ки древесины при их разработке. Дана оценка повреждениям, которые возникают в результате использования различных средств трелевки древесины и эффективности их использования. Обоснована целесообразность использования пластиковых лотковых систем на трелевке в горных условиях во время лесозаготовительных работ в сухостойных насаждениях.

Ключевые слова: лотковые системы, транспортировка, сухостойные насаждения, технология, древесина.

Kyy V.V., Kolyadzhyn I.F. **Usage of Plastic Chute Systems for Primary Transportation of Timber**

Some possible means of timber primary transportation during the development of local snag stands on the slopes of the Carpathians has been analyzed. Expediency of using plastic chute skidding systems in the mountains conditions for harvesting operations in the snag stands has been substantiated in the article.

Keywords: chute system, transportation, snag stands, technology, timber.

УДК 006.91:621.317.727.1

МЕТРОЛОГІЧНА ПЕРЕВІРКА РЕЗИСТИВНИХ ПОДІЛЬНИКІВ НАПРУГИ МЕТОДОМ ВИМІРЮВАННЯ ВІДНОШЕННЯ ОПОРІВ

В.П. Мотало[1]

Розглянуто та проаналізовано проблематику метрологічної перевірки подільників напруги. Проаналізовано основні метрологічні характеристики та методи визначення похибок резистивних подільників напруги. Однією із основних проблем у проведенні метрологічної перевірки подільників напруги є потреба використання високоточних еталонних засобів вимірювальної техніки. Розроблено методику автономної перевірки подільників напруги, в якій реалізовано метод вимірювання відношення опорів подільника. Методика дає змогу визначати похибки резистивних подільників напруги без використання прецизійних засобів вимірювальної техніки, зокрема, без еталонних мір електричного опору.

Ключові слова: подільники напруги, метрологічні характеристики подільників напруги, похибки подільників напруги, методи визначення похибок резистивних подільників напруги, метод вимірювання відношення опорів.

Вступ. Резистивний подільник напруги (ПН) – масштабний вимірювальний перетворювач, який складається із резистивної схеми і призначений для зменшення напруги у задане число разів. Основними метрологічними характеристиками ПН є номінальний коефіцієнт поділу $k_{пн}$ і клас точності c.

Номінальний коефіцієнт поділу $k_{пн}$ дорівнює відношенню номінального значення вхідної напруги $U_{вх,н}$ до номінального значення вихідної напруги $U_{вих,н}$ за розімкненого кола вихідної напруги або відношенню номінального значення вхідного опору $R_{вх,н}$ до номінального значення вихідного опору $R_{вих,н}$ [1]

$$k_{пн} = \frac{U_{вх,н}}{U_{вих,н}} = \frac{R_{вх,н}}{R_{вих,н}}. \quad (1)$$

Номінальне значення коефіцієнта поділу $k_{пн}$ допустимо вибирати із ряду: $1\cdot10^n$; $2\cdot10^n$; $5\cdot10^n$, де n=0; 1; 2; 3; 4, але зазвичай $k_{пн}$= 10:1; 100:1; 1000:1.

[1] доц. В.П. Мотало, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

Похибку ПН $\delta_{пн}$ нормують у відсотках від номінального значення коефіцієнта поділу

$$\delta_{пн} = \frac{k_{пн} - k_{пд}}{k_{пн}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

де $k_{пд}$ – дійсний коефіцієнт поділу, який дорівнює відношенню дійсного значення прикладеної вхідної напруги $U_{вх,д}$ до дійсного значення вихідної напруги $U_{вих,д}$ за розімкненого кола вихідної напруги або відношенню дійсного значення вихідного опору $R_{вх,д}$ до дійсного значення вихідного опору $R_{вих,д}$

$$k_{пд} = \frac{U_{вх,д}}{U_{вих,д}} = \frac{R_{вх,д}}{R_{вих,д}}. \quad (3)$$

Граничне значення допустимої основної похибки ПН $\delta_{пн,гр}$ чисельно дорівнює його *класу точності* c, тобто, $\delta_{пн,гр} = \pm c$, %, який вибирають із ряду: c = 0,0001; 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1. Дійсне значення коефіцієнта поділу визначають у процесі метрологічної перевірки ПН згідно з вимогами ГОСТ 8.278-2013 [2].

Мета роботи та основні завдання досліджень. *Мета* роботи – розроблення методики автономної перевірки ПН без застосування високоточних зразкових мір і вимірювальних приладів.

Основними завданнями досліджень роботи є:

- аналіз методів визначення похибок резистивних подільників напруги;
- аналіз методу вимірювання відношення опорів;
- розроблення методики визначення основної похибки резистивних подільників напруги без застосування зразкових мір опору.

