ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р 8.1041— 2024**

# Государственная система обеспечения единства измерений

# МЕРЫ ИНДУКТИВНОСТИ И ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ

## Методика поверки

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 206 «Эталоны и поверочные схемы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2024 г. № 1292-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Введение

Настоящий стандарт разработан в целях реализации положений Федерального закона от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и постановления Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 года № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Государственная система обеспечения единства измерений**

# МЕРЫ ИНДУКТИВНОСТИ И ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ

**Методика поверки**

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standards of inductance and mutual inductance. Calibration procedure

**Дата введения — 2024—09—30**

## 1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на меры индуктивности и меры взаимной индуктивности (далее — меры индуктивности), применяемые как в качестве средств измерений, так и в качестве эталонов единицы индуктивности в диапазоне номинальных значений от $1 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{4}$ Гн в диапазоне частот от 40 Гц до 100 МГц, и устанавливает методику и последовательность их первичной и периодической поверок.

1.2 К мерам индуктивности относятся: меры индуктивности однозначные и многозначные, катушки индуктивности, разработанные по ГОСТ 21175 и по техническим условиям (стандартам предприятия), магазины индуктивности, меры-имитаторы, составные меры на основе RC-цепей, калибраторы, вариометры индуктивности.

1.3 К мерам взаимной индуктивности относятся: меры взаимной индуктивности однозначные и многозначные, катушки взаимной индуктивности, разработанные по ГОСТ 20798 и по техническим условиям (стандартам предприятия), магазины взаимной индуктивности, магазины комплексной взаимной индуктивности, калибраторы, вариометры взаимной индуктивности.

Настоящий стандарт допускается применять при поверке средств измерений и эталонов, находящихся в эксплуатации до введения настоящего стандарта.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.3.019 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 20798 Меры взаимной индуктивности. Общие технические условия

ГОСТ 21175 Меры индуктивности. Общие технические условия

ГОСТ 22261 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ Р 8.732 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого

**Издание официальное**

стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

## 3 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

$f$ — измерительная частота;

$L_0$ — начальное значение индуктивности;

$L_i$ — действительное значение индуктивности измеряемой меры;

$L_{im}$ — действительное значение индуктивности измеряемой меры при предыдущей поверке;

$L_n$ — номинальное значение индуктивности меры;

$L_s$ — измеряемая индуктивность по последовательной схеме замещения;

$L_{встр}$ — измеряемая индуктивность при встречном включении;

$L_{согл}$ — измеряемая индуктивность при согласном включении;

$L_{эт}$ — действительное значение индуктивности эталонной меры;

$\Delta L_i$ — абсолютное отклонение значения индуктивности от номинального;

$\delta L_i$ — относительное отклонение значения индуктивности от номинального;

$\Delta L$ — измеренная разность между действительным значением индуктивности поверяемой и эталонной меры;

$M_0$ — начальное значение взаимной индуктивности;

$M_i$ — действительное значение взаимной индуктивности измеряемой меры;

$M_n$ — номинальное значение взаимной индуктивности меры;

$\Delta M_i$ — отклонение значения взаимной индуктивности от номинального;

$m$ — число лет, прошедших со времени предыдущих измерений;

$Q$ — добротность;

$R_s$ — измеряемое сопротивление по последовательной схеме замещения;

$\nu$ — относительная нестабильность индуктивности меры;

$\delta_k$ — относительная погрешность компарирования;

$\delta_L$ — относительная погрешность измерений индуктивности меры;

$\delta_э$ — относительная погрешность измерений эталонных мер;

$\varphi$ — фазовая погрешность.

## 4 Общие положения

Настоящий стандарт устанавливает методику первичной и периодической поверки мер индуктивности. При проведении поверки предусмотрена возможность поверки в ограниченном диапазоне номинальных значений индуктивности (для многозначных мер и наборов мер) и частот.

Результаты измерений, полученные при поверке, должны иметь прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы индуктивности ГЭТ 15-79 в соответствии с ГОСТ Р 8.732.

В случае несоответствия требований настоящего стандарта и Государственной поверочной схемы (ГПС) необходимо руководствоваться нормами ГПС.

