

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОВЕРКИ (КАЛИБРОВКИ) ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ БЕЗ ДЕМОНТАЖА В МЕСТАХ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. А. Каревик
(представил д.т.н., проф. В.Н. Чинков)

Предложены методы и средства автоматической поверки (калибровки) электромеханических и цифровых измерительных приборов в местах их эксплуатации для повышения оперативности проведения метрологического обслуживания вооружения и военной техники.

Повышение оперативности метрологического обслуживания средств измерения и контроля параметров вооружения и военной техники (ВВТ) во многом определяется методами их калибровки (поверки), а также измерительными средствами, при помощи которых проводится калибровка. Особую актуальность данная задача имеет в рамках проблем совершенствования метрологического обеспечения Вооруженных Сил Украины в направлении выполнения метрологических работ непосредственно в местах базирования войск. Для дальнейшего повышения оперативности поверки (калибровки) электромеханических и цифровых измерительных приборов в местах дислокации ВВТ предлагаются следующие методы и средства автоматизации поверки (калибровки).

1. Поверочная установка для автоматической поверки (калибровки) стрелочных электроизмерительных приборов без демонтажа. Установка обеспечивает полную автоматизацию процесса поверки стрелочных электроизмерительных приборов (ЭИП) в местах их установки на ВВТ (т.е. без демонтажа), включая автоматическую перестройку калибровочного сигнала, подаваемого на вход поверяемого прибора, автоматический съем сигнала измерительной информации с его шкалы (показаний ПП) и автоматическую обработку результатов поверки.

Структурная схема автоматической поверочной установки приведена на рис. 1. Она содержит программно перестраиваемый цифровой калибратор сигналов (ЦКС), емкостной датчик (ЕД) для съема информации со шкалы поверяемого прибора (ПП), блок регистрации максимальной емкости (БРМЕ), логический анализатор (ЛА) и блок отображения информации (БОИ). Емкостной датчик размещается на защитном стекле ПП так, чтобы его подвижные перья были совмещены с серединами поверяемых отметок. К выходу ЕД подключен БРМЕ.

Перед началом поверки в ЦКС задается программа его работы, т.е. автоматического задания требуемых (номинальных) значений выходного

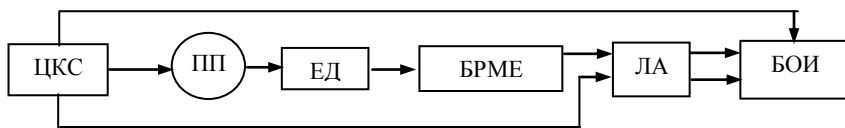


Рис. 1. Структурная схема автоматической поверочной установки

калибровочного сигнала (сигналов), определяемых шкалой ПП.

Временные диаграммы процесса поверки (калибровки) ЭИП при помощи автоматической установки приведены на рис. 2.

В процессе поверки ЦКС программно перестраивается, последовательно изменяя информационный параметр калибровочного сигнала (сигналов), а тем самым и показания ПП. В моменты времени t_i линейно возрастающее значение информативного параметра X калибровочного сигнала соответствует поверяемым отметкам ПП, которые обозначим X_i , $i = \overline{1, n}$, где n – число поверяемых отметок (рис. 2, а).

Предварительно можно определить моменты времени t_i^- и t_i^+ , соответствующие значениям X_i^- и X_i^+ , определяемые равенствами:

$$X_i^- = X_i - \Delta_d; \quad X_i^+ = X_i + \Delta_d,$$

где Δ_d – значение допустимой абсолютной погрешности ПП, определяемое его пределом измерения и классом точности.

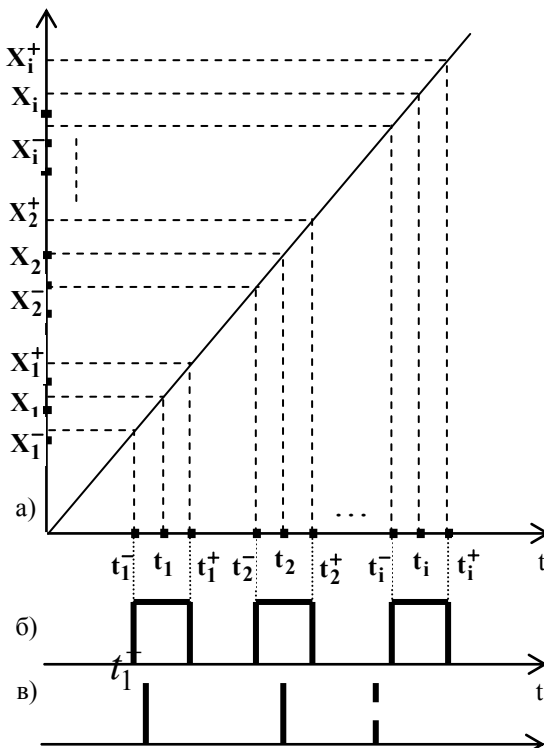


Рис. 2. Временные диаграммы процесса поверки (калибровки) ЭИП

Между моментами времени t_i^- и t_i^+ в ЦКС формируются прямоугольные импульсы (рис. 2, б), поступающие на один вход ЛА. Длительностью этих импульсов определяется поле допуска, в котором могут находиться показания ПП, если он соответствует классу точности.