Аналіз основних методів визначення похибок подільників напруги. Основною операцією під час проведення *метрологічної перевірки* (надалі – *перевірки*) ПН є визначення його основної відносної похибки $\delta_{пн}$ і порівняння її з граничним значення $\delta_{пн,гр}$, тобто, з класом точності ПН c, щодо виконання умови $|\delta_{пн}| \le \delta_{пн,гр} = c,\%$, за якою встановлюють відповідність перевірюваного ПН вимогам ГОСТ 11282-93 [1]. Межа допустимої основної похибки еталонних засобів вимірювань повинна бути у 3 і більше разів меншою від межі допустимої основної похибки перевірюваного подільника [2]. Отже, граничне значення похибки $\delta_{вим,кп,гр}$ вимірювання дійсного коефіцієнта поділу подільника $k_{пд}$ не повинно перевищувати свого допустимого значення $\delta_{вим,доп}$, яке становить 1/3 від границі допустимої основної похибки подільника $\delta_{пн,гр}$

$$\delta_{вим,кп,гр} \le \delta_{вим,доп} = \frac{1}{3}\delta_{пн,гр},\% = \frac{1}{3}c,\%. \quad (4)$$

Згідно з ГОСТ 8.278-2013 [2], основну похибку ПН визначають такими методами:

- вимірюванням вхідного та вихідного опорів ПН методом порівняння з еталонною мірою опору або методом заміщення (для подільників класів точності 0,001 і менш точних);
- вимірюванням відношення опорів ПН верхнього та нижнього плеча методом порівняння з еталонною мірою відношення (для подільників класів точності 0,01 і точніших);

- вимірюванням вхідної та вихідної напруги подільника компенсаційним методом (для подільників класу точності 0,005 і менш точних);
- вимірюванням вхідної та вихідної напруги подільника за номінальної напруги за допомогою еталонних мір напруги (для подільників класу точності 0,0005 і менш точних).

Із аналізу чинних нормативних документів (НД) [1, 2], для забезпечення вимоги щодо потрібної точності перевірки ПН усі методи визначення основної похибки потребують використання високоточних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), наприклад, потенціометра постійного струму типу Р369 класу точності 0,005, моста постійного струму типу Р332 класу точності 0,0001, компаратора опорів типу Р346, мостової установки типу УМИС-2М, прецизійних однозначних мір електричного опору типів Р331, Р4010, Р4020 та ін., атестованих за відповідним розрядом, та ін. Треба зазначити, що вказані прецизійні ЗВТ є високовартісні і, крім цього, не завжди є в наявності кожної лабораторії, що ускладнює процедуру перевірки ПН.

Суть методу вимірювання відношення опорів і застосування його для визначення похибок подільників напруги. Високої точності вимірювання електричного опору досягають завдяки застосуванню методу заміщення [3]. Метод заміщення особливо ефективний у випадку, коли значення опорів досліджуваного об'єкта R_x та еталонної міри R_e однакові, тобто, $R_x \cong R_e$. У такому разі похибка методу заміщення $\delta_{мз,гр} \cong 0$. Однак цього не завжди вдається досягнути, оскільки значення опору міри R_e вибирають із ряду стандартних значень $R_e = 10^n$ Ом, де n – ціле число від -5 до +9.

У резистивних ПН завжди є резистори, опори яких не кратні 10^n Ом. Наприклад, ПН типу Р35 класу точності 0,005, схему якого зображено на рис. 1, складається із резисторів з номінальними значеннями опорів $R_{1н}$ = 10 кОм, $R_{2н}$= $R_{3н}$= $R_{4н}$= 30 кОм, $R_{6н}$= $R_{7н}$= $R_{8н}$= 300 кОм, за якими отримують два коефіцієнти поділу – 10:1 і 100:1. Очевидно, що застосування методу заміщення для вимірювання цих опорів не забезпечить високої точності вимірювання.

