрій ЕІW, розроблений фірмою КІЕРЕ (АВСТРІЯ), принципова схема показано на малюнку 2.5. Аналогічно даному пристрою виконана розробка в Чехії, і бортовий пристрій встановлюється на тролейбусах типу 14ТР, 15ТР.

Прилад постійно реєструє різницю потенціалів між корпусом тролейбуса й ізольоване закріпленими тросами КС1 і КС2., які перебувають у контакті з поверхнею дороги.

При наявності різниці потенціалів між корпусом і землею відбувається заряд конденсатора С3 через резистор R1, при яким відмикається семистор V1. При цьому С3 розряджається через резистор R2, випрямний міст VD4 на вхід оптрона V2, що здійснює гальванічну розв'язку вхідного ланцюга від підсилювача й сигналізатора.

Чим вище різниця потенціалів між землею й корпусом, тем швидше заряджається конденсатор С3 і вище частота коливань на виході оптрона V2. Чим вище частота, тем вище напруга на інтегруючій ємності С4. Цей сигнал підсилюється операційним підсилювачем DA1 і подається на вихідний підсилювальний каскад.

Останній зібраний на транзисторі VT1, у колекторний ланцюг якого включено реле ДО1. Обмотка реле К1 зашунтована опором R14 так, що спрацювання К1 завдяки добору параметрів схеми підсилювача й вхідної схеми відбувається при напрузі між корпусом і землею близько 7,5 В.

При цьому замикається контакт реле КК1, з'являється сигнали : акустичний –зумер НА і оптичний- світиться світлодіод VD11.

До недоліків цього пристрою можна віднести:

- відсутність сигналізації про контакт заземлюючих тросів із землею;
- непрацездатність пристрою при зникненні напруги живлення;
- відсутність вимірювального приладу, що показує значення струму витоку;
- необхідність доробки пристрою при необхідності установки додаткових пристроїв сигналізації.

Єдиним мобільним засобом контролю, що використовуються в тролейбусні депо, був пристрій типу УКІ -3П.

Загальний вид цього пристрою показано на малюнку 2.6.

