

УДК 621.317

А.В. Котов¹, М.В. Борисенко², С.В. Герасимов²¹Військова частина А2287²Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ПОВІРКИ ВИСОКОТОЧНИХ АМПЕРМЕТРІВ І ВОЛЬТМЕТРІВ З ОСНОВНОЮ ВІДНОСНОЮ ПОХИБКОЮ 0,2 % ТА БІЛЬШЕ

В статті розглянуті існуючі недоліки при проведенні повірки високоточних амперметрів і вольтметрів, особливо в місцях їх постійної експлуатації. Надані пропозиції щодо вдосконалення схеми повірки високоточних амперметрів і вольтметрів класом точності 0,2 % та більше, які пов'язані за ГОСТ 8.497-83. Наведений розроблений метод визначення метрологічних характеристик високоточних амперметрів і вольтметрів класом точності 0,2 % та більше та схеми, які його реалізують. Визначені переваги запропонованого методу відносно існуючих та порядок розрахунку похибки результату вимірювання. Обґрунтовані основні положення щодо використанні запропонованих методу та схем до нього.

Ключові слова: амперметр, вольтметр, клас точності масштабний перетворювач, установка, схема.

Вступ

Постановка проблеми. Результати аналізу особливостей проведення періодичного метрологічного обслуговування військових засобів вимірювання зі складу озброєння та військової техніки (ОВТ) в місцях її дислокації та в стаціонарних умовах метрологічних підрозділів свідчать про необхідність проведення деяких заходів, пов'язаних з удосконаленням методів визначення метрологічних характеристик високоточних амперметрів і вольтметрів класом точності 0,2 % та більше [1, 2]. Високоточні амперметри та вольтметри класом точності 0,2 % та більше призначені для калібрування щитових приладів (вольтметрів, амперметрів), які експлуатуються в різноманітних підрозділах (частинах) Збройних Сил України та складають до 60 % (в залежності від призначення підрозділу та ОВТ, що знаходиться на його озброєнні) від загальної кількості всіх засобів вимірювання військової частини (підрозділу). На сьогодні повірка вищезазначених високоточних приладів у підрозділах передбачає перевезення виїзними метрологічними групами великої кількості робочих еталонів, які переважно експлуатуються тривалий час і мають граничні терміни експлуатації. Тому зайве переміщення еталонів до місць експлуатації ОВТ приведе до збільшення кількості їх відмов і необхідності проведення дорогого ремонту. З іншого боку, переміщення засобів вимірювання до стаціонарних метрологічних підрозділів збільшує вартість експлуатації ОВТ (за рахунок транспортних витрат на перевезення великої кількості приладів) та зменшує коефіцієнт готовності ОВТ (особливо при відсутності обмінного фонду в військовій частині) [3].

Нормативними документами встановлено, що для проведення повірки амперметрів і вольтметрів постійного та змінного струму з основною відносною допустимою похибкою 0,2 % та більше метрологічні підрозділи, які уповноваженні на проведення цих робіт, повинні мати великий перелік засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в якості робочих еталонів [4, 5]. Так для повірки вказаних амперметрів і вольтметрів використовуються: калібрувачі постійного струму, калібрувачі 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 великогабаритні, коштовні, як правило використовуються в стаціонарі. Проведений аналіз показує, що більшість установок, які знаходяться в метрологічних підрозділах Збройних Сил України виробили встановлений ресурс, частково непридатні та потребують капітального ремонту. Майже всі метрологічні підрозділи не мають запасу для укомплектування пересувних лабораторій вимірювальної техніки переносними ЗВТ для повірки амперметрів і вольтметрів змінного струму класу точності, що розглядається.

Все це призводить до необхідності пошуку більш простих способів повірки високоточних амперметрів і вольтметрів класом точності 0,2 % та більше.

Аналіз публікацій. Проведений аналіз літератури [6 – 9] показав, що існує альтернативний

підхід до забезпечення метрологічного обслуговування високоточних амперметрів і вольтметрів в місцях їх експлуатації силами виїзних метрологічних груп. Він побудований на принципах роботи стаціонарних робочих еталонів і відповідає вимогам нормативних документів [4, 5]. Існуючий підхід не розглядає особливостей організації метрологічного забезпечення високоточних амперметрів і вольтметрів в місцях їх постійної 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 ОВТ при здійсненні метрологічного обслуговування в місцях дислокації військових підрозділів (частин) [7].