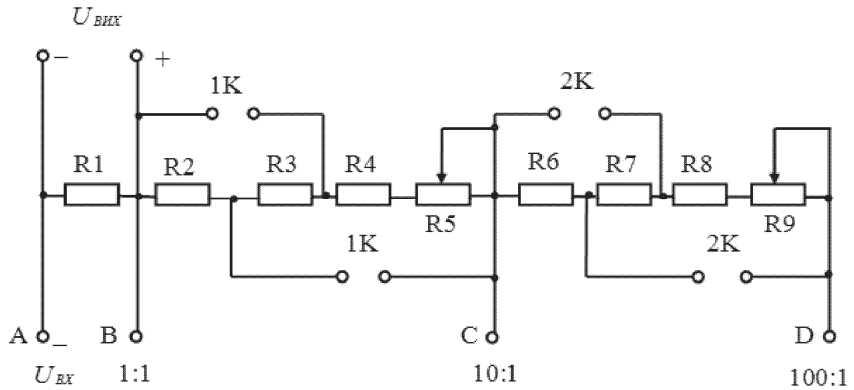

Рис. 1. Схема резистивного подільника напруги Р35: *$U_{вх}$ – вхідна напруга; $U_{вих}$ – вихідна напруга; R_1 – R_4, R_6 – R_8 – основні резистори подільника зі сталим опором; R_5 і R_9 – резистори для підстроювання коефіцієнтів поділу*

У таких випадках для визначення основної похибки ПН доцільно використати *метод вимірювання відношення опорів* (скорочено – *метод відношення*), за якого з високою точністю визначається відношення опорів груп резисторів, що відповідають даному коефіцієнту поділу, а не абсолютні значення цих опорів.

Метод відношення ґрунтується на таких властивостях резистивних схем:

- відносні похибки $\delta_{R,посл}$ і $\delta_{R,пар}$ еквівалентних опорів послідовного $R_{посл}$ і паралельного $R_{пар}$ з'єднань n резисторів з однаковими номінальними значеннями опорів $R_н$ однакові і дорівнюють [4]

$$\delta_{R,посл} = \delta_{R,пар} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\delta_{R,i}\,, \tag{5}$$

де $\delta_{R,i}$ – відносна похибка i-го резистора (i =1,2,3,…, n), %;

- відносна похибка $\delta_{R,посл}$ еквівалентного опору $R_{посл}$ послідовного з'єднання двох резисторів R_1 і R_2 з різними номінальними значеннями опорів – $R_{1н} \neq R_{2н}$ дорівнює

$$\delta_{R,посл} = \frac{R_{1н}}{R_{1н}+R_{2н}}\cdot\delta_{R,1} + \frac{R_{2н}}{R_{1н}+R_{2н}}\cdot\delta_{R,2},\%\,, \tag{6}$$

а паралельного з'єднання

$$\delta_{R,пар} = \frac{R_{2н}}{R_{1н}+R_{2н}}\cdot\delta_{R,1} + \frac{R_{1н}}{R_{1н}+R_{2н}}\cdot\delta_{R,2},\%\,, \tag{7}$$

де $\delta_{R,1}$ і $\delta_{R,2}$ – відносні похибки резисторів R_1 і R_2, %;

- якщо один із резисторів має опір значно більший, ніж інший, наприклад, $R_{1н} >> R_{2н}$ (орієнтовно у 10 разів), то вирази (6) і (7) спрощуються:

$$\delta_{R,посл} \cong \delta_{R,1} + \frac{R_{2н}}{R_{1н}}\cdot\delta_{R,2} \cong \delta_{R,1},\%\,, \tag{8}$$

$$\delta_{R,пар} \cong \frac{R_{2н}}{R_{1н}}\cdot\delta_{R,1} + \delta_{R,2} \cong \delta_{R,2},\%\,. \tag{9}$$

Отже, для реалізації методу відношення ПН повинен складатися з таких груп резисторів, щоб еквівалентний опір паралельного з'єднання однієї групи резисторів дорівнював еквівалентному опору послідовного з'єднання іншої. У цьому випадку, вимірявши з певною похибкою еквівалентний опір паралельного з'єднання кількох резисторів з однаковим номінальним значенням опору, згідно з (5) можна визначити еквівалентний опір послідовного з'єднання цих же резисторів з тою самою похибкою.

Наприклад, у ПН типу Р35, побудованому за схемою, зображеною на рис. 1, для реалізації коефіцієнта поділу $k_{пн}$=10:1 використано резистори з номінальними значеннями опорів $R_{1н}$= 10 кОм і $R_{2н}$= $R_{3н}$= $R_{4н}$= 30 кОм. У цьому випадку номінальний еквівалентний опір $R_{пар,н}$ паралельного з'єднання резисторів $R_{2н}$, $R_{3н}$ і $R_{4н}$ дорівнює $R_{пар,н}$ = 1 кОм, тобто, дорівнює опору резистора $R_{1н}$ = 1 кОм. Це дає змогу для порівняння цих опорів застосовувати метод заміщення з найвищою ефективністю.