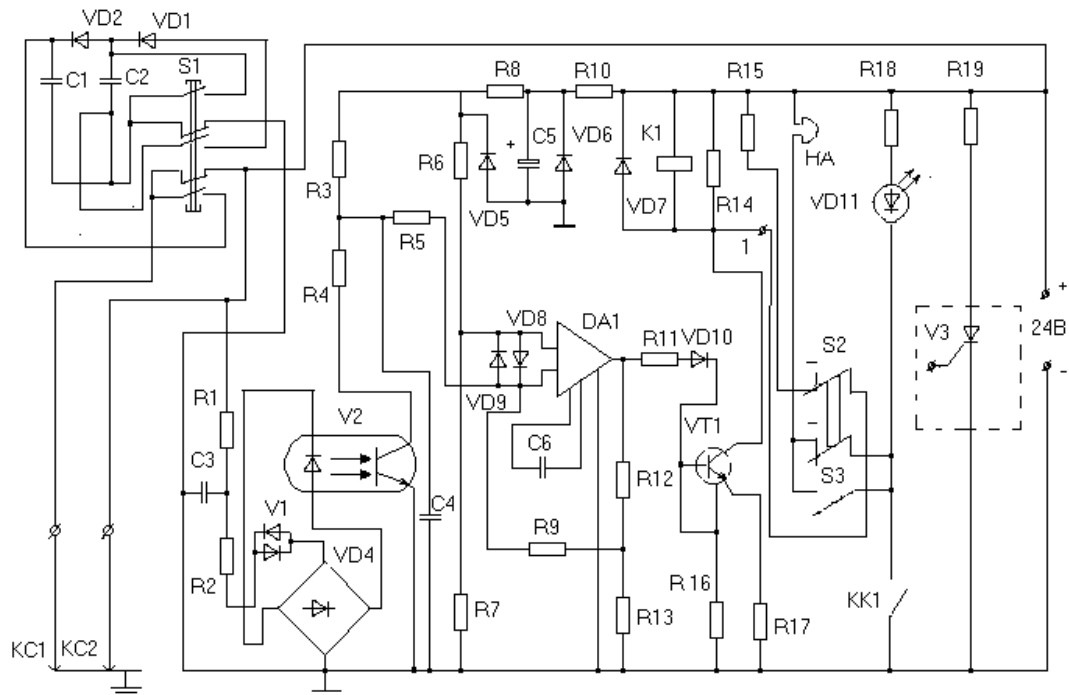


Рис. 2.5. Принципова електрична схема пристрою EIW

2.2.2 Мобільні засоби контролю

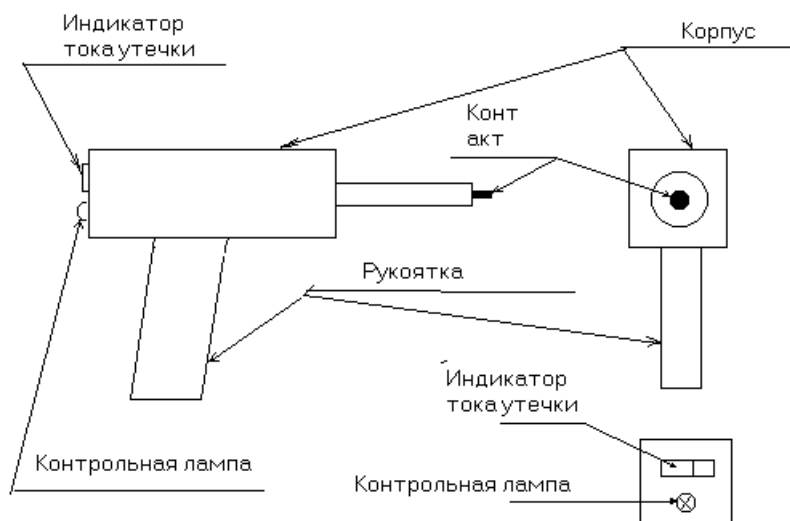


Рис.2.6. Загальний вид пристрою УКІ-3П

Недоліками цього пристрою, є:

- відсутність сигналізації про наявність контакту з корпусом;
- використання як елемент захисту приладу транзистора
- використання як вимірювальний прилад індикаторної головки
- використання приладу тільки як індикатору струму витоку, а не вимірювального приладу.

2.2.3 Стаціонарні засоби контролю

Серед відомих, стаціонарних засобів контролю струму витоку, необхідно відзначити два пристрої, розроблені в НДКТІ МГ:

- стенд контролю потенціалу тролейбуса (СКПТ);
- пристрій контролю струму витоку (СТУ)

Обоє пристрою повинні встановлюватися на стрічках технічного обслуговування й ремонту.

Пристрій СТУ, є найбільш дешевим пристроєм і являє собою (див. мал. 2.7), невеликий корпус, який кріпиться до стіни, опори або спеціальної стійки.

Принципова електрична схема пристрою показано на малюнку 2.8.

