

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМВПЛИВУ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСА ТА СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ З ІЗОЛЬОВАНИМИ ПОЛЮСАМИ НА СТРУМ ВИТОКУ

*В. П. Курочка, асп., Д. П. Курочка, студ.
Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна
E-mail: kurochka_vp@rambler.ru*

Представлено дослідження взаємовпливу стану ізоляції тролейбуса та системи живлення на струм витoku, промодельована схема заміщення ізоляції тролейбуса та системи живлення з ізольованими полюсами при контакті людини з корпусом.

Ключові слова: опір ізоляції, напруга, система живлення, струм витoku тролейбуса.

Вступ. Стан електричного обладнання тролейбуса оцінюють за двома показниками: опір ізоляції (характеризує працездатність ізоляції електричних машин, апаратів і провідників) та струм витoku тролейбуса (інтегральна характеристика електробезпеки транспортного засобу) [1]. Під струмом витoku розумітимемо струм, який протікає через тіло людини, яка стоїть на землі і контактує з корпусом тролейбуса, штанги якого під'єднанні до контактної мережі. Для забезпечення безперервного контролю струму витoku необхідно проводити вимірювання під час руху тролейбуса, що значно ускладнює задачу (відсутнє стаціонарне заземлення корпусу), і тому найчастіше вимірювання проводять тільки в певних контрольних точках: на кінцевих зупинках та депо. Дана ситуація не дає достовірну оцінку стану високвольтного обладнання.

Аналіз попередніх досліджень. У роботі [2] запропонований безпосередній метод вимірювання струму витoku, тобто приєднання провідника через міліамперметр (або струмове реле) до корпусу, другий кінець якого заземлений (з допомогою спеціаль-

них заземлюючих пристроїв). При досягненні струмом витoku аварійного значення, яке дорівнює струму уставки, останнє спрацьовує і замикає свої контакти в колі аварійної сигналізації.

Проте при даному методі контролю струму витoku вимірювання проводиться на секційній ділянці системи живлення з певними параметрами, а під час живлення від іншої тягової підстанції показники можуть значно різнитися, а в даних точках вимірювання не проводяться. Тому постає задача, знаючи вимірне значення струму витoku в контрольних точках, спрогнозувати його значення на всіх ділянках руху тролейбуса.

Мета роботи. Дослідити взаємовплив стану ізоляції електрообладнання тролейбуса та системи живлення з ізольованими полюсами на струм витoku тролейбуса.

Матеріал і результати дослідження. Під час живлення тролейбуса від системи з ізольованими полюсами, струм витoku протікатиме по колу діагоналі моста (еквівалентному опору людини), який утворений опорами ізоляції тролейбуса і опорами