На второй вход ЛА поступают импульсы с БРМЕ, которые формируются в моменты совпадения стрелки ПП с поверяемой отметкой и емкость ЕД достигает своего максимального значения.

Если в поверяемой отметке шкалы ПП его абсолютная погрешность находится в заданном допуске ($\pm \Delta_d$), то сигнал появляется на одном выходе ЛА (рис. 2, в – сплошные линии), в противном случае – на другом выходе ЛА (рис. 2, в – пунктирная линия).

В БОИ формируются номера отметок ПП, удовлетворяющие и неудовлетворяющие его классу точности. Если все n импульсов с выхода ЛА окажутся в пределах ограничивающих импульсов (рис. 2, б), то ПП находится в классе точности. Если же хотя бы один из импульсов с выхода ЛА окажется вне пределов ограничивающего импульса, то ПП не удовлетворяет классу точности, и он бракуется. Режим работы установки может быть задан таким, что она прекращает процесс поверки (калибровки) при первом же «браковочном» импульсе с выхода ЛА, или таким, что она проводит полностью поверку (калибровку) ПП (во всех поверяемых отметках) и фиксирует все отметки его шкалы, неудовлетворяющие классу точности.

2. Поверочная установка для поверки (калибровки) цифровых измерительных приборов. Предлагаемая установка обеспечивает автоматизацию, повышение точности и оперативности поверки (калибровки) цифровых измерительных приборов (ЦИП). В ней реализуется метод поверки (калибровки), предложенный в п. 1, основанный на использовании образцовой дополнительной меры.

Структурная схема установки приведена на рис. 3. Она содержит основную и дополнительную меры (ОМ, ДМ), аналоговый сумматор (АС) и микропроцессорный контролер (МПК).

Процесс поверки (калибровки) цифровых измерительных приборов осуществляется следующим образом. В исходном состоянии в МПК задаются коды поверяемых отметок в единицах измеряемой величины и предельное значение абсолютной погрешности ЦИП. По командам МПК на выходе ОМ устанавливаются нормированные значения информативного параметра образцового измерительного сигнала, соответ-

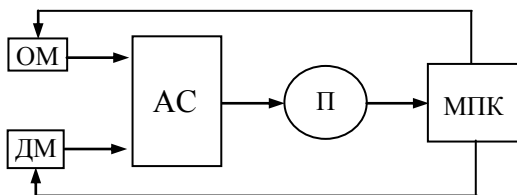


Рис. 3. Структурная схема поверочной установки цифровых измерительных приборов

ствующие поверяемым отметкам ПП. При поступлении образцового сигнала с ОМ на ПП на кодовых выходах последнего образуется код, который в общем случае может быть равен, меньше или больше номинального кода поверяемой отметки ПП. В МПК производится сравнение выходного кода ПП и номинального кода в каждой поверяемой отметке. Если же коды не равны, то в МПК формируется сигнал с одним из двух признаков: больше или меньше. В зависимости от того, какое из этих условий имеет место, МПК формирует управляющий сигнал, по которому с выхода ДМ задается образцовый сигнал, значение информативного параметра которого определяется предельной абсолютной погрешностью ПП, а знак – условием «больше» – «меньше». Образцовые сигналы ОМ и ДМ алгебраически суммируются в АС и с его выхода поступают на ПП. Если для любого из двух условий его признак после выполнения в МПК операции сравнения выходного кода ПП и номинального кода, записанного в МПК, изменяется на противоположный, то это будет означать, что в данной поверяемой отметке ПП его погрешность не превосходит допустимой (предельной), и он удовлетворяет классу точности. Если же окажется, что в какой-либо поверяемой отметке ПП признак сигнала, определяющего условие «больше – меньше», сохраняется, то это означает, что в данной поверяемой отметке абсолютная погрешность ПП превосходит допустимую, и ПП не соответствует классу точности.

Таким образом, в предлагаемой поверочной установке в каждой из поверяемых отметок устанавливается только одно из дополнительных значений образцового сигнала для каждого из направлений его изменения (увеличения или уменьшения), в то время как в известных поверочных установках таких значений необходимо устанавливать несколько, в зависимости от точности ПП, т.е. предлагаемая поверочная установка приводит к значительному повышению оперативности поверки (калибровки). В случае необходимости эта установка позволяет определять действительное значение абсолютной погрешности ПП в каждой поверяемой отметке. Для этого необходимо выполнить дополнительную меру с ценой деления, в 5–10 раз меньшей предельной абсолютной погрешности ПП, и перестраивать ее в каждой поверяемой отметке с помощью МПК до выполнения условия равенства выходного кода ПП и номинального кода для поверяемой отметки.

3. Обобщенный принцип построения цифрового прецизионного калибратора сигналов. Калибратор предназначен для формирования прецизионных сигналов прямоугольной формы для поверки (калибровки) электромеханических измерительных приборов переменного тока. Его обобщенная структурная схема приведена на рис. 4.

