

УДК 621.311

В.І.КОВАЛЕНКО

*Харківська державна академія міського господарства*

## **ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ РІВНЯ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТРОЛЕЙБУСА**

Обґрунтовується необхідність поточного контролю опору ізоляції високовольтного електрообладнання відносно кузова троллейбуса, пропонується схема приладу з використанням датчиків Холла.

В умовах переходу до ринкових відносин першочерговим завданням для міського електротранспорту як екологічно чистого, але звиклого до витратної моделі господарювання, є зменшення непродуктивних витрат, зокрема, від пошкоджень рухомого складу. Для троллейбусів однією з причин аварійного припинення експлуатації є поява на корпусі небезпечного для пасажирів потенціалу, що крім збитків від невиконаних рейсів, вимагає витрат на непланові ремонти. Контролю ізоляції присвячено багато досліджень, але всі запропоновані рішення мають частковий характер і в основному зводяться до вимірювань [1], що в умовах руху є недосяжним. Тому розробка досконалої системи контролю ізоляції електрообладнання є актуальною.

Чинними Правилами експлуатації трамвая і троллейбуса стан ізоляції високовольтного електрообладнання визначають вимірюванням так званого струму витікання  $i_g$  з корпусу троллейбуса на заземлення через опір  $R_n = 1$  кОм, що імітує опір людини [2], причому експлуатація дозволяється за умови  $i_g \leq 3$  мА.

У загальному вигляді вираз результуючого опору ізоляції струмопровідних частин відносно кузова такий:

$$R^{(+)} = \frac{\prod R_i^{(+)}}{\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^k R_{ij}}$$

У цій формулі знаменник є сумою добутків елементів рядків матриці опорів ізоляції зазначених елементів електрообладнання:

$$R_{ij} = \begin{pmatrix} R_{11}^{(+)} & R_{12}^{(+)} & R_{13}^{(+)} & \dots & R_{1(k-2)}^{(+)} & R_{1(k-1)}^{(+)} & 1 \\ R_{21}^{(+)} & R_{22}^{(+)} & R_{23}^{(+)} & \dots & R_{2(k-2)}^{(+)} & 1 & R_{2k}^{(+)} \\ R_{31}^{(+)} & R_{32}^{(+)} & R_{33}^{(+)} & \dots & 1 & R_{3(k-1)}^{(+)} & R_{3k}^{(+)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{(n-2)1}^{(+)} & R_{(n-2)2}^{(+)} & 1 & \dots & R_{(n-2)(k-2)}^{(+)} & R_{(n-2)(k-1)}^{(+)} & R_{(n-2)k}^{(+)} \\ R_{(n-1)1}^{(+)} & 1 & R_{(n-1)3}^{(+)} & \dots & R_{(n-1)(k-2)}^{(+)} & R_{(n-1)(k-1)}^{(+)} & R_{(n-1)k}^{(+)} \\ 1 & R_{n2}^{(+)} & R_{n3}^{(+)} & \dots & R_{n(k-2)}^{(+)} & R_{n(k-1)}^{(+)} & R_{nk}^{(+)} \end{pmatrix}.$$

Аналогічний вигляд має формула результуючого опору ізоляції елементів, приналежних до негативного полюса.

Технологією вимірювань передбачається постановка обох струмоприймачів на позитивний провід з напругою  $U_{км}$ , отже, опори ізоляції струмопровідних частин  $R^{(+)}$ ,  $R^{(-)}$ , що належать до позитивного та негативного полюсів, з'єднуються паралельно. Оскільки опір шин тролейбуса  $R_{ш}$  співмірний з опором  $R_{л}$ , треба враховувати струм  $i_{ш}$  через шини паралельно  $i_{\epsilon}$ . Зі схеми заміщення неважко встановити, що струм  $i_{\epsilon}$  визначається комбінацією опорів

$$i_{\epsilon} = \frac{U_{км}^{(+)} \cdot R_{ш} \cdot (R^{(+)} + R^{(-)})}{\left(10^3 + \frac{R^{(+)} \cdot R^{(-)}}{R^{(+)} + R^{(-)}}\right) \cdot \left(R_{ш} + \frac{R^{(+)} \cdot R^{(-)}}{R^{(+)} + R^{(-)}}\right)},$$

так що при зменшенні опору  $R_{ш}$  (при зволоженні після мийки шин) струм витікання може бути в межах норми при суттєвому погіршенні рівня ізоляції струмопровідних частин, і тільки при сухих шинах струм  $i_{\epsilon}$  відповідатиме дійсності. Інакше кажучи, існуюча технологія контролю стану ізоляції по струму витікання не дає ніяких гарантій від ураження пасажирів на лінії.