Методика проведення вимірювань для реалізації методу відношення. Розглянемо методику проведення вимірювань для реалізації методу відно-

шення стосовно визначення похибки ПН типу Р35 з номінальним коефіцієнтом поділу $k_{пн}$= 10:1.

Вимірювання здійснюють у такій послідовності.

1) Виражають заданий номінальний коефіцієнт поділу $k_{пн}$ через відношення опорів резисторів, з яких складається ПН

$$k_{пн} = \frac{R_{вх,н}}{R_{вих,н}} = \frac{R_{\text{AC},н}}{R_{\text{AB},н}} = \frac{R_{\text{AB},н} + R_{\text{BC},н}}{R_{\text{AB},н}} = 1 + \frac{R_{\text{BC},н}}{R_{\text{AB},н}} = 10, \quad (10)$$

де $R_{\text{BC},н}$= $R_{2,н} + R_{3,н} + R_{4,н}$ = 90 кОм і $R_{\text{AB},н} = R_{1,н}$ = 10 кОм.

Аналогічно виражають дійсний коефіцієнт поділу $k_{пд}$

$$k_{пд} = \frac{R_{вх,д}}{R_{вих,д,}} = \frac{R_{\text{AC},д}}{R_{\text{AB},д}} = \frac{R_{\text{AB},д} + R_{\text{BC},д}}{R_{AB,д}} = 1 + \frac{R_{\text{BC},д}}{R_{\text{AB},д}}, \quad (11)$$

де $R_{\text{BC},д}$ і $R_{\text{AB},д}$ – умовні позначення дійсних значень опорів 90 кОм і 10 кОм.

Отже, для визначення дійсного коефіцієнта поділу $k_{пд}$ і, відповідно, похибки ПН $\delta_{пн}$ за формулою (2), потрібно визначити дійсні значення опорів $R_{\text{BC},д}$ і $R_{\text{AB},д}$ та обчислити їх відношення.

2) Вибирають *базовий опір* подільника, від якого починається перший цикл вимірювань. У цьому разі це буде опір резистора $R_{\text{AB},н} = R_{1н}$ = 10 кОм, з яким можна порівняти еквівалентний опір $R_{\text{BC},пар}$ паралельного з'єднання резисторів $R_{2,н} = R_{3,н} = R_{4,н}$ = 30 кОм, що також дорівнює 10 кОм.

3) За допомогою моста вимірюють опір резистора $R_{\text{AB},н}$ = 10 кОм і приймають його як дійсне значення $R_{\text{AB},д}$ з похибкою $\delta_{R_{\text{AB},д}}$

$$R_{\text{AB},д} = R_{пор,\text{AB}} \frac{R_A}{R_B}, \quad (12)$$

де: $R_{пор,\text{AB}}$ – відлік опору плеча порівняння, отриманий після зрівноважування моста; R_A і R_A – опори пліч відношення моста;

Примітка. Похибка $\delta_{R_{\text{AB},д}}$ – це систематична похибка прямого вимірювання опору мостом. В аналізі точності методу відношення абсолютне значення $\delta_{R_{200,д}}$ не має значення, оскільки вона вилучається, а важливим є незмінність її значення у процедурі вимірювання.

4) З'єднують паралельно резистори $R_{2,н} = R_{3,н} = R_{4,н}$ = 30 кОм, для чого замикають контакти 1К у схемі подільника, і вимірюють мостом еквівалентний опір $R_{\text{BC},пар}$ за таких самих опорів пліч відношення R_A і R_A

$$R_{\text{BC},пар} = R_{пор,\text{BC},пар} \frac{R_A}{R_B}, \quad (13)$$

де $R_{пор,\text{BC},пар}$ – відлік опору плеча порівняння, отриманий після другого зрівноважування моста.

5) За методом заміщення [3] з формул (12) і (13) знаходять дійсне значення еквівалентного опору

$$R_{BC,пар,д} = R_{AB,д} \frac{R_{пор,BC,пар}}{R_{пор,2AB}}. \quad (14)$$

Аналіз похибок вимірювання методом відношення. Похибка вимірювання опору $R_{\text{BC},пар,д}$, визначеного за методом заміщення, має такі складники [3]:

$$\delta_{R_{\text{BC},пар,д}} = \delta_{R_{\text{AB},д}} + \delta_{мз} + \delta_{кв,\text{AB}} - \delta_{кв,\text{BC}}, \quad (15)$$

де: $\delta_{мз}$ – похибка методу заміщення; $\delta_{кв,\text{AB}}$ і $\delta_{кв,\text{BC}}$ – відносні похибки квантування за першого і другого зрівноважування моста.

