

УДК 621.317

А.В. Котов<sup>1</sup>, М.В. Борисенко<sup>2</sup>, Д.М. Запара<sup>2</sup>, К.В. Костюков<sup>3</sup><sup>1</sup> Військова частина А2287, Харків;<sup>2</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>3</sup> Військово-медичний клінічний центр Північного регіону, Харків

## ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ПОВІРКИ ВИСОКОТОЧНИХ ВОЛЬТМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧА

В статті надані пропозиції щодо вдосконалення схеми повірки високоточних вольтметрів з допустимою основною похибкою вимірювання  $\pm 0,05$  % та більше. Запропонований метод визначення метрологічних характеристик високоточних вольтметрів з використанням термоперетворювача, розроблена схема повірки, яка реалізує даний метод. Проаналізовані переваги розробленого методу. Обґрунтовані основні положення щодо використанні запропонованих методу та схеми повірки.

**Ключові слова:** термоперетворювач, масштабний перетворювач, установка, схема.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Аналіз особливостей проведення періодичного метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки (ОВТ) військовими метрологічними підрозділами свідчать про необхідність проведення деяких заходів, пов'язаних з удосконаленням методів визначення метрологічних характеристик високоточних вольтметрів. Важливість проведення даних заходів складається в безлічі щитових приладів, що експлуатуються майже в кожному військовому підрозділі не тільки Збройних Сил України, але й інших військових формувань. Саме вони повіряються та калібруються за допомогою високоточних вольтметрів силами та засобами виїзних метрологічних підрозділів. Повірка вищезазначених високоточних приладів у підрозділах передбачає перевезення виїзними метрологічними підрозділами великої кількості робочих еталонів, які й без того мають граничні терміни експлуатації, а зайве їх переміщення приводе до збільшення імовірності відмови. Перевезення високоточних вольтметрів частин та підрозділів Збройних Сил до стаціонару метрологічних підрозділів також не є виходом з економічних та експлуатаційних показників.

З результатів аналізу можливо зробити висновок, що для проведення повірки високоточних вольтметрів постійного та змінного струму метрологічні підрозділи, які спроможні та мають право на проведення робіт з повірки високоточних вольтметрів повинні мати великий перелік засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в якості робочих еталонів. Так для повірки вказаних вольтметрів використовується: калібратор постійного струму, калібратор напруги, вольтметри з допустимою основною похибкою не більш 0,05 %, вимірювальні установки У355 чи У358 для повірки ЗВТ постійного струму. Для повірки ЗВТ змінного струму повинні бути повірочні установки типу УППУ-1М чи У3551, установка для повірки

вольтметрів В1-9, цифрові вольтметри з допустимою основною похибкою не більш 0,06 %. Вище перелічені установки стаціонарні, габаритні, коштовні, виробляються за кордоном. Проведений аналіз показує, що більшість установок, які знаходяться в військових метрологічних підрозділах виробили встановлений ресурс, непридатні та потребують капітального ремонту. Майже всі метрологічні підрозділи не мають запасу для укомплектування пересувних лабораторій вимірювальної техніки переносними ЗВТ та робочими еталонами для повірки амперметрів струму.

У статті пропонується схема повірки високоточних вольтметрів та деякі доробки до схеми за допомогою яких, метрологічні підрозділи спроможні проводити повірку вольтметрів постійного та змінного струму з допустимою основною похибкою  $\pm 0,05$  % та більше. Треба відмітити, що простота схеми, яка частково, за рахунок використання масштабного перетворювача, виключає складні стаціонарні робочі еталони, дозволяє використовувати її в рухомих засобах метрологічних підрозділів та проводити повірку безпосередньо в місцях експлуатації ОВТ.

**Аналіз публікацій.** Проведений аналіз літератури показав [3 – 9], що існує альтернативний підхід до забезпечення метрологічного обслуговування високоточних вольтметрів в місцях їх експлуатації силами метрологічних підрозділів. Він побудован на принципах роботи стаціонарних робочих еталонів і відповідає вимогам ГОСТ 8.497-83. Існуючий підхід не розглядає особливостей організації метрологічного забезпечення високоточних вольтметрів в місцях їх експлуатації, акцент зроблений на метрологічне забезпечення в стаціонарних умовах метрологічних підрозділів. Тенденції в розвитку метрологічного забезпечення у провідних країнах світу свідчать про необхідність повного охоплення всієї номенклатури при здійсненні метрологічного обслуговування в місцях її експлуатації.