Небезпека для пасажирів (електричний удар) від протікання надмірного струму  $i_{\epsilon}$  виникає при певній різниці потенціалів між кузовом та дорогою  $U_{к}$ .

Отже струм витікання можна буде знайти, якщо стане відомою ця різниця потенціалів, що має назву напруги торкання. Схема заміщення при цьому доповнюється падінням напруги  $\Delta U^{(+)}$  в позитивному і  $\Delta U^{(-)}$  у негативному проводах, та опором ґрунту  $R_{сп}$  від тролейбуса до заземлення на тяговій підстанції (рис.1).

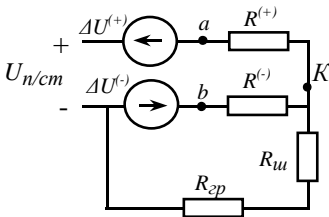


Рис.1 – Схема заміщення ланцюгів струму витікання через опори ізоляції тролейбуса на лінії

Опір  $R_{сп}$  суттєво впливає на величину  $U_K$  і струм витікання, а це обумовлює їх різницю по різних ділянках траси.

Згідно із схемою заміщення можна записати

$$U_K = \frac{[U_{n/cm} R^{(+)} - (\Delta U^{(+)} + \Delta U^{(-)}) \cdot R^{(-)}] \cdot R_{ш}}{(R_{ш} + R_{сп})(R^{(+)} + R^{(-)})}$$

звідки видно, що одна й та ж величина  $U_K$  може бути реалізована безліччю варіантів співвідношень складових опорів. З цього однозначно випливає необхідність заміни вимірювання струму витікання перед випуском тролейбуса поточним вимірюванням падінь напруги на опорах ізоляції при русі. Але всі запропоновані досі схеми [1] мають недоліком гальванічний зв'язок кузова зі струмопровідними частинами, що потребує вимірювання опору самого вимірювального пристрою відносно кузова.

Якщо позначити падіння напруги між позитивним проводом та кузовом через  $U_{aK}$ , між негативним проводом і кузовом через  $U_{Kb}$ , то можна записати

$$U_{n/cm} = \Delta U^{(+)} + \Delta U^{(-)} + U_{aK} + U_{Kb},$$

з чого видно, що для контролю ізоляції достатньо вимірювати дві різниці потенціалів. Щоб уникнути гальванічного зв'язку, застосуємо принцип суперпозиції електричних полів від  $U_{aK}$ ,  $U_{Kb}$  та поперечних полів двох датчиків Холла, що знаходяться в магнітному полі певної індукції  $B$ , використаному в [3]. Відомо, що поперечна різниця потенціалів датчика Холла при його живленні струмом  $I_d$  зменшується відповідно до величини напруженості електричного поля, що діє у поперечному напрямку, тобто при погіршенні ізоляції напруга на датчику зростає. Це дає змогу запропонувати схему пристрою поточного контролю, що не має гальванічного зв'язку із кузовом (рис.2).

Якщо з'єднати два датчики Холла у півміст і розташувати ізолювано між трьома пластинами, під'єднаними відповідно до позитивного струмоприймача, кузова та негативного полюса, то на діагоналі інди-

каторного мосту виникне сигнал, залежний від співвідношення між  $U_{aK}$  та  $U_{Kb}$

$$u = U_{aK} + U_{Kb} - 2k \frac{BI_{\partial}}{d},$$

де  $k$  – постійна Холла;  $d$  – поперечна ширина датчика. Очевидно, що прилад потрібно налаштувати за опорами ізоляції, виходячи з припустимого  $U_K$ .