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

Мета статті. Дана стаття присвячена розробці схеми повірки високоточних амперметрів і вольтметрів в місцях їх постійної експлуатації (дислокації ОВТ військових частин) силами виїзних метрологічних груп, яка б відповідала вимогам ГОСТ 8.497-83 та оптимізувала всі види робіт, щодо визначення їх метрологічних характеристик.

Основна частина

У статті запропонована схема повірки амперметрів і вольтметрів та деякі доробки до схеми за допомогою яких, метрологічні підрозділи спроможні проводити повірку амперметрів і вольтметрів постійного та змінного струму з допустимою основною похибкою менш ніж 0,2%. Ця схема цілком задовольняє вимогам нормативних документів [4, 5]. Слід відмітити, що простота схеми при використанні приладу калібрування амперметрів та вольтметрів (ПКАВ), виготовлення якого передбачається заміном масштабних перетворювачів установки УППУ-1М, дають можливість виключити громіздкі стаціонарні установки.

Запропонована схема використовує одну компактну установку калібрування амперметрів та вольтметрів (УКАВ), яка складається з приладу переносного комплексу повірочного обладнання (ПКПО-1) вітчизняного виробництва (прилад вироблений вітчизняним підприємством “Меридіан”, місто Київ), ПКАВ та вольтметра В7-28, що дозволяє використовувати її в рухомих засобах метрологічних підрозділів та проводити повірку безпосередньо в місцях експлуатації ОВТ.

Розробка приладу калібрування амперметрів та вольтметрів, яка є ключовою в запропонованій

схемі установки калібрування амперметрів та вольтметрів у своїй основі має прості елементи (резистори, клеми, перемикачі), має невеликі вагогабаритні показники. Виготовлення елементів схеми, які пропонуються, можливо здійснити в стаціонарних умовах метрологічних лабораторій при наявності фахівців ремонтників та робочих еталонів необхідних для атестації та повірки.

При наявності такої установки з зазначеною схемою в метрологічних підрозділах відпадає необхідність в закупках наступних установок: У358; УППУ-1М; У355; У3551; приладів для повірки вольтметрів: В1-9; В1-12; В1-13 для повірки амперметрів та вольтметрів згідно вимог нормативних документів [4, 5].

Розглянемо дві запропонованих схеми.

На рис. 1 наведена схема повірки амперметрів та вольтметрів з використанням масштабних перетворювачів установки ППУ-1М, ПКПО-1 та вольтметра В7-28 або його аналога, у якого межа по напрузі постійного струму 1 В відкалібрована з похибкою не більш 0,005% та визначені поправки на межі 1 В змінного струму у відмітках: (1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1) В.

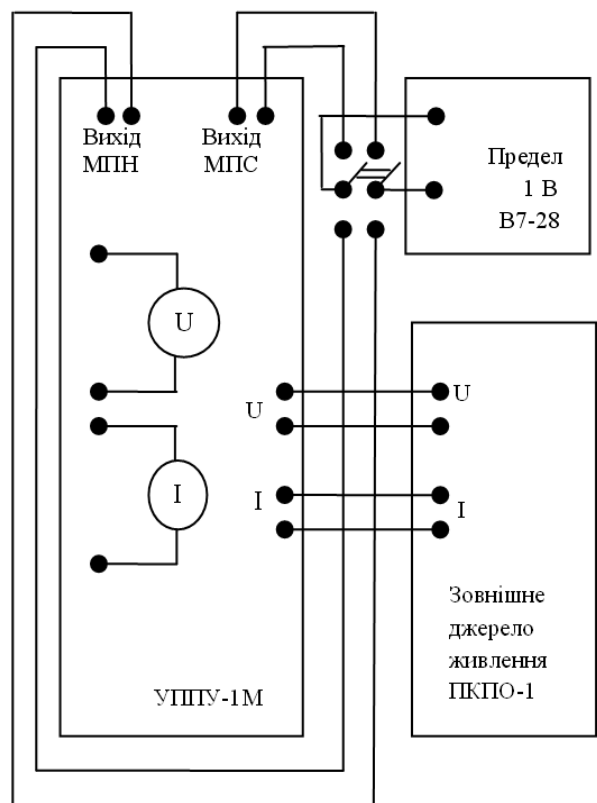


Рис. 1. Схема повірки амперметрів та вольтметрів з використанням масштабних перетворювачів установки УППУ-1М

На рис. 2 наведена схема установки УКАВ з використанням ПКПО-1, блоку шунтів (БШ), ПКАВ та цифрового вольтметра В7-28.