Граничне значення похибки методу заміщення

$$\delta_{мз,гр} = \pm 2\delta_{R_{пор,гр}} \cdot \frac{\left|R_{пор,\text{BC},пар} - R_{пор,AB}\right|}{R_{пор,б}}, \%, \quad (16)$$

де: $\delta_{R_{пор,гр}}$ – граничне значення похибки опору плеча порівняння, яке наближено дорівнює половині класу точності моста, %; $R_{пор,б}$ – більший із $R_{пор,\text{BC},пар}$ і $R_{пор,\text{AB}}$.

Оскільки номінальні значення вимірюваних опорів R_{AB} і $R_{\text{BC},пар}$ однакові, то різниця ($R_{пор,\text{BC},пар} - R_{пор,\text{AB}}$) у формулі (16) буде невелика і похибкою методу заміщення $\delta_{мз,гр}$ можна знехтувати ($\delta_{мз,гр} \cong 0$). Тоді отримаємо

$$\delta_{R_{\text{BC},пар,д}} = \delta_{R_{\text{AB},д}} + \delta_{кв,\text{AB}} - \delta_{кв,\text{BC}}. \quad (17)$$

Визначення дійсного коефіцієнта поділу $k_{пд}$. Скориставшись ключовим співвідношенням методу відношення (5) та дійсним значенням опору $R_{\text{BC},пар,д}$ згідно з (14), знаходять дійсне значення опору $R_{\text{BC},д}$ еквівалентного опору послідовного з'єднання резисторів $R_{2,н}$, $R_{3,н}$ і $R_{4,н}$

$$R_{\text{BC},д} = 9 \cdot R_{BC,пар,д}, \quad (18)$$

причому похибка вимірювання опору $R_{\text{BC},д}$ дорівнює

$$\delta_{R_{\text{BC},д}} = \delta_{R_{\text{BC},пар,д}} = \delta_{R_{\text{AB},д}} + \delta_{кв,\text{AB}} - \delta_{кв,\text{BC}}. \quad (19)$$

За знайденими дійсними значення опорів $R_{\text{BC},д}$ і $R_{\text{AB},д}$ за формулою (11) визначають дійсний коефіцієнта поділу перевірюваного ПН $k_{пд}$, а за формулою (2) – його основну похибку $\delta_{пн}$.

Примітка. Для визначення основної похибки даного ПН достатньо було провести один цикл вимірювань, однак у разі метрологічної перевірки ПН із складнішою схемою для визначення дійсного значення потрібного коефіцієнта поділу $k_{пд}$ треба провести 2, 3 і більше циклів вимірювань

Оцінювання похибки вимірювання дійсного коефіцієнта поділу $k_{пд}$. Для встановлення потрібної точності перевірки ПН знаходять похибку $\delta_{вим,кп}$ вимірювання дійсного коефіцієнта поділу $k_{пд}$, яка відповідно до (11) і (19) дорівнює

$$\delta_{вим,кп} = \delta_{R_{\text{BC},д}} - \delta_{R_{\text{AB},д}} = \delta_{кв,\text{AB}} - \delta_{кв,\text{BC}}. \quad (20)$$

Отже, систематична похибка прямого вимірювання опору мостом $\delta_{R_{200,д}}$, отримана у першому зрівноваженні моста, вилучена.

Оскільки значення опорів плеча порівняння $R_{пор,\text{AB}}$ і $R_{пор,\text{BC},пар}$ за першого та другого зрівноважування моста приблизно однакові і мало відрізняються від початкового значення $R_{пор}$, то і граничні значення похибок квантування $\delta_{кв,\text{AB},гр}$ і $\delta_{кв,\text{BC},гр}$ за першого та другого зрівноважування моста також приблизно однакові, тобто, $\delta_{кв,\text{AB},гр} \cong \delta_{кв,\text{BC},гр} = \delta_{кв,гр}$. Тоді граничне значення похибки $\delta_{вим,кп,гр}$ вимірювання дійсного коефіцієнта поділу подільника $k_{пд}$ на основі (16) дорівнює

$$\delta_{вим,кп,гр} = \pm\left(\delta_{кв,\text{AB},гр} + \delta_{кв,\text{BC},гр}\right) = \pm 2 \cdot \delta_{кв,гр}, \%, \quad (21)$$

де $\delta_{кв,гр}$ – граничне значення похибки квантування в даному циклі вимірювань, яке дорівнює

$$\delta_{кв,гр} = \pm \frac{0,5 \cdot \Delta R_{кв}}{R_{пор}} \cdot 100\%, \quad (22)$$

де: $\Delta R_{кв}$ – крок квантування плеча порівняння, який дорівнює опору одного ступеня молодшої декади плеча порівняння, Ом; $R_{пор}$ – розрахункове значення опору плеча порівняння, Ом.

