

УДК 621.317

А.В. Котов<sup>1</sup>, М.В. Борисенко<sup>2</sup>, С.В. Герасимов<sup>2</sup><sup>1</sup> ДП «Чугуївський авіаремонтний завод», Чугуїв<sup>2</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ПОВІРКИ ВИСОКОТОЧНИХ АМПЕРМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧА

У статті надані пропозиції щодо вдосконалення схеми повірки високоточних амперметрів з допустимою основною похибкою вимірювання  $\pm 0,05\%$  та більше. Запропонований метод визначення метрологічних характеристик високоточних амперметрів 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, установка, схема.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Результати аналізу 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 амперметрів. Важливість проведення даних заходів складатиметься 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 амперметрів силами та засобами виїзних метрологічних підрозділів [1, 2]. 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 приводить до збільшення імовірності відмови. Перевезення високоточних амперметрів частин та підрозділів Збройних Сил до стаціонару метрологічних підрозділів також не є виходом з економічних та експлуатаційних показників.

З результатів аналізу експлуатації та метрологічного обслуговування щитових вимірювальних приладів у військових підрозділах зроблено висновок, що для проведення повірки високоточних амперметрів постійного та змінного струму метрологічні підрозділи, які спроможні та мають право на проведення цього виду робіт повинні мати великий перелік засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в якості робочих еталонів. Так, для повірки вказаних амперметрів використовується: калібратор постійного струму, амперметри 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, цифрові амперметри з допустимою основною похибкою не більш  $0,06\%$ . Вище перелічені установки стаціонарні, габаритні, мають велику собівартість і коштовні у експлуатації, виробляються за кордоном. Проведений аналіз технічного стану зазначених установок, які знаходяться в військових метрологічних підрозділах, показує, що їх більшість виробила встановлений ресурс, деякі з них 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.

У статті пропонується схема повірки високоточних амперметрів та деякі доробки до схеми за допомогою яких, метрологічні підрозділи спроможні проводити повірку амперметрів постійного та змінного струму з допустимою основною похибкою  $\pm 0,05\%$  та більше в місцях дислокації військ (сил). Треба відмітити, що простота схеми, яка частково, за рахунок використання масштабного перетворювача (блоку шунтів), виключає складні стаціонарні робочі еталони зі схеми повірки, дозволяє використовувати запропоновану установку в рухомих засобах метрологічних підрозділів, що підвищує рівень мобільності та оперативності надання метрологічних послуг в місцях постійної експлуатації ОВТ, в тому числі у польових умовах.

**Аналіз публікацій.** Проведений аналіз літератури показав [3 – 9], що існує альтернативний підхід до забезпечення метрологічного обслуговування високоточних амперметрів в місцях їх експлуатації силами метрологічних підрозділів. Він побудований на принципах роботи стаціонарних робочих еталонів і відповідає вимогам ГОСТ 8.497-83. Існуючий підхід

не розглядає особливостей організації метрологічного забезпечення високоточних амперметрів 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 амперметрів в місцях їх експлуатації силами метрологічних підрозділів.

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

## Основна частина

Пропонується розглянути схему приладу для повірки амперметрів, удосконалення якого відбувається за рахунок включення в його склад термоперетворювача. Для здійснення повірки високоточних амперметрів запропонована наступна удосконалена схема (рис. 1).

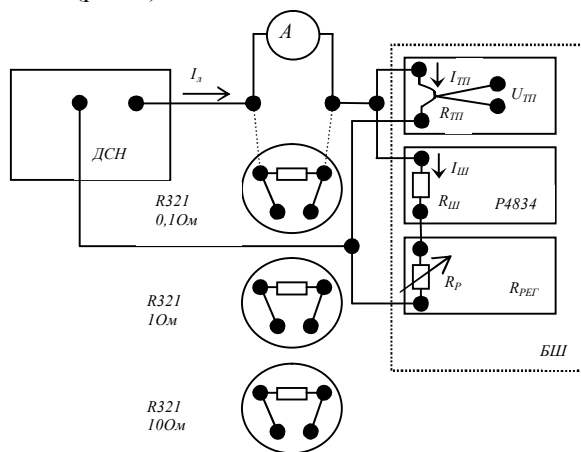


Рис. 1. Схема повірки амперметрів

У схемі використовуються такі вимірювальні прилади:

- джерело струму та напруги (ДСН) з комплекту ПКПО-1;
- вольтметр постійного струму (ВПС) з комплекту ПКПО-1;
- блок шунтів (БШ), який складається з послідовно під'єднаного магазину опору P4834 з комплекту ПКПО-1 та опору, що регулюється  $R_p$  номіналом 0,1 Ом здатного витримувати потужність 3 Вт. та більше;

– термоперетворювач (ТП) типу T201 з опором обмотки 14,4 Ом, який при протіканні струму величиною 0,025 А визиває термо електрорушійну силу (ТЕРС) рівну 10,000 мВ;

– зразкові котушки опору P321 класу точності 0,01, номіналом: 0,1 Ом; 1 Ом; 10 Ом.

Розглянемо принцип дії запропонованої схеми повірки амперметрів.

На струм меж ( $I_{\Pi}$ ) приладу, що підлягає калібруванню (повірці), розраховані опори ( $R_{\Pi}$ ) за формулою:

$$R_{\Pi} = \frac{I_{\text{ТП}} \cdot R_{\text{ТП}}}{I_{\Pi} - I_{\text{ТП}}}; \quad (1)$$

де  $R_{\text{ТП}} = 14,4 \text{ Ом}$ ;

$I_{\text{ТП}} = 0,025 \text{ А}$ ;

$I_{\Pi}$  – струм межі.