## 5 Операции поверки

Для поверки мер индуктивности должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 — Перечень операций поверки

| Наименование операции | Номер пункта стандарта на методику поверки | Проведение операции при | |
|---|---|---|---|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Контроль условий поверки | 10.3 | Да | Да |
| Внешний осмотр | 11.1 | Да | Да |
| Опробование | 11.2 | Да | Да |
| Проверка программного обеспечения* | 11.3 | Да | Да |
| Определение сопротивления изоляции | 11.4 | Да | Нет |
| Определение метрологических характеристик: | 11.5 | | |
| Меры индуктивности однозначные | | | |
| Определение действительного значения индуктивности и отклонения значения индуктивности от номинального | 11.5.1.1 | Да | Да |
| Определение действительного значения вторичного параметра мер (сопротивление переменного тока или добротность)* | 11.5.1.2 | Да | Да |
| Определение сопротивления постоянного тока* | 11.5.1.3 | Да | Да |
| Определение относительной погрешности измерений индуктивности мер | 11.5.1.4 | Да | Да |
| Определение относительной нестабильности индуктивности за год | 11.5.1.5 | Нет | Да |
| Меры индуктивности многозначные | | | |
| Определение действительного значения индуктивности и сопротивления переменного тока* вариометров индуктивности | 11.5.2.1 | Да | Да |
| Определение действительного значения индуктивности и вторичного параметра (сопротивление переменного тока или добротность)* многозначных мер индуктивности. Определение отклонения от номинального значения индуктивности | 11.5.2.2 | Да | Да |
| Определение относительной погрешности измерений индуктивности мер индуктивности | 11.5.2.3 | Да | Да |
| Определение относительной нестабильности индуктивности за год | 11.5.2.4 | Нет | Да |
| Меры взаимной индуктивности однозначные | | | |
| Определение действительного значения взаимной индуктивности и фазовой погрешности мер. Определение отклонения от номинального значения взаимной индуктивности | 11.5.3.1 | Да | Да |
| Определение относительной погрешности измерений взаимной индуктивности мер взаимной индуктивности | 11.5.3.2 | Да | Да |
| Определение относительной нестабильности взаимной индуктивности за год | 11.5.3.3 | Нет | Да |

*Окончание таблицы 1*

| Наименование операции | Номер пункта стандарта на методику поверки | Проведение операции при | |
|---|---|---|---|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Меры взаимной индуктивности многозначные | | | |
| Определение действительного значения взаимной индуктивности и фазовой погрешности вариометров взаимной индуктивности | 11.5.4.1 | Да | Да |
| Определение действительного значения взаимной индуктивности и фазовой погрешности мер. Определение отклонения от номинального значения взаимной индуктивности | 11.5.4.2 | Да | Да |
| Определение относительной погрешности измерений взаимной индуктивности мер взаимной индуктивности | 11.5.4.3 | Да | Да |
| Определение относительной нестабильности взаимной индуктивности за год | 11.5.4.4 | Нет | Да |
| Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям | 11.6 | Нет | Да |
| * Если параметр нормируется в описании типа. | | | |

При отрицательных результатах одной из операций поверку прекращают. По письменному заявлению заказчика допускается поверка в уменьшенном диапазоне номинальных значений (для многозначных мер и наборов мер) и в ограниченном диапазоне частот (в случае, если мера предназначена для применения в диапазоне частот).

## 6 Средства поверки

6.1 Метрологические требования к средствам поверки указаны в таблице 2.

Таблица 2 — Метрологические требования к средствам поверки

| Пункт стандарта на методику поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|---|---|
| Контроль условий поверки (10.3) | Средства измерений температуры окружающего воздуха в диапазоне измерений от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С;<br>средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 % до 80 % с абсолютной погрешностью не более 3 %;<br>средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 107 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа | Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13 |
| Опробование (11.2) | Средства измерений индуктивности в диапазоне от 1 нГн до 10 кГн | Анализаторы компонентов прецизионные WK6430B, WK6440B, рег. № 33772-07;<br>анализаторы импеданса прецизионные WK6500B, рег. № 60119-15;<br>измерители RLC E4980A, E4980AL, рег. № 62364-15;<br>измерители RLC E4990A, рег. № 62362-15;<br>компаратор индуктивности высокочастотный Е1-12, рег. № 9111-83 |