Отже, застосувавши метод відношення для визначення дійсного значення коефіцієнта поділу подільника можна досягнути високої точності вимірювання, оскільки похибка вимірювання $k_{пд}$, загалом, не залежить від похибок використаних засобів вимірювань, а визначається тільки похибкою квантування $\delta_{кв,гр}$, яку можна зменшити до потрібного значення відповідним підбором опору плеча порівняння $R_{пор}$, що видно із аналізу формули (22).

***Визначення похибки подільника напруги типу* P35 *з номінальним коефіцієнтом поділу* $k_{пн}$= 100:1.** У цьому разі виконують такі ж операції, як і під час визначення похибки подільника напруги типу P35 з номінальним коефіцієнтом поділу $k_{пн}$= 100:1, тільки проводять два цикли вимірювань.

1) Виражають заданий номінальний коефіцієнт поділу $k_{пн}$ через відношення опорів резисторів, з яких складається ПН

$$k_{пн} = \frac{R_{вх,н}}{R_{вих,н}} = \frac{R_{AD,н}}{R_{AB,н}} = \frac{R_{AB,н} + R_{BD,н}}{R_{AB,н}} = 1 + \frac{R_{BD,н}}{R_{AB,н}} = 100, \quad (23)$$

де $R_{BD,н}$= $R_{BC,н}$ + $R_{CD,н}$ = 90 + 900 = 990 кОм і $R_{AB,н}$ = $R_{1,н}$ = 10 кОм.

Аналогічно виражають дійсний коефіцієнт поділу $k_{пд}$

$$k_{пд} = \frac{R_{вх,д}}{R_{вих,д,}} = \frac{R_{AD,д}}{R_{AB,д}} = \frac{R_{AB,д} + R_{BD,д}}{R_{AB,д}} = 1 + \frac{R_{BD,д}}{R_{AB,д}}, \quad (24)$$

де $R_{BD,д}$ і $R_{AB,д}$ – умовні позначення дійсних значень опорів 990 кОм і 10 кОм.

Отже, для визначення дійсного коефіцієнта поділу $k_{пд}$ і, відповідно, похибки ПН $\delta_{пн}$ за формулою (2), потрібно визначити дійсні значення опорів $R_{BD,д}$ і $R_{AB,д}$ та обчислити їх відношення.

2) Значення опору $R_{BD,д} \cong$ 990 кОм розділяють на дві частини

$$R_{BD,д} = R_{BC,д} + R_{CD,д}, \quad (25)$$

де $R_{BC,д}$ і $R_{CD,д}$ – умовні позначення дійсних значень опорів 90 кОм і 900 кОм, і проводять два цикли вимірювань для їх визначення.

3) Дійсне значення опору $R_{BC,д}$ та похибку $\delta_{R_{BC,д}}$ еквівалентного опору послідовного з'єднання резисторів $R_{2,н}$, $R_{3,н}$ і $R_{4,н}$ знаходять за описаною вище методикою визначення похибки ПН типу P35 з номінальним коефіцієнтом поділу $k_{пн}$= 10:1, тобто, проводять *перший цикл вимірювань* і за формулами (18) та (19) визначають опір $R_{BC,д} = 9 \cdot R_{BC,пар,д}$ та похибку $\delta_{R_{BC,д}} = \delta_{R_{AB,д}} + \delta_{кв,AB} - \delta_{кв,BC}$.

4) Для знаходження дійсного значення опору $R_{CD,д}$ послідовного з'єднання резисторів $R_{6,н}$ = $R_{7,н}$ = $R_{8,н}$ = 300 кОм, вибирають *базовий опір* подільника, від якого починається *другий цикл вимірювань*. У цьому разі це буде опір $R_{AC,н}$ = 100 кОм, з яким можна порівняти еквівалентний опір $R_{BD,пар}$ паралельного з'єднання резисторів $R_{6,н}$, $R_{7,н}$ і $R_{8,н}$, що також дорівнює 100 кОм.

Провівши всі потрібні вимірювання, за формулою (24) знаходять дійсний коефіцієнт поділу подільника $k_{пд}$, а граничне значення похибки $\delta_{вим,кп,гр}$ вимірювання дійсного коефіцієнта поділу

$$\delta_{вим,кп,гр} = \pm\left(2 \cdot \delta_{кв,гр,1} + 2 \cdot \delta_{кв,гр,2}\right), \%, \quad (26)$$

де $\delta_{кв,гр,1}$ і $\delta_{кв,гр,2}$ – граничні значення похибок квантування у першому і другому циклах вимірювань, які знаходять за формулою (26) за відповідних значень опорів плеча порівняння $R_{пор,1}$ і $R_{пор,2}$.