Таким чином, актуальності набуває питання, пов'язане з розробкою пропозицій щодо удосконалення метрологічного забезпечення високоточних вольтметрів в місцях їх експлуатації силами метрологічних підрозділів.

**Мета статті.** Дана стаття присвячена розробці діючої схеми повірки високоточних вольтметрів в місцях їх експлуатації силами метрологічних підрозділів за допомогою використання термоперетворювача разом з розробленим блоком опорів з метою спрощення існуючих схем та виключення деяких стаціонарних робочих еталонів.

### Основна частина

У даній статті пропонується розглянути схему приладу для повірки вольтметрів, удосконалення якого відбувається за рахунок включення в його склад термоперетворювача. Для здійснення повірки високоточних вольтметрів пропонується наступна удосконалена схема (рис. 1).

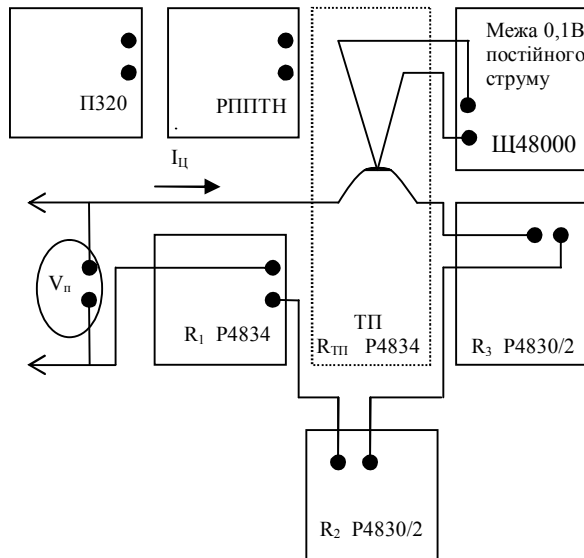


Рис. 2. Схема повірки вольтметрів

В схемі використовуються такі вимірювальні прилади:

- калібратор напруги постійного струму ПЗ20;
- джерело струму та напруги РППТН;
- вольтметр Щ48000 на межі 10 мВ чи інший другий цифровий вольтметр, який має межу вимірювання 10 мВ з шести розрядним відліком, похибка приладу значення немає;

– магазин опорів Р4834 та два магазини опорів Р4830/2, похибка яких немає значення, а головною необхідною умовою є те, що один з магазинів повинен мати декаду встановлення опорів “ $\times 10^{-2}$ ”, а інші можна замінити блоком опорів, який складається з послідовно з’єднаних опорів номіналом 1000 Ом, з допустимою потужністю не менш 0,6 Вт. Резистори в магазині опорів та в блоці повинні бути придатними для роботи в ланцюгах змінного струму частотою від 40 Гц до 20 кГц;

– термоперетворювач (ТП) типу Т201 чи інший його аналог, котрий при струмі величиною 0,025 А викликає термоелектрорухому силу (ТЕРС) величиною 10 мВ.

Розглянемо принцип дії запропонованої схеми повірки вольтметрів. На напругу меж ( $U_{\Pi}$ ) повіряемого приладу розраховані опори ланцюга термоперетворювача при протіканні струму  $I_{\Pi} = 0,025\text{A}$ :

$$R_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{0,025}; \quad (1)$$

В цілому ці опори, які кратні 10, але, якщо не кратні, то округляються до найближчого більшого кратного. Відповідне значення опорів  $U_{\Pi}$  при напрузі від 1 В до 150 В встановлюються по магазину опорів Р4834, інші магазини опорів в положеннях “0”. Для меж більш 150 В значення опорів встановлюються по магазину опорів Р4834 – “10000” та по магазину опорів Р4830/2 по “1000” до потрібного значення, до “10000” та вище по другому магазину опорів Р4830/2 до “10000” так до межі 750 В. Якщо межа вимірювання вище 750 В, то необхідно під’єднати послідовно додаткові опори по 1 кОм, встановив, як вказано, по магазинам опорів значення  $R_{\Pi}$ , яке відповідає  $U_{\Pi}$ .