Підготовка схеми до проведення калібрування (повірки) амперметрів, складається з такого алгоритму:

– на місце амперметру, що підлягає калібруванню (повірці) через струмові клемами, в ланцюг струму, під'єднуємо зразкові котушки (P321 номіналом 0,1 Ом для  $I_{\Pi}$  (1,5–10) А; P321 номіналом 1 Ом для  $I_{\Pi}$  (0,15–1) А), а к потенціальним клемам під'єднуємо ВПС для вимірювання точного значення струму;

– по магазину опору P4834 встановлюємо розраховане значення  $R_{\Pi}$ , а по опору, що регулюється  $R_p$  встановлюємо найбільше значення;

– вмикаємо ДСН та регуляторами струму на ньому добиваємось на ВПС точного значення напруги, яке відповідає  $I_{\Pi}$  приладу, що підлягає калібруванню (повірці) та переконавшись в стабільності показань ВПС перемикаємо його на вихід ТП. За допомогою опору, що регулюється  $R_p$  добиваємось на ВПС точного значення  $U_{\text{ТП}}$  рівного 10,000 мВ;

– переконавшись в стабільних показаннях ВПС рівних 10,000 мВ, приєднуємо ВПС на зразкову котушку, і, якщо показання ВПС зазнали змін від того, що було встановлено на початку операції по встановленню точного значення  $I_{\Pi}$ , цю операцію повторюємо до стабільних показань в межах точності ВПС;

– добившись стабільних показань на ВПС, зменшуємо на ДСН струм до «0» та вмикаємо його. Від'єднуємо від схеми зразкову котушку та ВПС. Схема готова до калібрування (повірки) амперметрів.

Калібрування (повірка) амперметрів здійснюється наступним чином.

Під'єднуємо амперметр в схему повірки, а ВПС на вихід ТП.

Вмикаємо ДСН та плавно збільшуючи струм встановлюємо показчик амперметра на відмітку, що підлягає повірці та фіксуємо показання ВПС ( $U_{\text{ТП}}$ ).

Відносна похибка  $\sigma$  амперметра розраховується за формулою:

$$\sigma = \frac{1}{2} \left( \frac{10(A_{\text{П}}/A_{\text{К}})^2 - U_{\text{ТП}}}{U_{\text{ТП}}} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

де  $A_{\text{П}}$  – цифрова відмітка точці, що повіряється аналогового приладу, чи значення струму відмітки, що повіряється цифрового приладу;

$A_{\text{К}}$  – конечна цифрова відмітка аналогового приладу, чи значення межі струму – цифрового приладу.

Слід відмітити, що точність вимірювання струму за вище наведеною схемою залежить тільки від точності ВПС, точності термоперетворювача ТП, точності зразкових котушок та цілком достатня для проведення повірки високоточних амперметрів з допустимою похибкою 0,05 %.

Магазин опору Р4834 на точність наведеної схеми не впливає, а лише використовується в якості регулятора встановлення точного значення струму  $I_{\text{П}}$ .

Запропонована схема повірки високоточних амперметрів є не складна. Крім регулятора опору  $R_{\text{р}}$  та термоперетворювача ТП всі складові взяті з установки ПКПО-1.

Так з вище наведеного принципу дії схеми (рис. 1) та формул (1)–(2) можна зробити висновок, що запропонована схема цілком достатня для проведення повірки високоточних амперметрів класу точності до 0,05 % та більше. Запропонована схема зручна та придатна у використанні не тільки в стаціонарі, а також у роботі виїзних метрологічних груп.

Якщо використовувати ті самі складові з використанням термоперетворювача ТП, то не складно зробити схему з повірки високоточних вольтметрів.

Об'єднав обидві схеми повірки високоточних амперметрів та вольтметрів отримуємо компактну

установку повірки високоточних амперметрів та вольтметрів (УПВАВ).

## Висновок

Запропоновані схеми установок калібрування амперметрів та вольтметрів 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. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов, М.А. Лотонов и др. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
2. ГОСТ 8.497-83 / Государственная система обеспечения единства измерений. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки // Государственная система обеспечения единства измерений. – 1983.
3. МИ 1695-87 / Методические указания. Меры электрического сопротивления многозначные, применяемые в цепях постоянного тока. Методика поверки // Государственный комитет СССР по стандартам. – 1987.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы / С.И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 2000. – 462 с.
5. 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. – Вип. 2 (6). – С. 136-139.
6. Технічний опис та інструкція з експлуатації / Универсальная полуавтоматическая поверочная установка УППУ-1М с пределом допускаемой основной погрешности 0,04-0,3%.
7. ДШВК.401.161.001ТО / Технічний описом та інструкція з експлуатації на переносной комплект повірочного обладнання. – 2009.

Надійшла до редколегії 22.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.І. Тимочко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОВЕРКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ АМПЕРМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

А.В. Котов, М.В. Борисенко, С.В. Герасимов

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

**Ключевые слова:** термопреобразователь, установка, схема.

## PROPOSALS TO IMPROVE THE CALIBRATION PRECISION AMMETER BY THERMOCOUPLES

A.V. Kotov, M.V. Borisenko, S.V. Gerasimov

The article submitted proposals to improve scheme calibration precision ammeters permissible basic error of measurement  $\pm 0,05\%$  or more. The proposed method of determining the metrological characteristics of precision ammeters using a thermocouple developed calibration circuit that implements this method. The advantages of the developed method. The basic provisions for the use of the proposed method and circuit verification.

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