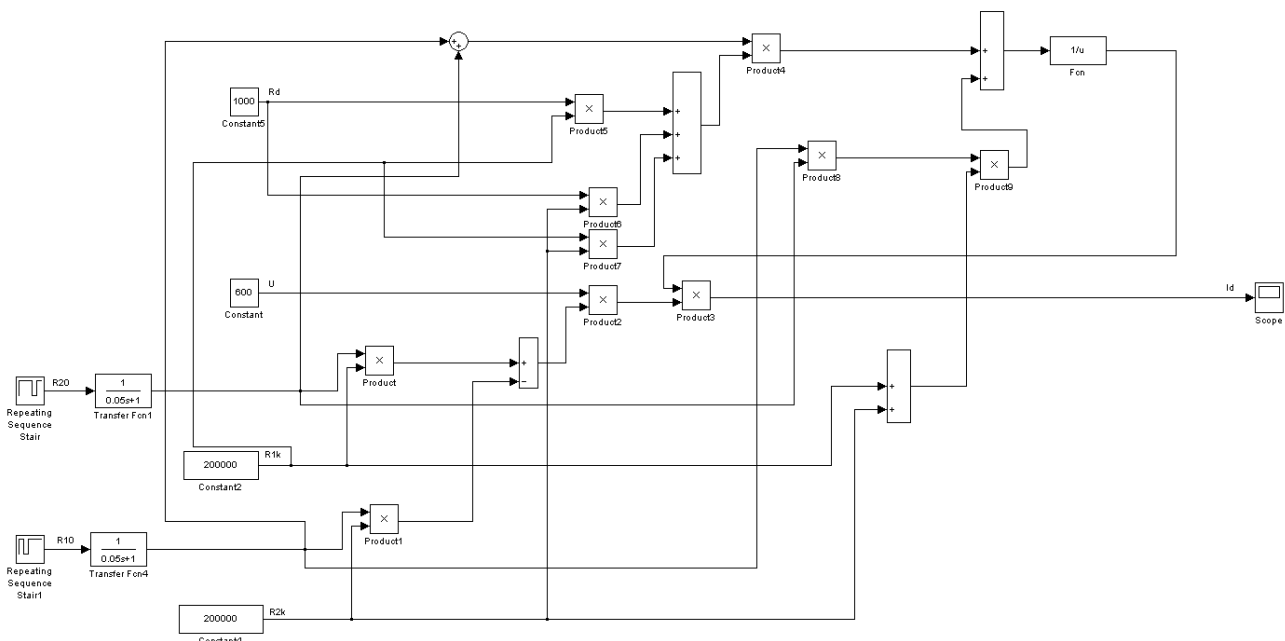


Рисунок 1 – Розрахункова схема заміщення ізоляції тролейбуса та системи живлення з ізольованими полюсами при контакті людини з корпусом

ізоляції системи живлення (рис. 2).

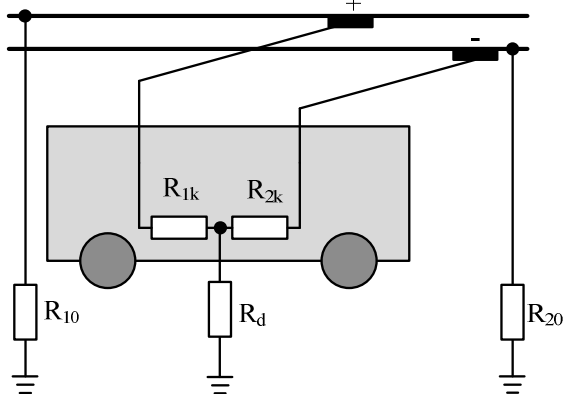


Рисунок 2 – Схема заміщення ізоляції тролейбуса та системи живлення з ізованими полюсами при контакті людини з корпусом: R_{1k} – опір ізоляції позитивного кола тролейбуса, R_{2k} – опір ізоляції негативного кола тролейбуса, R_{10} – опір ізоляції позитивного полюса системи живлення відносно землі, R_{20} – опір ізоляції негативного полюса системи живлення відносно землі, R_d – опір людини

Для визначення струму витоку використаємо метод контурних струмів [1].

$$\begin{bmatrix} (R_{10} + R_{20}) & -R_{10} & -R_{20} \\ -R_{10} & (R_{10} + R_{1k} + R_d) & -R_d \\ -R_{20} & -R_d & (R_{20} + R_d + R_{2k}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{11} \\ I_{22} \\ I_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{11} \\ E_{22} \\ E_{33} \end{bmatrix} \cdot (1)$$

Після розв'язку системи отримаємо струм витоку I_d , який протікає через опір витоку R_d .

$$I_d = \frac{U_{12}(R_{20}R_{1k} - R_{10}R_{2k})}{(R_{10} + R_{20})(R_{1k}R_d + R_{2k}R_d + R_{1k}R_{2k}) + R_{10}R_{20}(R_{1k} + R_{2k})} \cdot (2)$$

де U_{12} – напруга живлення.