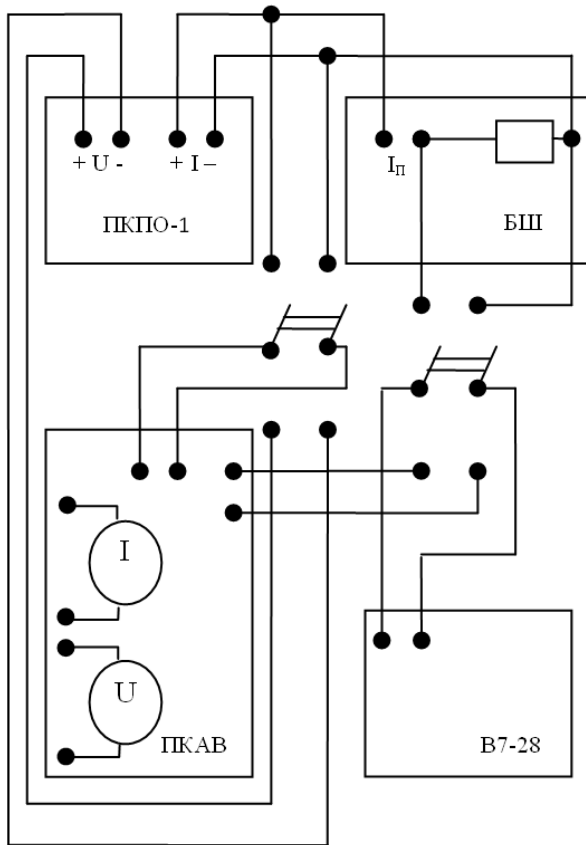


Рис. 2. Схема установки калібрівки амперметрів та вольтметрів (УКАВ)

Розглянемо принцип дії схем, наведених на рис. 1, 2. С

игнал з джерела струму та напруги ПКПО-1 надходить на прилад (вольтметр чи амперметр), який повіряють, та на вхід масштабного перетворювача напруг (МПН) чи масштабного перетворювача струму (МПС) зі складу УППУ-1 в одному випадку чи на масштабний перетворювач струму та напруги (МПСН) приладу ПКАВ.

Масштабні перетворювачі в схемах розробляються, виготовляються та регулюються таким чином, що кожній межі по напрузі чи струму відповідає напруга на їх виході величиною 1 В. Тоді, відповідно, коефіцієнт масштабного перетворення M чисельно дорівнює значенню номінальної напруги чи струму межі приладу (X_M), що повіряється.

При установці покажчика приладу, що повіряється, на відповідну позначку, на виході масштабного перетворювача (коефіцієнт масштабного перетворення M) з'явиться напруга U_1 (показання мультиметра), відповідно значення сигналу, яке подається на прилад U_2 (дійсне значення), розраховується по формулі:

$$U_2 = M \cdot U_1. \quad (1)$$

Тоді, показання приладу, який повіряється, U_3 визначається згідно співвідношення:

$$U_3 = M \frac{A_{\Pi}}{A_K}; \quad (2)$$

де A_K — числове значення кінцевої відмітки;

A_{Π} — числове значення повіряємої відмітки.

Приведена похибка σ вимірювання за допомогою розробленої схеми дорівнює:

$$\sigma = \frac{M \cdot \frac{A_{\Pi}}{A_K} - M \cdot U_1}{M} \cdot 100 = \left(\frac{A_{\Pi}}{A_K} - U_1 \right) \cdot 100. \quad (3)$$

Експериментальне дослідження запропонованої схеми та розрахунок похибки результату повірки вольтметрів та амперметрів згідно формул (1) – (3) показав, що схеми мають основну допустиму похибку вимірювання:

величини 1 В постійного струму – $\pm 0,015\%$

величини 1 В змінного струму – $\pm 0,04\%$,

що повністю забезпечує повірку приладів з допустимою похибкою 0,2 та більше, що свідчить про придатність запропонованої установки до використання.

У розробленому ПКАВ використані розповсюджені типи резисторів, які аналогічні резисторам масштабного перетворювача установки УППУ-1М і магазинів опору P4830/2, P4834 та призначені для роботи в ланцюгах постійного та змінного струму.