*Окончание таблицы 2*

| Пункт стандарта на методику поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|---|---|
| Определение сопротивления изоляции (11.4) | Средства измерений электрического сопротивления постоянного тока в диапазоне измерений от 1 МОм до 500 ГОм | Тераомметр Щ404-М1, рег. № 12070-89 |
| Определение метрологических характеристик (11.5) | Эталоны единицы индуктивности и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже эталона-копии, эталона сравнения по ГОСТ Р 8.732 [для вторичных (рабочих) эталонов] | Индуктивно-емкостный мост УМИЕ-1; мост-компаратор УМИЕ-2; меры индуктивности Р5101—Р5115, рег. № 9046-83 |
| | Эталоны единицы индуктивности и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже вторичного (рабочего) эталона по ГОСТ Р 8.732 (для рабочих эталонов 1-го разряда) | Индуктивно-емкостный мост УМИЕ-1; мост-компаратор УМИЕ-2; меры индуктивности Р5101—Р5115, рег. № 9046-83 |
| | Эталоны единицы индуктивности и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 1-го разряда по ГОСТ Р 8.732 (для рабочих эталонов 2-го разряда) | Меры индуктивности Р5101—Р5115, рег. № 9046-83; меры индуктивности образцовые L-0170, рег. № 3241-72; меры индуктивности и добротности Р593, рег. № 2412-69; набор эталонных мер индуктивности и добротности LQ-2408, рег. № 85851-22; набор мер индуктивности образцовый высокочастотный Е1-15, рег. № 4621-88; меры взаимной индуктивности Р5009, рег. № 3900-73 |
| | Эталоны единицы индуктивности и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда по ГОСТ Р 8.732 (для рабочих эталонов 3-го разряда и СИ) | |
| | Средства измерений электрического сопротивления постоянного тока в диапазоне 1 Ом — 10 МОм с относительной погрешностью от 0,01 % до 1 % | Нановольтметр/микроомметр 34420А, рег. № 76895-19 |
| | Средства измерений индуктивности в диапазоне от 1 нГн до 10 кГн, применяемые в качестве компаратора; средства измерений сопротивления переменного тока и добротности | Анализаторы компонентов прецизионные WK6430B, WK6440B, рег. № 33772-07; анализаторы импеданса прецизионные WK6500B, рег. № 60119-15; измерители RLC E4980A, E4980AL, рег. № 62364-15; измерители RLC E4990A, рег. № 62362-15; компаратор индуктивности высокочастотный Е1-12, рег. № 9111-83 |
| Примечание — Допускается использовать при поверке другие средства измерений утвержденного типа и поверенные и/или аттестованные эталоны единиц величин, соответствующие метрологическим требованиям, указанным в таблице.<br>Работу с указанными средствами измерений следует проводить в соответствии с документацией по их эксплуатации. | | |

6.2 Соотношение погрешностей эталонных средств измерений и поверяемых мер при поверке не должно превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.732.

## 7 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящий стандарт, эксплуатационные документы на поверяемые средства измерений (СИ) и средства поверки, ГОСТ Р 8.732.

## 8 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019. Соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации на средства измерений и меры.

При проведении поверки поверяемые СИ и СИ, применяемые при поверке, должны быть заземлены.

## 9 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают нормальные условия, указанные в таблице 3. При необходимости поверка может быть проведена в рабочих условиях, установленных в соответствующем описании типа на меры.

Таблица 3 — Требования к условиям проведения поверки

| Влияющая величина | Значение влияющей величины |
|---|---|
| Температура окружающего воздуха, °С | От 19 до 21 |
| Относительная влажность воздуха, % | Не более 80 |
| Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) | От 84 до 106 (от 630 до 795) |

## 10 Подготовка к поверке

10.1 Меры выдерживают в нормальных условиях в течение не менее 4 ч при условиях окружающей среды, указанных в таблице 3.

Допускается при необходимости применение воздушного термостата для большей стабилизации температурных условий.

10.2 Подготавливают к работе эталоны и средства измерений, используемые при поверке в соответствии с эксплуатационной документацией.

10.3 Проверяют условия окружающей среды: температуру окружающего воздуха, относительную влажность воздуха, атмосферное давление. Условия окружающей среды не должны превышать значений, указанных в разделе 9 (таблица 3).

10.4 Меры индуктивности и взаимной индуктивности, имеющие собственное внешнее магнитное поле (неэкранированные катушки с цилиндрическим и шпулевидным каркасом), при поверке следует располагать на расстоянии не менее 1 м от металлических объектов (корпуса измерительного моста, других объектов).

## 11 Проведение поверки и обработка результатов измерений

### 11.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверяют внешний вид, маркировку на соответствие типу, отсутствие внутри корпуса посторонних предметов или отсоединившихся деталей. Корпуса и разъемы мер не должны иметь механических повреждений. Электрические соединители (клеммы) для подключения внешних цепей к мере должны быть жестко зафиксированы.

Результаты внешнего осмотра считают положительными, если меры соответствуют вышеуказанным требованиям.

### 11.2 Опробование

При опробовании проверяют отсутствие обрыва электрической цепи меры. Подключают меру к измерителю и проводят измерение индуктивности. Измеренное значение должно быть сопоставимо с номинальным.

### 11.3 Проверка программного обеспечения

В случае, если мера индуктивности имеет встроенное и/или автономное программное обеспечение (ПО), проводят проверку идентификационных данных ПО, указанных в описании типа.

Результат проверки считают положительным, если номер версии ПО не ниже указанного в описании типа.