Промодельюємо схему заміщення ізоляції тролейбуса та системи живлення з ізованими полюсами при контакті людини з корпусом з метою визначення струму витоку, який протікатиме через тіло пасажирів при різних варіантах ізоляції. Для цього складемо комп'ютерну модель, яка представлена на рис. 2. Напруга прийматиме три значення: мінімальне, номінальне та максимальне. Опір ізоляції: номінальне і мінімальне значення. Опір людини залежить від факторів: площі дотику з електроустановкою, стану поверхні шкіри, стану навколишнього середовища (вологості, температури), шляху струму і біоелектричних факторів. Отже, опір людини може змінюватись в широких межах і залежить від багатьох факторів, тому розглядатимемо його мінімальне значення для розрахунків [3]. Тоді вихідні умови моделювання: $U_{12}^{min} = 480$ В, $U_{12}^{nom} = 600$ В, $U_{12}^{max} = 720$ В, $R_{10}^{nom} = 62,5$ кОм, $R_{10}^{min} = 0,9$ кОм, $R_{20}^{nom} = 62,5$ кОм, $R_{20}^{min} = 0,9$ кОм, $R_{1k}^{nom} = 200$ кОм, $R_{1k}^{min} = 26$ кОм, $R_{2k}^{nom} = 200$ кОм, $R_{2k}^{min} = 26$ кОм, $R_d = 1$ кОм.

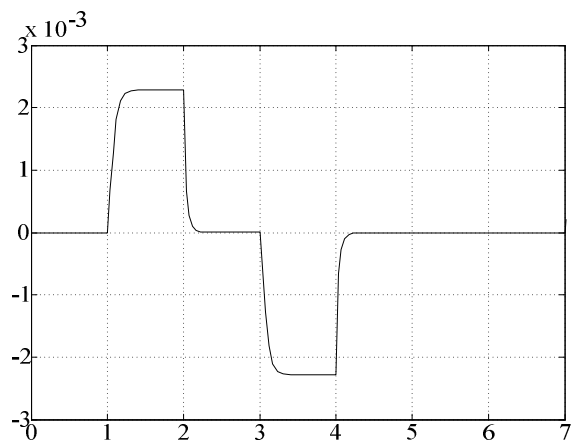


Рисунок 3 – Графік струму витоку при напрузі U_{12}^{min}

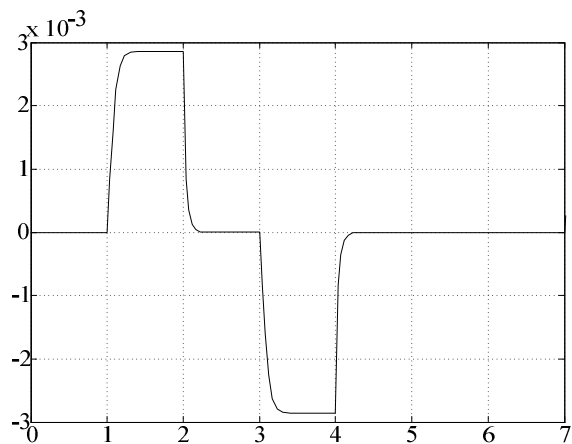


Рисунок 4 – Графік струму витоку при напрузі U_{12}^{nom}

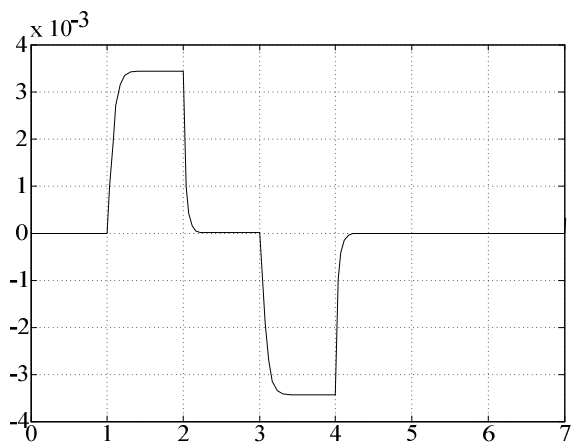


Рисунок 5 – Графік струму витоку при напрузі U_{12}^{max}

На рис. 3-5 показаний струм витоку, який розбитий на сім ділянок. На ділянці 0-1 – всі параметри в нормі, 1-2 – опір ізоляції позитивного полюса системи живлення приймає мінімальне значення (R_{10}^{min}); 2-3 – всі параметри в нормі; 3-4 – опір ізоляції негативного полюса системи живлення приймає мінімальне значення (R_{20}^{min}); 4-5 – всі параметри в нормі; 5-6 – опір ізоляції позитивного і негативного

полюсів системи живлення приймають мінімальне значення (R_{10}^{min} , R_{20}^{min}); 6-7 – всі параметри в нормі.