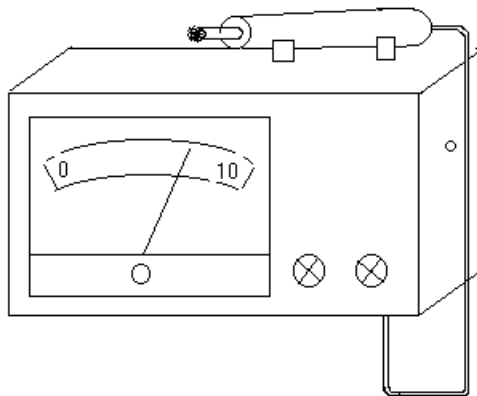


Рис. 2.7 Зовнішній вигляд пристрою СТУ

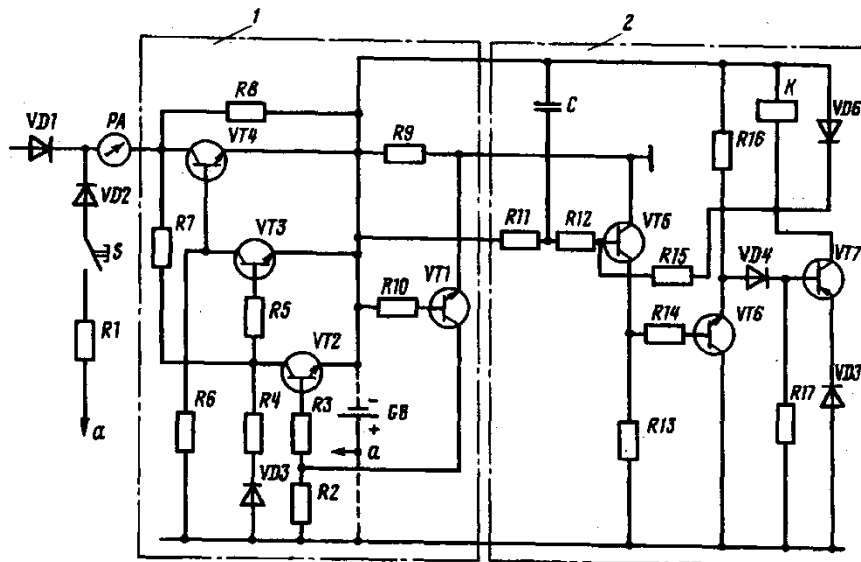


Рис. 2.8. Електрична схема пристрою СТУ

Стенди СТУ призначені для установки на в'їзді й виїзді з депо, на кінцевих або проміжних точках маршрутів. Перша партія таких стендів, була встановлена в містах Києві, Херсоні, Білій Церкві, підтвердила надійність струмоприймача найпростішої конструкції, установлюваного на одній з опор контактної мережі й взаємодіючого із закріпленої на даху тролейбуса частиною контактного проводу.

Незважаючи на свою дешевину, пристрій має ряд істотних недоліків:

- відсутнє значення напруги контактної мережі, при яким проводиться вимір струму витоку
- відсутня сигналізація наявності контакту на корпусі тролейбуса;
- захист приладу виконаний на транзисторі.

Більш прогресивним є застосування стенда СКПТ, який може застосовуватися незалежно від застосовуваної системи енергопостачання. Стенд обладнаний незалежним джерелом живлення постійної напруги яке перед початком виміру подається в контактну мережу (див.рис. 2.9)

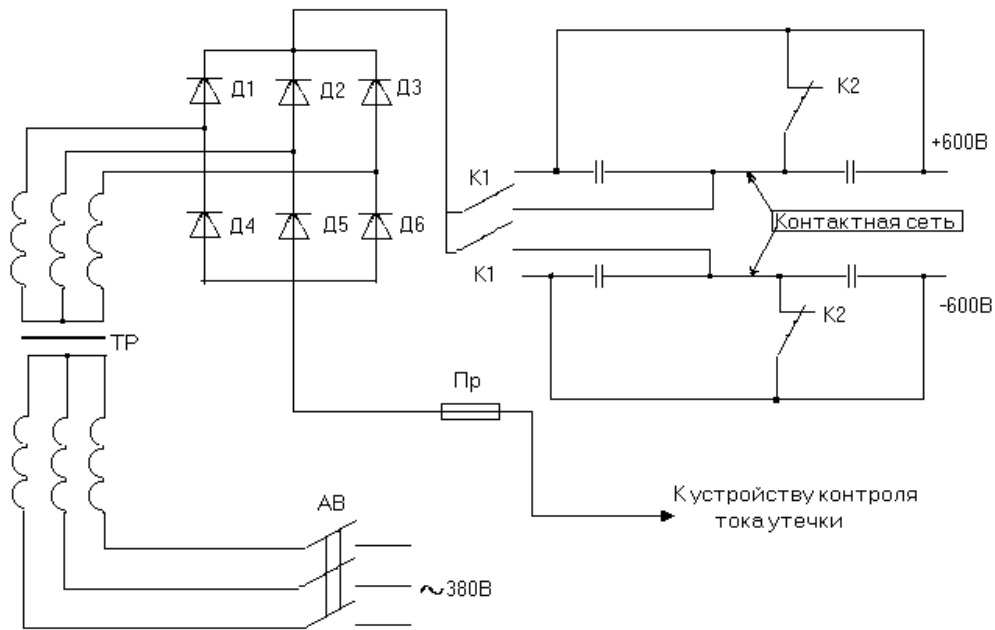


Рис. 2.9. Схема комутації контактної мережі на ділянці контролю струму витоку.