Визначення похибки подільника напруги типу P35 з номінальним коефіцієнтом поділу $k_{пн}$= 1000:1 (на схемі рис. 1 не відображено) здійснюють аналогічно, тільки проводять три цикли вимірювань.

Висновки:

1. Для метрологічної перевірки прецизійних резистивних подільників доцільно використати метод автономної перевірки, в якій реалізовано метод вимірювання відношення опорів подільника.
2. Розроблена методика метрологічної перевірки резистивних подільників дає змогу визначати їх похибки без використання високоточних засобів вимірювальної техніки, зокрема, без еталонних мір опору.

Література

1. Резистивные делители напряжения постоянного тока: ГОСТ 11282-93. – [Введен 1998-01-01]. – М. : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 11 с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Делители напряжения постоянного тока измерительные. Методика поверки: ГОСТ 8.278-2013 (ГСИ). – [Введен 2015-07-01]. – М. : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2013. – 15 с. – (Межгосударственный стандарт).
3. Дороговець М. Основи метрології та вимірювальної техніки : підручник [для студ. ВНЗ]. – У 2-ох т. / М. Дороговець, В. Мотало, Б. Стадник та ін.; за ред. проф. Б.І. Стадника. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2005. – Т. 2. Вимірювальна техніка. – 656 с.
4. Нестеренко А.Д. Основы расчета электроизмерительных схем уравновешивания / А.Д. Нестеренко. – К. : Изд-во АН УССР, 1960. – 716 с.

Надіслано до редакції 18.02.2016 р.

***Мотало В.П.* Поверка резистивных делителей напряжения методом измерения отношения сопротивлений**

Рассмотрена и проанализирована проблематика поверки делителей напряжения. Проанализированы основные метрологические характеристики и методы определения погрешностей резистивных делителей напряжения. Одной из основных проблем в проведении поверки делителей напряжения является необходимость использования высокоточных эталонных средств измерений. Разработана методика автономной поверки делителей напряжения, в которой реализован метод измерения отношения сопротивлений делителя. Методика позволяет определять погрешности резистивных делителей напряжения без использования прецизионных средств измерительной техники, в частности, без эталонных мер электрического сопротивления.

Ключевые слова: делители напряжения, метрологические характеристики делителей напряжения, погрешности делителей напряжения, методы определения погрешностей резистивных делителей напряжения, метод измерения отношения сопротивлений.

***Motalo V.P.* The Verification of the Resistive Voltage Dividers by a Resistance Ratio Measurement Method**

The main problems of the voltage dividers verification are reviewed and analyzed. The main metrological characteristics and basic methods for determining of errors of the resistive voltage divider are studied. One of the main problems in carrying out of the voltage dividers verification is the need to use high-precision reference measuring instruments. The technique the autonomous verification of the voltage dividers is developed. The technique is based on the method of the resistance ratio measuring. This method allows determining the voltage dividers errors without using of the precision measuring instruments, particularly of the precision standard resistance measures.

Keywords: voltage dividers, metrological characteristics of the voltage dividers, errors of the voltage dividers, methods for determining the errors of the resistive voltage dividers, resistance ratio measurement method.

УДК 625.07:656.05

АНАЛІЗ ВИСОКОЇ АВАРІЙНОСТІ ТА СМЕРТНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Ю.В. Підлипний[1]

Досліджено особливості смертності населення на автошляхах України та зарубіжних країн. Виявлено головні причини високої аварійності та смертності в Україні. Побудовано діаграму динаміки смертності та дорожньо-транспортних пригод з постраждалими. Проаналізовано чинники, котрі впливають на безпеку дорожнього руху. Показано розподіл смертності населення за регіонами України внаслідок транспортних нещасних випадків. Вивчено досвід сучасних моделей безпеки на транспорті, котрі застосовуються у країнах Євросоюзу, вплив якого зменшує смертність населення від дорожньо-транспортних пригод. Запропоновано заходи зі зниження аварійності та запобігання смертності на транспорті.

Ключові слова: транспорт, смертність, дорожньо-транспортна пригода, автотранспортна інфраструктура, правила дорожнього руху.