Як видно з рис. 3-5 (ділянка 0-1, 2-3, 4-5, 6-7), якщо ізоляція тролейбуса (R_{1k}^{nom} , R_{2k}^{nom}) та системи живлення (R_{10}^{nom} , R_{20}^{nom}) номінальні, то струм витоку I_d дорівнює нулю.

Проте під час експлуатації системи живлення з ізованими полюсами її опір ізоляції знижується за рахунок вологості та забруднення ізоляторів контактної мережі, дотик віток дерев до контактних проводів. Тому пробій або зниження одного з опорів (позитивного чи негативного полюса) спричинить появу струму витоку (ділянки 1-2, 3-4 на рис. 3-5) відмінного від нуля. При напрузі живлення U_{12}^{min} він набуватиме значення 2,3 мА, U_{12}^{nom} – 2,9 мА, U_{12}^{max} – 3,3 мА (гранично дозволений струм 3 мА [4]). Як видно, значення струму при мінімальній та максимальній напрузі живлення можуть відрізнятися майже на 44 %.

Отже, можна зробити висновок, що на покази струму витоку матиме досить значний вплив значення напруги контактної мережі, тобто місце знаходження тролейбуса на лінії. Тому перевірку тролейбуса необхідно проводити при максимальній напрузі контактної мережі чи корегувати значення струму.

Причому необхідно зазначити, що при мінімальному значенні опору ізоляції позитивного полюса системи живлення, струм витоку буде висхідний, що є більш небезпечним [3], ніж якщо він протікає у зворотному напрямку при мінімальному значенні опору ізоляції негативного полюса системи живлення.

Як видно з ділянки 5-6, одночасне зниження опорів R_{10}^{min} і R_{20}^{min} ніяк не впливає на струм витоку.

На рис. 6-8 показані графіки струму витоку (з такими як і на попередніх рисунках ділянками) за номінальної напруги живлення, при зміні значення опорів ізоляції самого тролейбуса (R_{1k}^{min} і R_{2k}^{min}).