Калибратор содержит генератор образцовой частоты (ГОЧ), перестраиваемый делитель частоты (ДЧ), двухфазный формирователь прямоугольных импульсов (ДФПИ), усилитель напряжения (УН) и усили-

тель тока (УТ). Поверяемый прибор обозначен ПП, в данном случае это ваттметр. Возможны два варианта реализации схемы:

- для формирования прямоугольных калибровочных сигналов типа «меандр»;
- для формирования прямоугольных калибровочных сигналов с регулируемой скважностью.

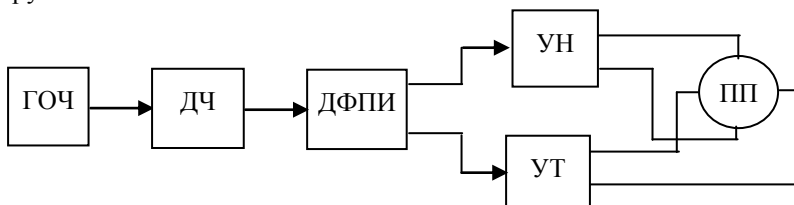


Рис. 4. Обобщенная структурная схема цифрового калибратора сигналов

Процесс поверки (калибровки) сигналами типа «меандр» осуществляется следующим образом. Импульсы с ГОЧ частоты f_0 поступают на вход перестраиваемого ДЧ с коэффициентом деления $K_{дч}$, равным

$$K_{дч} = T / (2T_0),$$

где T – период калибровочного сигнала; T_0 – период следования импульсов образцовой частоты f_0 .

С выхода ДЧ импульсная последовательность заданной частоты поступает на вход ДФПИ, которым осуществляется формирование двух последовательностей прямоугольных импульсов. Для поверки (калибровки) амперметров и вольтметров может использоваться любой из калибровочных сигналов (типа «меандр» или с регулируемой скважностью), а для поверки ваттметров – только калибровочные сигналы типа «меандр» с регулируемой временной задержкой между ними [3, 4]:

$$\tau = \varphi T / 2\pi, \quad (1)$$

где φ – требуемый фазовый сдвиг между напряжением и током в поверяемом ваттметре.

Последовательности импульсов (одна или обе) с ДФПИ через усилители напряжения УН и тока УТ с регулируемым коэффициентом усиления (передачи) поступают на ПП. Показания поверяемого прибора устанавливаются регулировками амплитудных или временных параметров, или тех и других, в зависимости от выбранного метода поверки (калибровки). Эти показания ПП во всех поверяемых отметках сравнивают с заданными калибратором значениями и определяют его соответствие заданному классу точности.

Преимуществом такого калибратора (и метода поверки) является повышение точности поверки, которое обеспечивается увеличением точности

задания амплитудных значений калибровочных сигналов прямоугольной формы, а для ваттметров и коэффициента мощности (фазового сдвига φ или эквивалентного ему временного интервала τ) на основе средств цифровой техники, т.е. задание коэффициента мощности возможно с точностью, определяемой значением и нестабильностью образцовой (опорной) частоты f_0 . Из формулы (1) видно, что при значении образцовой частоты $f_0 = 1,0$ МГц и формировании калибровочных сигналов частотой 50 Гц погрешность задания фазового сдвига составляет примерно $0,0003^\circ$. Достижение такой точности аналоговыми средствами в принципе невозможно.

Кроме того, появляются более широкие возможности автоматизации процесса поверки (калибровки).

Калибратор, даже в таком виде, может обеспечить автоматизированную поверку без автоматического съема информации, что обеспечивает повышение оперативности и достоверности поверки (калибровки). Его аппаратная реализация достаточно проста благодаря использованию агрегатно-модульного принципа построения.

Таким образом, предложенные поверочные установки позволяют проводить оперативную поверку (калибровку) как электромеханических, так и цифровых измерительных приборов на месте эксплуатации ВВТ без их демонтажа. Цифровой прецизионный калибратор прямоугольных сигналов позволит реализовать новый метод калибровки электромеханических измерительных приборов переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любимов Л.И. и др. Поверка средств электрических измерений. Справочная книга. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 294 с.
2. Владимиров В.Л. и др. Методы и алгоритмы автоматизированной поверки средств измерений электрических величин с кодовым выходом. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 145 с.
3. Чинков В.Н., Каревик А.А. Математические модели поверки электромеханических измерительных приборов переменного тока сигналами прямоугольной формы // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вип. 1(17). – 2002. – С. 172 – 176.
4. Чинков В.Н., Каревик А.А. Теоретические основы калибровки электромеханических измерительных приборов переменного тока сигналами прямоугольной формы // Український метрологічний журнал. – 2002. – № 2. – С. 58 – 61.

Поступила 16.08.2002

КАРЕВИК Александр Александрович, нач. научно-исследовательской лаборатории Научного метрологического центра. Окончил в 1991 году ВИРТА. Область научных интересов – метрологическое обеспечение техники.