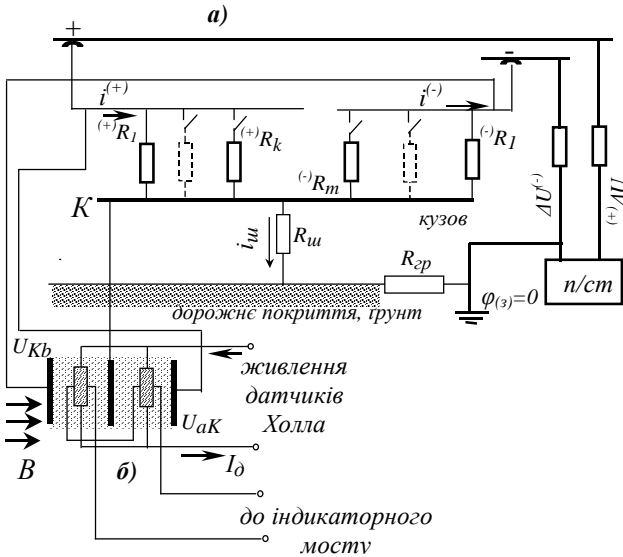


Рис.2 – Схема заміщення опорів ізоляції (а) і вмикання датчиків (б)

Неважко пересвідчитись, що вихідний сигнал відповідатиме дійсному опору ізоляції незалежно від опору шин, ґрунту та падінь напруги у живильних проводах. Оскільки зниження опору ізоляції відбувається досить повільно, то очікується, що впровадження запропонованої системи повністю унеможливить аварійні припинення експлуатації тролейбусів із зазначеної причини.

Результати викладених вище досліджень пропонуються до впровадження у нових конструкціях тролейбусів вітчизняного виробництва.

1.Ефремов И.С., Косарев Г.В. Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта. – М.: Высшая школа, 1976. – 480 с.

2.Правила експлуатації трамвайних вагонів та тролейбусів. – К.: Держжитлокомунгосп України, 1999.

З.Чернов В.В., Кобан С.Л. Устройство контроля сопротивления изоляции сети постоянного тока. А.с. № 1647454 А1 от 19.06.89.

*Отримано 07.10.2003*

УДК 621.331

В.М.БУШМА

*Харківська державна академія міського господарства*

### **НОРМУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЕЛЕКТРОЛІЧИЛЬНИКІВ НА РУХОМИХ ОДИНИЦЯХ**

Для встановлення норм витрат електроенергії при застосуванні електролічильників на рухомих одиницях запропоновано методику обробки даних спожитої енергії по районах живлення.

З усіх проблем міського електротранспорту, що потребують наукового опрацювання, найбільш актуальною на найближчий період є проблема зменшення експлуатаційного енергоспоживання, яке повинно досягатися, в першу чергу, удосконаленням організації руху та використанням енергозберігаючих прийомів керування рухомими одиницями існуючої конструкції [1]. При цьому особливої актуальності набуває застосування індивідуальних лічильників електроенергії.

Але попри реальність розв'язання суто технічних задач, пов'язаних з упровадженням лічильників, зовсім неясно, що робити з їх показаннями, як використовувати ці дані для оцінки якості роботи того чи іншого водія в плані енергозбереження, звідки цілком правомірно постає завдання визначення нормативів енергоспоживання.

Відомі пропозиції АКГ ім.К.Д.Памфілова, за якими в якості нормативів слід брати середні показання лічильників по рухомих одиницях даного маршруту. Але при цьому не враховуються втрати на перетворення струму і на падіння напруги в контактних мережах, які є спільними для всіх одиниць [3].

Питомі, на одиницю пробігу, витрати електроенергії рухомих одиниць, що працювали на даному маршруті якийсь час, утворюють нормальний розподіл, в якому ліва гілка відповідає більш економній, а права – більш витратній манері керування. Крім того, ліва гілка кривої розподілу питомих витрат відображує меншу кількість породжених дорожньою ситуацією причин додаткових пусків і навпаки. Очевидно, що за цих умов нормативом питомого енергоспоживання повинні бути середні для даного типу рухомого складу на даному маршруті, для даного сезону, доби тижня та години доби витрати електроенергії на одиницю пробігу, які віддзеркалюють об'єктивно існуючі, незалеж-