Під’єднуємо к ланцюгу калібратор напруги постійного струму ПЗ20 та в ланцюг термоперетворювача вольтметр Щ48000 для вимірювання ТЕРС. Встановлюємо по ПЗ20 напругу межі ( $U_{\Pi}$ ) приладу, що повіряється, та фіксуємо показання на вольтметрі Щ48000 та плавно зменшуючи опір по магазину опорів Р4834 домагаємось показань по вольтметру Щ48000 рівне 10,0000 мВ. Це показання утримуємо 2÷3 хвилини до стабільного. Від’єднуємо від схеми ПЗ20 та на його місце під’єднуємо джерело струму та напруги РППТН, а до нього прилад, що повіряється. На джерелі струму та напруги РППТН встановлюємо напругу повіряємої точки ( $U_X$ ) та відмічаємо показання на вольтметрі Щ48000 ( $U_{\Pi\Pi}$ ).

Відносну похибку приладу, що повіряється, розраховуємо за формулою:

$$\sigma = ((U_{\Pi\Pi} - U_{PX}) / U_{PX}) \cdot 100 / 2; \quad (2)$$

де  $U_{\Pi\Pi}$  – показання зняті з вольтметра Щ48000;  $U_{PX}$  – напруга еквівалентна показанню повіряемого приладу.

Для напруги межі вимірювання “10,0000 мВ” значення для відмітки, що повіряються, розраховується за формулою:

$$U_{PX} = 10 / (U_{\Pi} / U_X)^2; \quad (3)$$

Слід відмітити, що точність вимірювання напруги по вище наведеної схемі залежить тільки від точності калібратора напруги постійного струму ПЗ20, яка дорівнює 0,005 % та від точності термоперетворювача ТП, точність якого складає 0,01 %.

Так з вище наведеного принципу дії схеми (рис. 1) та формул (1)–(3) можна зробити висновок, що запропонована схема цілком достатня для проведення повірки високоточних вольтметрів класу

точності до 0,05 % та менше. Запропонована схема зручна та придатна у використанні не тільки в стаціонарі, а також в роботі виїзних метрологічних груп. Якщо замість магазинів опорів Р4830/2 виготовити блок резисторів (БР), то разом з повірочним комплектом ПКПО-1, блоком термоперетворювача

(ТП) та цифровим вольтметром Щ48000 отримуємо компакту установку калібрування вольтметрів (УКВ) (рис. 2). В цієї установці БР лише періодично (наприклад, перед роботою виїзних метрологічних груп) буде відкалібровуватися за допомогою калібратора напруги постійного струму П320.