У роботі пропонується впровадити на підприємстві для контролю рівня електробезпечності в експлуатації пристрій для контролю стану ізоляції: сигналізатор струму витоку (рис. 2.10).

Сигналізатор струму витоку працює на принципі зміни провідності в зоні випромінювання при наявності струмів витоку. Доза іонізуючого випромінювання нейтралізатора визначається спеціально розробленим приладом, принципова схема якого наведено на рис.2.10. При граничній температурі термопласта До з'являється іонний струм; він підсилюється високоомним підсилювачем, зібраним на польовому транзисторі Т1 за схемою із загальним джерелом. Від перевантажень прилад захищають діоди Д2, Д3. Другий каскад транзисторного підсилювача Т2 підсилює й детектує сигнал, рівень якого реєструє мікроамперметр. Граничну температуру T_e визначають термометром, а дозу іонізуючого випромінювання P - градуировочной кривій залежно від сировини й кута кристалографічного зрізу кварцової пластини (рис.2.10).

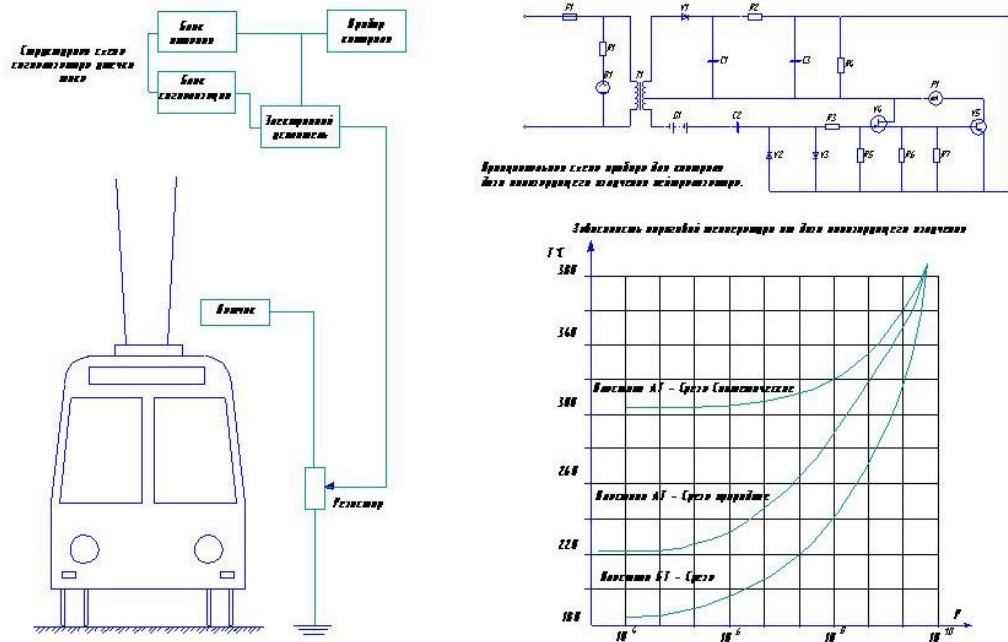


Рис. 2.10. – Сигналізатор струму.

Поряд із пропонованим пристроєм на ділянці доцільно зберегти пристрої контролю струмів витоку, що мають спеціальні струмознімачі, а, що також забезпечують світлову й звукову сигналізацію.

ВИСНОВОК

У даній роботі розглянуто питання підвищення рівня електробезпеки транспортних засобів за рахунок впровадження систем діагностування ізоляції високовольтного електрообладнання тролейбусів.

Більшість відомих методів та засобів контролю стану ізоляції тролейбуса передбачають його відключення від контактної мережі. Крім того, на роботу решти пристроїв під час перехідних процесів в значній мірі впливають ємності ізоляції мережі та тролейбуса, що спричиняють хибні спрацювання в умовах комутаційних процесів, а також не забезпечують контроль стану ізоляції тролейбуса на маршруті.