### 11.4 Определение сопротивления изоляции

Определение сопротивления изоляции мер проводят по ГОСТ 22261.

Сопротивление изоляции между изолированной электрической цепью и корпусом меры должно быть не менее значений, указанных в ГОСТ 21175 и ГОСТ 20798 или иной документации на меры.

### 11.5 Определение метрологических характеристик

#### 11.5.1 Определение метрологических характеристик однозначных мер индуктивности

11.5.1.1 Определение действительного значения индуктивности и отклонения значения индуктивности от номинального

Действительное значение индуктивности меры ($L_i$) и отклонение ее значения индуктивности от номинального ($\Delta L_i$) определяют методом прямых измерений или методом замещения (сличения) поверяемого средства измерений с эталонной мерой индуктивности с помощью компаратора при нормальной частоте или в диапазоне частот измерений, указанном для конкретного типа мер. В случае применения меры индуктивности в расширенном диапазоне частот измерительные частоты с заказчиком согласовывают дополнительно.

Перед проведением измерений проводят калибровку короткого замыкания и холостого хода на измерителе, при наличии этой возможности у измерителя. В случае необходимости применения переходных устройств для подключения мер в измерительную цепь проводят калибровку для учета параметров переходного устройства.

**Метод прямых измерений**

Поверяемую меру индуктивности подключают к измерителю индуктивности (RLC-метру). Измерения проводят по последовательной схеме замещения, если не указано иное в технической и эксплуатационной документации на меры.

Примечание — В случае, если у измерителя необходимо выбрать схему замещения, необходимо проверить правильность выбора измеряемых параметров. Как правило, при измерении мер индуктивности у измерителей устанавливают следующие параметры: $L_s$—$R_s$ или $L_s$—$Q$.

За действительное значение индуктивности принимают усредненное значение показаний измерителя не менее чем из пяти независимых измерений.

Абсолютное и относительное отклонения значения индуктивности от номинального определяют по формулам (1) и (2) соответственно:

$$\Delta L_i = L_i - L_n, \tag{1}$$

$$\delta L_i = \frac{L_i - L_n}{L_n} \cdot 100, \tag{2}$$

где $L_n$ — номинальное значение индуктивности меры.

Метод пригоден к применению в случае выполнения требований 6.2.

**Метод замещения (сличения)**

Проводят измерения поверяемой и эталонной меры индуктивности с помощью компаратора. В качестве компаратора применяют измеритель индуктивности (RLC-метр). Измерения проводят по последовательной схеме замещения, если не указано иное в технической и эксплуатационной документации на меры. За результат измерений принимают усредненное значение индуктивности не менее чем из пяти независимых измерений.

Действительное значение индуктивности меры определяют по формуле

$$L_i = L_{эт} + \Delta L, \tag{3}$$

где $L_{эт}$ — действительное значение индуктивности эталонной меры, Гн;

$\Delta L$ — измеренная разность между действительными значениями индуктивности поверяемой и эталонной мер, Гн.

Отклонение значения индуктивности от номинального определяют по формуле (1) или (2).

Отклонение значения индуктивности от номинального не должно превышать значений, указанных в эксплуатационной документации на меры, в случае его нормирования.

В случае применения в качестве средства передачи единицы индуктивности мостовой установки, например УМИЕ-1, применяют метод замещения (сличения) или метод косвенных измерений, описанный в документации на нее.

Если меру индуктивности применяют в широком диапазоне частот, то допускается вместо действительного значения индуктивности на этих частотах указывать частотные поправки относительно значения индуктивности при нормальной частоте измерений.

11.5.1.2 Определение действительного значения вторичного параметра мер (сопротивление переменного тока или добротность)

Действительное значение сопротивления переменного тока или добротности определяют одновременно с действительными значениями индуктивности одним из методов, указанных в 11.5.1.1.

Действительное значение сопротивления переменного тока или добротности не должно превышать значений, указанных в эксплуатационной документации и/или в описании типа, в случае нормирования параметра.

Примечание — Значение вторичного параметра может быть выражено в форме, отличной от указанной выше (например, в виде фазового угла).

11.5.1.3 Определение сопротивления постоянного тока

Сопротивление постоянного тока определяют с применением измерителя сопротивления постоянного тока методом прямых измерений.

Действительное значение сопротивления постоянного тока не должно превышать значений, указанных в эксплуатационной документации и/или в описании типа в случае нормирования параметра.

11.5.1.4 Определение относительной погрешности измерений индуктивности мер

При определении действительного значения индуктивности методом прямых измерений в качестве относительной погрешности измерений принимают предел допускаемой погрешности применяемого измерителя для измеряемых номинальных значений при каждой частоте.