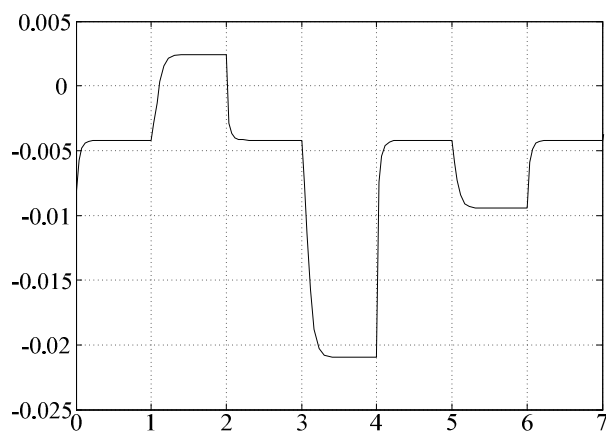


Рисунок 6 – Графік струму витоку при R_{1k}^{min}

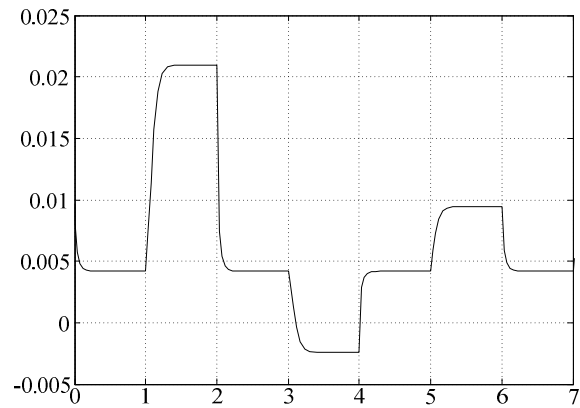


Рисунок 7 – Графік струму витоку при R_{2k}^{min}

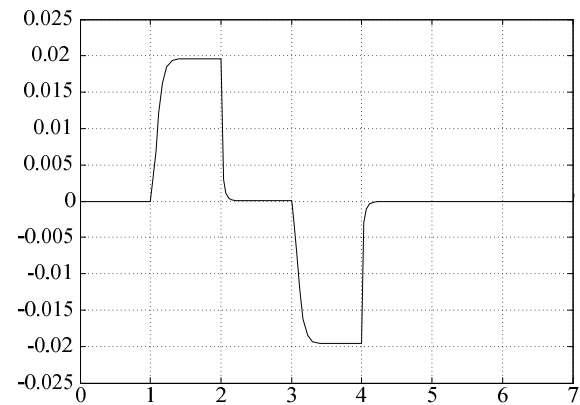


Рисунок 8 – Графік струму витоку при R_{1k}^{min} і R_{2k}^{min}

Як видно з рис. 6–8, можливий варіант (ділянка 1-2 на рис. 6, ділянка 3-4 на рис. 7), коли під час вимірювання можна отримати хибні результати (2,5 мА), оскільки струм витоку знаходиться в межах дозвеного діапазону. Але якщо накладуться умови несправного тролейбуса (R_{1k}^{min} , R_{2k}^{min}) та несправної системи живлення (R_{10}^{min} , R_{20}^{min}), струм витоку перевищуватиме допустимий (ділянка 3-4 на рис. 6, 8; ділянка 1-2 на рис. 7, 8) приблизно в сім раз і становитиме 20 мА.

Слід зазначити, що при симетричному зниженні опорів ізоляції тролейбуса (R_{1k}^{min} , R_{2k}^{min}) та системи живлення (R_{10}^{min} , R_{20}^{min}) індикатор вимірювання струму витоку покаже нульове значення (ділянка 5-6 на рис. 8).

Висновки. Як видно з графіків, струм витоку залежить від напруги живлення (струм витоку може відрізнятися майже на 44 %), від стану ізоляції електрообладнання тролейбуса (струм 2,5 мА), від стану опорів ізоляції системи живлення (струм 2,8 мА). А при накладанні умов: мінімальне значення опору ізоляції позитивного кола тролейбуса і мінімальне значення опору ізоляції негативного полюса системи живлення, отримаємо більше ніж у сім раз перевищення допустимого значення струму витоку (3 мА).

Тому досить актуальною постає задача, знаючи вимірне значення струму витoku в контрольних точках, спрогнозувати його значення на всіх ділянках руху троллейбуса.

ЛІТЕРАТУРА

1. Веклич В.Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с. – ISBN 5-277-00934-5.

2. Пат №2087337 Российская Федерация МПК 6 В60L3/02. Устройство для измерения тока утечки движущегося троллейбуса / Д.В. Володарский. – № 94008004/07; заявл. 03.05.1994; опубл. 20.08.1997.

3. Томлянович Д.К. Защита устройств электро-снабжения троллейбусов. – М.: Транспорт, 1980. – 150 с.

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.

Стаття надійшла 24.06.2011 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Сінчуком О.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРОЛЛЕЙБУСА И СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ С ИЗОЛИРОВАННЫМИ ПОЛЮСАМИ НА ТОК УТЕЧКИ

В. П. Курочка, асп., Д. П. Курочка, студ.

Винницкий национальный технический университет

Хмельницкое шоссе, 95, 21021, г. Винница, Украина

E-mail: kurochka_vp@rambler.ru

Представлено исследование взаимодействия состояния изоляции троллейбуса и системы питания на ток утечки, промоделирована схема замещения изоляции троллейбуса и системы питания с изолированными полюсами при контакте человека с корпусом.

Ключевые слова: сопротивление изоляции, напряжение, система питания, ток тчки троллейбуса.

THE INVESTIGATION OF INTERACTION A STATE OF ISOLATION A TROLLEYBUS AND POWER SYSTEMS WITH AN ISOLATED POLE TO LEAKAGE CURRENT

V. Kurochka, post-grad., D. Kurochka, stud.

Vinnitsa National Technical University

Khmelnytske shose, 95, 21021, Vinnytsya, Ukraine

E-mail: kurochka_vp@rambler.ru

In the work presented the investigation of interaction a state of isolation a trolleybus and power system to leakage current, simulated equivalent circuit of isolation a trolleybus and power systems with an isolated pole over contact a human body with case.

Key words: resistance of isolation, voltage, power system, leakage current.