Вступ. У сучасній Україні дуже гостро постала проблема аварійності та смертності на автомобільних дорогах. Згідно з даними Міністерства охорони здоров'я, смертність на автошляхах нашої країни у два рази вища, ніж у середньому по країнах Європейського Союзу. Половина смертей на транспорті відбувається за участю пішоходів. При цьому на 1 млн мешканців Євросоюзу припадає 61 загиблий пішохід, тоді як в Україні – 106. Згідно з інформацією, на дорогах нашої країни щороку гине близько 2,5 тис. осіб, в середньому відбувається близько 500 ДТП на день і гине 7 людей. А в 2013 р., згідно зі звітом ДАІ, у ДТП загинули 4 824 людини – близько 13 людей за день. Реформа міліції в поліцію, яку зараз активно проводить Уряд, істотно не вплинула на страшну статистику дорожньо-транспортного травматизму.

Так, згідно з даними Департаменту ДАІ МВС України, сьогодні у країні показник смертності становить 10,6 осіб на 100 тис. громадян. Середній показник по Європейському Союзу – 5,5 особи на 100 тис. А такі країни, як Великобританія, Норвегія і Фінляндія мають показники від 2,5 до 3,5 загиблих на 100 тис. населення [8].

[1] доц. Ю.В. Підлипний, канд. техн. наук – Ужгородський торговельно-економічний інститут Київського національного торговельно-економічного університету МОН України

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання транспорту, автотранспортної інфраструктури дорожньо-транспортного травматизму та безпеки на транспорті досліджено у роботах таких відомих вчених, як: Б.В. Буркінський, Є.І. Бойко, П.Ю. Бєлєнькій, П.П. Гаврилко, В.М. Геєць, М.І. Долішній, Ф.Д. Заставний, М.Ю. Лалакулич, А.І. Мокій, В.П. Мікловда, М.І. Пітюлич, Д.К. Прейгер, О.І. Шаблій, Я.В. Шевчук та ін.

Мета і завдання дослідження. Дослідити особливості смертності населення України на автошляхах країни. Проаналізувати чинники, котрі впливають на безпеку дорожнього руху. Запропонувати заходи зменшення аварійності та запобігання смертності на транспорті.

Виклад основного матеріалу. Згідно з даними Організації Об'єднаних Націй у світі щороку в дорожньо-транспортних пригодах гине близько 1,3 млн людей, більше 3000 на день. Понад 20 млн людей у світі внаслідок несмертельних аварій стають неповносправними, втрачають працездатність і несуть величезне соціальне навантаження на бюджети своїх країн. На жаль, наша країна перебуває серед лідерів смертності населення у дорожньо-транспортних пригодах. Аналіз статистичних даних свідчить, що за 10 місяців 2015 р. в Україні сталося 107 тис. 324 автоаварії. Зокрема постраждали 3258 дітей до 18 років і 173 дитини загинуло. Динаміку смертності населення у дорожньо-транспортних пригодах наведено на рис. 1.

Головними причинами високої аварійності та смертності в Україні є стрімке зростання кількості автомобілів, незадовільна якість доріг та автотранспортної інфраструктури, значне зношення основних виробничих фондів рухомого складу, недостатній обсяг інвестицій та обмеженість бюджетного фінансування об'єктів автотранспортної інфраструктури, недосконала система стягування штрафів, мала кількість стаціонарних приладів автофіксації порушень, низька дисципліна усіх учасників дорожнього руху та ін.

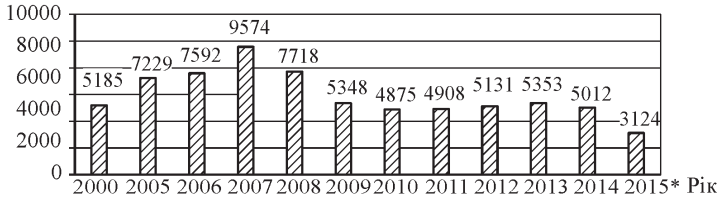

Рис. 1. Динаміка смертності населення у дорожньо-транспортних пригодах
(авторська розробка за даними Державної служби статистики України [3])

Дорожньо-транспортний травматизм належить до трьох головних причин смертності населення віком від 5 до 45 років. Більша частина смертей внаслідок ДТП припадає на країни з низьким та середнім рівнями доходів. За прогнозами експертів, якщо не вживати серйозних заходів, то дорожньо-транспортний травматизм найближчим часом стане п'ятою головною причиною смертності у світі і буде забирати щороку близько 2,5 млн осіб. Динаміка дорожньо-транспортних пригод із постраждалими на дорогах нашої країни має тенденцію до зниження упродовж останніх років, але порівняно з країнами Євросоюзу є ще дуже високою (рис. 2).