При определении действительного значения индуктивности методом замещения (сличения) относительную погрешность измерений индуктивности $\delta_L$ определяют по формуле

$$\delta_L = \pm 1{,}1 \cdot \sqrt{\delta_э^2 + \delta_k^2}, \tag{4}$$

где $\delta_э$ — относительная погрешность измерений эталонных мер;

$\delta_k$ — относительная погрешность компарирования.

Относительную погрешность измерений вторичных параметров определяют аналогично определению погрешности измерений индуктивности.

Относительная погрешность измерений индуктивности мер не должна превышать значений, нормированных в эксплуатационной документации и/или в описании типа.

11.5.1.5 Определение относительной нестабильности индуктивности за год

Относительную нестабильность индуктивности за год $\nu$ меры индуктивности определяют:

| | |
|---|---|
| для $L \geq 1$ мкГн (в диапазоне частот от 10 Гц до 1 МГц) | 1 кГц; |
| для $L < 1$ мкГн (в диапазоне частот от 10 Гц до 1 МГц) | 100 кГц; |
| для $L$ (в диапазоне частот от 1 до 100 МГц) | 1 МГц |

по формуле

$$\nu = \frac{L_i - L_{im}}{m \cdot L_n}, \tag{5}$$

где $L_i$ — действительное значение индуктивности измеряемой меры;

$L_{im}$ — действительное значение индуктивности измеряемой меры при предыдущей поверке;

$L_n$ — номинальное значение индуктивности меры;

$m$ — число лет, прошедших со времени предыдущих измерений.

Если для меры индуктивности нормальной частотой является частота, отличная от 1 кГц и/или 1 МГц, то относительную нестабильность индуктивности определяют при частоте, являющейся нормальной для меры в соответствии с эксплуатационной документацией.

Пределы допускаемой относительной нестабильности за год должны быть не более значений, указанных в ГОСТ Р 8.732 или в эксплуатационной документации на меры.

**11.5.2 Определение метрологических характеристик многозначных мер индуктивности**

11.5.2.1 Определение действительного значения индуктивности и сопротивления переменного тока вариометров индуктивности

Измерение индуктивности и сопротивления переменного тока вариометров индуктивности (в том числе вариометров, встроенных в магазины индуктивности) проводят одним из методов, указанных в 11.5.1.1 для каждой числовой отметки диапазона измерений шкалы. Если шкала вариометра содержит более 10 отметок, то действительное значение индуктивности допускается определять для 10 отметок, равномерно распределенных по шкале. Действительное значение сопротивления переменного тока вариометра допускается определять в двух отметках шкалы.

Отсчетное устройство вариометра устанавливают на нулевую отметку шкалы и определяют начальное значение индуктивности $L_0$. Начальная индуктивность вариометра не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 21175 или в эксплуатационной документации на меры.

Отсчетное устройство вариометра устанавливают в проверяемую отметку шкалы и измеряют индуктивность на зажимах вариометра и сопротивление переменного тока.

Действительное значение индуктивности вариометра в проверяемой отметке шкалы определяют без учета начальной индуктивности по формуле

$$L_i = L_s - L_0. \quad (6)$$

11.5.2.2 Определение действительного значения индуктивности и вторичного параметра (сопротивление переменного тока или добротность) многозначных мер индуктивности. Определение отклонения от номинального значения индуктивности

Измерения индуктивности мер проводят для каждого обозначенного положения переключающего устройства в пределах одной декады одним из методов, указанных в 11.5.1.1, при частотах, входящих в нормальный диапазон частот для конкретного типа мер. При этом остальные декады устанавливают в нулевое положение. В случае применения меры индуктивности в расширенном диапазоне частот измерительные частоты с заказчиком согласовывают дополнительно.

Если многозначная мера индуктивности выполнена в виде цифрового устройства с плавно устанавливаемым значением индуктивности, допускается проводить измерения индуктивности для значений и при частотах, указанных заказчиком.

Начальную индуктивность многозначных мер определяют при установке всех переключателей в нулевое положение и установке вариометра на начальную отметку шкалы (при его наличии). Начальная индуктивность многозначных мер не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 21175 или в эксплуатационной документации на меры.

Действительное значение индуктивности в проверяемой точке определяют без учета начальной индуктивности по формуле (6).

Действительное значение сопротивления переменного тока или добротности определяют одновременно с действительными значениями индуктивности одним из методов, указанных в 11.5.1.1.

Действительное значение сопротивления переменного тока или добротности не должно превышать значений, указанных в эксплуатационной документации и/или в описании типа, в случае нормирования параметра.