Зовнішні пристрої контролю струму витоку не вирішують в повному обсязі проблему електробезпеки пасажирів і обслуговуючого персоналу тролейбусів. Розроблені вбудовані прилади контролю струму витоку дозволяють забезпечити електробезпеку при появі на корпус небезпечного потенціалу, особливо при несприятливих погодних умовах. Нормоване значення струму витоку 3 мА слід контролювати при фіксованій напрузі контактної мережі.

Запропоновані прилади та нормативні значення дозволять підвищити електробезпеку при експлуатації тролейбусів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про дорожній рух».
2. Закон України "Про охорону праці".
3. Закон України «Про міський електричний транспорт».
4. Правила експлуатації трамвая та троллейбуса. Затв. наказом Держжитлокомунгоспу України №103 від 10.12.96 р. Зареєстровано в Мінюсті України №66/1870 від 16.03.97 р. Введено в дію з 16.03.97 р. К.: Держжитлокомунгосп, 1997. 104 с.
5. Боднар Б. Є., Капіца М. І. Сучасні методи контролю потокового стану ізоляції тягових електричних машин локомотивів. *Залізничний транспорт України*, 2006. № 2. С. 22–26.
6. Вишник Г. В. и др. Троллейбус пассажирский ЗиУ-682Б. М.: Транспорт, 1977. 208 с.
7. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990. 295 с.
8. Далека В. Х., Будниченко В. Б., Карпушин Е. І., Коваленко В. І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту: навч. посібник. Харк. нац.ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова, 2014. 236 с.
9. ДСТУ UN/ECE R 36-03:2005 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів великої місткості стосовно їхньої загальної конструкції (UN/ECE R 36-03:2002,IDT).
10. ДСТУ 4398:2005 Тролейбуси. Вимоги електробезпеки та методи контролю. К.: Держспоживстандарт України 2004. 18 с.
11. ДСТУ 2773-94 (ГОСТ 9219-95) Апарати електричні тягові. Загальні технічні вимоги
12. ДСТУ 3601-97(ГОСТ 30532-97) Апарати та комплектні пристрої керування для міського електротранспорту. Загальні технічні умови.
13. ДСТУ 3725-98 Устави електричних споруд експлуатаційні. Електротяга. Терміни та визначення.
14. ГОСТ 6962-75 Транспорт электрифицированный с питанием от контактной сети. Ряд напряжений (Транспорт електрифікований із живленням від контактної мережі. Ряд напруг).

15. Технические средства диагностики : справочник / В. В. Клюев, П. П. Пархоменко и др. ; под ред. В. В. Клюева. М. : Машиностроение, 1989. 672 с.
16. Синчук О. Н., Захаров В. Ю., Сменова Л. В. Теоретические аспекты построения структуры системы мониторинга состояния электрических приводов тяговых электротехнических комплексов. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*, 2013. № 36(1009), С. 142-145.
17. Далека В. Х., Коваленко В. І., Будниченко В. Б., Хворост М. В. Практикум з технічної експлуатації міського електричного транспорту: навч. посібник для студентів 4-6 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка». Харків. ХНУМГ, 2013, 194 с.
18. Патент РФ № 1556347, МПК G01R31/14. Устройство для контроля электротехнической прочности изоляции электротехнических изделий / А. Т. Курякин, Ю. Г. Здобников, И. П. Воробьев и Ю. В. Мартьянов. № 4227134/21; заявл. 10.04.1987; опубл. 15.06.1994.
19. Патент РФ № 2002135719, МПК G01R27/00. Способ контроля сопротивления изоляции электрооборудования троллейбуса и оценки условий его безопасной эксплуатации / С. И. Малафеев, Н. А. Серебренников и В. Г. Фролкин; заявители и патентообладатели С. И. Малафеев, Н. А. Серебренников и В. Г. Фролкин. № 2002135719/28; заявл. 27.12.2002; опубл. 20.06.2004.
20. Правила охорони праці на міському електричному транспорті. НПАОП 60.2-1.01-06. К: МНСУ, 2006. 128 с.