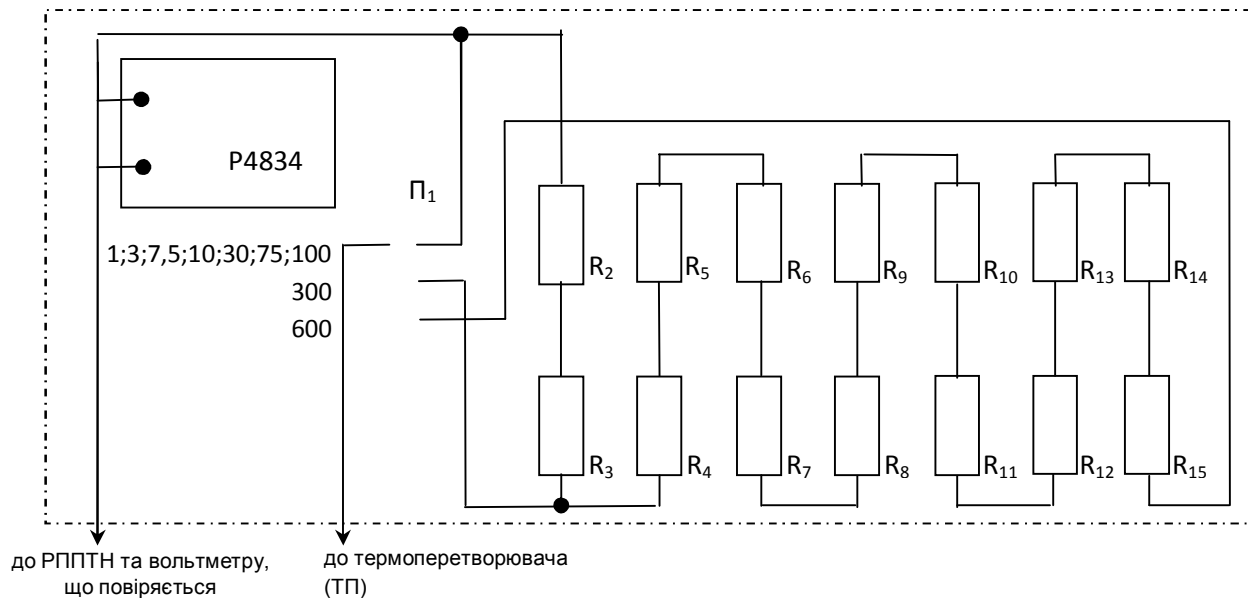


Рис. 2. Структурна схема установки калібрування вольтметрів з блоком резисторів

Використав той же термоперетворювач нескладно скласти схему призначену для повірки амперметрів. Для цього лише потрібно підрахувати опір шунтів для струму (0,01÷10) А при протіканні струму 0,025 А через термоперетворювач Т201 та використати в схемі калібратор струму П321. Якщо виготовити блок шунтів, то разом з повірочним комплектом ПКПО-1, блоком термоперетворювача та цифровим вольтметром Щ48000 отримуємо компакту установку калібрування амперметрів (УКА). Об'єднав обидві установки УКВ та УКА, отримуємо установку калібрування амперметрів та вольтметрів (УКАВ).

## Висновок

Запропоновані установки УКВ і УКА (комплексна установка УКАВ) можуть бути використані для побудови установки повірки амперметрів та вольтметрів в місцях їх експлуатації силами метрологічних підрозділів та дозволяє оптимізувати всі види робіт щодо визначення метрологічних характеристик амперметрів і вольтметрів.

## Список літератури

1. Звіт про стан метрологічного забезпечення Повітряних Сил ЗС України станом на 01.01.2012 / Звіт за Формою І/МС Табелю термінових донесень з питань оперативного та матеріально-технічного забезпечення військ (сил) на мирний час / Наказ начальника Генерального штабу – Головнокомандувача ЗС України від 22.03.2007 № 50.
2. Звіт про стан метрологічного забезпечення Повітряних Сил ЗС України станом на 01.07.2012 / Звіт за Формою

І/МС Табелю термінових донесень з питань оперативного та матеріально-технічного забезпечення військ (сил) на мирний час / Наказ начальника Генерального штабу – Головнокомандувача ЗС України від 22.03.2007 № 50.

3. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов, М.А. Лотонов и др. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.

4. ГОСТ 8.497-83 / Государственная система обеспечения единства измерений. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки // Государственная система обеспечения единства измерений. – 1983.

5. МИ 1695-87 / Методические указания. Меры электрического сопротивления многозначные, применяемые в цепях постоянного тока. Методика поверки // Государственный комитет СССР по стандартам. – 1987.

6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.

7. Войтенко С.С. Методика визначення складу та виробничих можливостей виїзної метрологічної групи / С.С. Войтенко, А.П. Волобуєв, С.В. Герасимов / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2011. – № 2 (6). – С. 136 – 139.

8. Технічний опис та інструкція з експлуатації / Универсальная полуавтоматическая поверочная установка УППУ-1М с пределом допускаемой основной погрешности 0,04-0,3%.

9. ДШВК.401.161.001ТО / Технічний описом та інструкція з експлуатації на переносной комплект повірочного обладнання. – 2009.

Надійшла до редколегії 15.03.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОВЕРКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ВОЛЬТМЕТРОВ  
С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

А.В. Котов, М.В. Борисенко, К.В. Костюков, Д.М. Запара

*В статье даны предложения по усовершенствованию схемы поверки высокоточных вольтметров с допустимой основной погрешностью измерения  $\pm 0,05$  % и больше. Предложен метод определения метрологических характеристик высокоточных вольтметров с использованием термопреобразователя, разработана схема поверки, которая реализует данный метод. Проанализированы преимущества предложенного метода. Обоснованы основные положения по использованию предложенного метода и схемы.*

**Ключевые слова:** *термоперетворювач, масштабний перетворювач, установка, схема*

**PROPOSALS FOR THE IMPROVEMENT OF THE HIGH PRECISION VOLTMETERS CALIBRATION  
USING THERMAL CONVERTER**

A. V. Kotov, M. V. Borisenko, K. V. Kostykov, D. M. Zapara

*The article presents proposals for the improvement of the verification scheme of high-precision voltmeters with a permissible basic error of measurements  $\pm 0.05$  % and more. The method of determination by the metrological characteristics of high-precision voltmeters using thermal converter. Developed the scheme of verification, which implements this method. Analysed advantages of the proposed method. Justification of the main statements on the use of the proposed method and schemes will done.*

**Keywords:** *thermal converter, scale transformer, sett, scheme.*