11.5.2.3 Определение относительной погрешности измерений индуктивности мер индуктивности

Относительную погрешность измерений индуктивности мер индуктивности определяют в соответствии с 11.5.1.4.

11.5.2.4 Определение относительной нестабильности индуктивности за год

Относительную нестабильность индуктивности за год определяют в соответствии с 11.5.1.5.

**11.5.3 Определение метрологических характеристик однозначных мер взаимной индуктивности**

11.5.3.1 Определение действительного значения взаимной индуктивности и фазовой погрешности мер. Определение отклонения от номинального значения взаимной индуктивности

Действительное значение взаимной индуктивности меры ($M_i$) и отклонение ее значения индуктивности от номинального ($\Delta M_i$) определяют методом прямых измерений или методом согласно-встречного включения. В случае применения меры взаимной индуктивности в расширенном диапазоне частот измерительные частоты с заказчиком согласовывают дополнительно.

**Метод прямых измерений**

Поверяемую меру взаимной индуктивности подключают к измерителю индуктивности (RLC-метру), при этом ток подают на первичную обмотку, а напряжение снимают со вторичной обмотки при выборе измеряемых параметров $L_s$—$R_s$. Измерения проводят по последовательной схеме замещения.

Примечание — При проведении измерений может потребоваться дополнительное соединение между собой клемм первичной и вторичной обмоток меры, если на это содержится указание в эксплуатационной документации.

Перед проведением измерений проводят калибровку короткого замыкания и холостого хода на измерителе при наличии этой возможности у измерителя.

За действительное значение взаимной индуктивности $M_i$ принимают усредненное значение показаний $L_s$ не менее чем из пяти независимых измерений.

Отклонение значения индуктивности от номинального определяют по формуле (1) или (2).

Метод пригоден к применению в случае выполнения требований 6.2 настоящей методики.

Фазовую погрешность мер $\varphi$ в радианах определяют расчетным путем по формуле

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{R_s}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot M_i}, \tag{7}$$

где $f$ — измерительная частота.

**Метод согласно-встречного включения**

Взаимную индуктивность измеряют по последовательной схеме замещения. Соединение обмоток должно быть осуществлено проводником с минимальным значением собственной индуктивности. Проводят поэтапно измерение индуктивности при согласном включении и встречном включении.

**Согласное включение**

Выводы первичной и вторичной обмоток соединяют последовательно, при этом конец первичной обмотки соединяют с началом вторичной обмотки. Меру взаимной индуктивности включают в измерительную цепь выводами «начало первичной обмотки» и «конец вторичной обмотки». Определяют значение индуктивности при согласном включении $L_{согл}$ методами, описанными в 11.5.1.1.

**Встречное включение**

Выводы первичной и вторичной обмотки соединяют последовательно, при этом конец первичной обмотки соединяют с концом вторичной обмотки. Меру взаимной индуктивности включают в измерительную цепь выводами «начало первичной обмотки» и «начало вторичной обмотки». Определяют значение индуктивности при встречном включении $L_{встр}$ методами, описанными в 11.5.1.1.

Действительное значение взаимной индуктивности $M_i$ вычисляют по формуле

$$M_i = \frac{L_{согл} - L_{встр}}{4}. \tag{8}$$

Отклонение значения взаимной индуктивности от номинального определяют по формуле (1) или (2).

Примечание — Метод согласно-встречного включения не применяют при частотах выше 1 кГц, а также для определения фазовой погрешности мер.

Отклонение значения взаимной индуктивности от номинального и фазовая погрешность мер не должны превышать значений, указанных в эксплуатационной документации на меры, в случае нормирования параметров.

11.5.3.2 Определение относительной погрешности измерений взаимной индуктивности мер взаимной индуктивности

Относительную погрешность измерений взаимной индуктивности мер взаимной индуктивности определяют в соответствии с 11.5.1.4.

11.5.3.3 Определение относительной нестабильности взаимной индуктивности за год

Относительную нестабильность взаимной индуктивности за год определяют в соответствии с 11.5.1.5.

**11.5.4 Определение метрологических характеристик многозначных мер взаимной индуктивности**

11.5.4.1 Определение действительного значения взаимной индуктивности и фазовой погрешности вариометров взаимной индуктивности

Измерение взаимной индуктивности и погрешности вариометров взаимной индуктивности (в том числе вариометров, встроенных в магазины взаимной индуктивности) проводят одним из методов, указанных в 11.5.3.1 для каждой числовой отметки диапазона измерений шкалы. Если шкала вариометра содержит более 10 отметок, то действительное значение индуктивности допускается определять для 10 отметок, равномерно распределенных по шкале. Измерение фазовой погрешности вариометра проводят методом прямых измерений. Фазовую погрешность вариометра допускается определять в двух отметках шкалы.