У цій розробленій схемі установки (УКАВ) підлягають повірці лише ПКПО-1 і В7-28 на межі вимірювання 1 В, а масштабний перетворювач перед використанням чи раз на місяць не обхідно калібрувати за допомогою калібраторів постійного струму ПЗ20, ПЗ21 чи приладів для повірки вольтметрів В1-12 та В1-13.

Зазначені вимірювальні прилади (ПКПО-1 і В7-28 (або інший цифровий вольтметр с аналогічними технічними характеристиками), ПЗ20, ПЗ21 чи В1-12, В1-13), як правило, є в метрологічних підрозділах (особливо в Регіональних та видових базах вимірювальної техніки), тому розроблена схема установки (УКАВ) може використовуватися в метрологічних підрозділах.

Висновок

Досвід експлуатації розробленої схеми установки калібрівки амперметрів та вольтметрів в діючій метрологічній лабораторії показав, що трудовитрати на повірку амперметрів та вольтметрів в стаціонарних умовах можуть бути зменшеними (тобто вартість метрологічного обслуговування ОБТ зменшена).

Застосування запропонованої установки виїзними метрологічними групами дозволяє підвищити оперативність надання метрологічних послуг військовим підрозділам (частинам), підвищити

ти коефіцієнт готовності ОВТ за рахунок зменшення часу простою, зберегти технічний ресурс військовим еталонам.

Сумісне використання ПКПО-1 та розробленого ПКАВ дозволяє отримати компактну установку по повірці амперметрів і вольтметрів постійного та змінного струму класу точності 0,2 та більше як в стаціонарних умовах метрологічної лабораторії, так і в місцях дислокації військових підрозділів (частин) силами виїзних метрологічних груп.

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 Збройних Сил України від 22.03.2007 № 50.

2. Звіт про стан метрологічного забезпечення Повітряних Сил ЗС України станом на 01.01.2013 / 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 Збройних Сил 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 / С.И. Баскаков. – 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. – Вип. 2 (6). – С. 136-139.

8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / Универсальная полуавтоматическая поверочная установка УППУ-1М с пределом допускаемой основной погрешности 0,04-0,3%. – М.: Воениздат, 1990. – 46 с.

9. ДШВК.401.161.001ТО / Технічний описом та інструкція з експлуатації на переносний комплект повірочного обладнання. – К.: Меридіан, 2009. – 38 с.

Надійшла до редколегії 18.01.2013

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

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОВЕРКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ АМПЕРМЕТРОВ И ВОЛЬТМЕТРОВ С ОСНОВНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ 0,2% И БОЛЕЕ

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

В статье рассмотрены существующие недостатки при проведении поверки высокоточных амперметров и вольтметров, особенно в местах их постоянной эксплуатации. Сделаны предложения относительно усовершенствования схемы поверки высокоточных амперметров и вольтметров классом точности 0,2 % и больше, которые поверяются по ГОСТ 8.497-83. Приведен разработанный метод определения метрологических характеристик высокоточных амперметров и вольтметров классом точности 0,2 % и больше и схемы, которые его реализуют. Определены преимущества предложенного метода относительно существующих, порядок расчета погрешности результата измерения. Обоснованы основные положения относительно использования предложенных метода и схем к нему.

Ключевые слова: амперметр, вольтметр, класс точности, масштабный преобразователь, установка, схема.

SUGGESTION ON IMPROVEMENT OF CHECK OF HIGH-FIDELITY AMMETERS AND VOLTMETERS WITH BASIC RELATIVE ERROR 0,2% AND MORE

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

In the article the existent failings are considered during the leadthrough of check of high-fidelity ammeters and voltmeters, especially in the places of their permanent exploitation. Done suggestion in relation to the improvement of chart of check of high-fidelity ammeters and voltmeters by the class of exactness 0,2 % and anymore, which are entrusted for GOST 8.497-83. The developed method of determination of metrology descriptions of high-fidelity ammeters and voltmeters is resulted by the class of exactness 0,2 % and anymore and charts which he will be realized. Advantages of the offered method are certain in relation to existing, order of calculation of error of measuring result. Substantive provisions are grounded relatively the use offered method and charts to him.

Keywords: ammeter, voltmeter, class of exactness, scale transformer, setting, chart.