Отсчетное устройство вариометра устанавливают на нулевую отметку шкалы и определяют начальное значение индуктивности $M_0$. Начальная индуктивность вариометра не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 20798 или в эксплуатационной документации на меры.

Отсчетное устройство вариометра устанавливают в проверяемую отметку шкалы и измеряют индуктивность на зажимах вариометра и сопротивление переменного тока по последовательной схеме замещения.

Действительное значение индуктивности вариометра в проверяемой отметке шкалы определяют без учета начальной индуктивности по формуле (6). Фазовую погрешность мер определяют расчетным путем по формуле (7).

11.5.4.2 Определение действительного значения взаимной индуктивности и фазовой погрешности мер. Определение отклонения от номинального значения взаимной индуктивности

Измерения взаимной индуктивности мер проводят для каждого обозначенного положения переключающего устройства в пределах одной декады одним из методов, указанных в 11.5.3.1, при частотах, входящих в нормальный диапазон частот для конкретного типа мер. При этом остальные декады установлены в нулевое положение. В случае применения меры взаимной индуктивности в расширенном диапазоне частот измерительные частоты с заказчиком согласовывают дополнительно.

Если многозначная мера индуктивности выполнена в виде цифрового устройства с плавно устанавливаемым значением индуктивности, допускается проводить измерения индуктивности для значений и при частотах, указанных заказчиком.

Начальную индуктивность многозначных мер определяют при установке всех переключателей в нулевое положение и установке вариометра на начальную отметку шкалы (при его наличии). Начальная индуктивность многозначных мер не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 20798 или в эксплуатационной документации на меры.

Действительное значение индуктивности в проверяемой точке определяют без учета начальной индуктивности по формуле (6).

Измерение фазовой погрешности вариометра проводят методом прямых измерений. Фазовую погрешность мер определяют расчетным путем по формуле (7) не менее чем на двух ступенях каждой декады многозначной меры взаимной индуктивности.

11.5.4.3 Определение относительной погрешности измерений взаимной индуктивности мер взаимной индуктивности

Относительную погрешность измерений взаимной индуктивности мер взаимной индуктивности определяют в соответствии с 11.5.1.4.

11.5.4.4 Определение относительной нестабильности взаимной индуктивности за год

Относительную нестабильность взаимной индуктивности за год определяют в соответствии с 11.5.1.5.

### 11.6 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям

Оценку соответствия мер индуктивности обязательным метрологическим требованиям к эталону единицы индуктивности проводят на соответствие ГОСТ Р 8.732 независимо от метрологических характеристик, присвоенных при выпуске (класс точности, отклонение от номинального значения, пределы допускаемой погрешности). Определяют относительную погрешность измерений индуктивности и относительную нестабильность индуктивности за год.

Результаты оценки считают положительными, если относительная погрешность измерений индуктивности и относительная нестабильность индуктивности за год не превышают значений, указанных в таблицах 4—6.

Таблица 4 — Требования к вторичным (рабочим) эталонам единицы индуктивности

| Номинальное значение или диапазон индуктивности | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений индуктивности, %, при частотах | | | | | | Относительная нестабильность за год при частоте 1 кГц, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 Гц—100 Гц | 1 кГц | 10 кГц | 30 кГц | 100 кГц | 0,3—1 МГц | |
| 1—5 мкГн | – | ±0,25 | ±0,25 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,09 |
| 10—50 мкГн | – | ±0,05 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,03 |
| 100—500 мкГн | ±0,02 | ±0,01 | ±0,05 | ±0,05 | ±0,05 | ±0,05 | ±0,015 |
| 1—5 мГн | ±0,02 | ±0,01 | ±0,03 | ±0,04 | ±0,05 | – | ±0,015 |
| 10 мГн | ±0,02 | ±0,005 | ±0,03 | ±0,04 | ±0,05 | – | ±0,003 |
| 20—50 мГн | ±0,02 | ±0,01 | ±0,03 | ±0,04 | – | – | ±0,015 |
| 100 мГн | ±0,02 | ±0,005 | ±0,03 | ±0,04 | – | – | ±0,003 |
| 200—500 мГн | ±0,02 | ±0,01 | ±0,02 | ±0,04 | – | – | ±0,015 |
| 1 Гн | ±0,02 | ±0,01 | – | – | – | – | ±0,015 |
| 10 Гн | ±0,02 | ±0,02 | – | – | – | – | ±0,02 |

Примечание — В соответствии с ГОСТ Р 8.732 для вторичных (рабочих) эталонов единицы индуктивности также нормируют среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности и суммарную стандартную неопределенность.

Таблица 5 — Требования к рабочим эталонам индуктивности 1-го и 2-го разрядов в диапазоне частот от 40 Гц до 1 МГц

| Номинальное значение или диапазон индуктивности | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений индуктивности, %, при частотах | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 40—100 Гц | | 1 кГц | | 10 кГц | | 30 кГц | | 100 кГц | | 0,3—1 МГц | |
| | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. |
| 10—50 нГн | – | – | – | – | 0,3 нГн + 0,002·$L$ | 0,3 нГн + 0,005·$L$ | 0,3 нГн + 0,003·$L$ | 0,3 нГн + 0,01·$L$ | 0,3 нГн + 0,003·$L$ | 0,3 нГн + 0,01·$L$ | 0,3 нГн + 0,003 $L$ | 0,3 нГн + 0,01·$L$ |
| 100—500 нГн | – | – | 0,5 нГн + 0,005·$L$ | 0,5 нГн + 0,01·$L$ | 0,5 нГн + 0,005·$L$ | 0,5 нГн + 0,01·$L$ | 0,5 нГн + 0,005·$L$ | 0,5 нГн + 0,01·$L$ | 0,5 нГн + 0,005·$L$ | 0,5 нГн + 0,01·$L$ | 0,5 нГн + 0,005 $L$ | 0,5 нГн + 0,01·$L$ |
| 1—5 мкГн | – | – | ±0,5 | ±1,0 | ±0,5 | ±1,0 | ±0,2 | ±0,5 | ±0,2 | ±0,5 | ±0,2 | ±0,5 |
| 10—50 мкГн | – | – | ±0,1 | ±0,2 | ±0,2 | ±0,5 | ±0,2 | ±0,5 | ±0,2 | ±0,5 | ±0,2 | ±0,5 |
| 100—500 мкГн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | ±0,1 | ±0,25 | ±0,1 | ±0,25 | ±0,1 | ±0,25 | ±0,1 | ±0,25 |
| 1—5 мГн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | ±0,06 | ±0,2 | ±0,1 | ±0,25 | ±0,1 | ±0,25 | – | – |

*Окончание таблицы 5*

| Номинальное значение или диапазон индуктивности | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений индуктивности, %, при частотах | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 40—100 Гц | | 1 кГц | | 10 кГц | | 30 кГц | | 100 кГц | | 0,3—1 МГц | |
| | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. | 1 р. | 2 р. |
| 10 мГн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,01 | ±0,03 | ±0,06 | ±0,2 | ±0,06 | ±0,25 | ±0,1 | ±0,25 | – | – |
| 20—50 мГн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | ±0,06 | ±0,2 | ±0,06 | ±0,1 | – | – | – | – |
| 100 мГн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | ±0,06 | ±0,2 | ±0,06 | ±0,1 | – | – | – | – |
| 200—500 мГн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | ±0,06 | ±0,2 | ±0,06 | ±0,1 | – | – | – | – |
| 1—10 Гн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | ±0,06 | ±0,2 | – | – | – | – | – | – |
| 100 Гн | ±0,03 | ±0,1 | ±0,03 | ±0,1 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 1 кГн | ±0,03 | ±0,1 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 10 кГн | ±0,1 | ±0,2 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |

Примечания

1 Для диапазонов 10—50 нГн и 100—500 нГн нормируется абсолютная погрешность; $L$ в наногенри.

2 Пределы допускаемой относительной нестабильности за год должны быть не более 0,9 предела допускаемой относительной погрешности при частоте 1 кГц (для значений $L \geq 1$ мкГн) и при частоте 100 кГц (для значений $L < 1$ мкГн).

3 Принятые обозначения: «1 р.» — 1-й разряд, «2 р.» — 2-й разряд.

Таблица 6 — Требования к рабочим эталонам индуктивности 1, 2 и 3-го разрядов в диапазоне частот от 1 до 100 МГц

| Номинальное значение индуктивности | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений индуктивности, %, при частотах | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 МГц | | | 10 МГц | | | 100 МГц | | |
| | 1 р. | 2 р. | 3 р. | 1 р. | 2 р. | 3 р. | 1 р. | 2 р. | 3 р. |
| 10 нГн | 0,3 нГн + 0,003·$L$ | 0,3 нГн + 0,01·$L$ | ±2,5 | ±0,5 | ±1,0 | ±2,5 | – | – | – |
| 100 нГн | 0,5 нГн + 0,005·$L$ | 0,5 нГн + 0,01·$L$ | ±1,5 | ±0,3 | ±0,6 | ±1,5 | ±0,5 | ±1,0 | ±2,5 |
| 1 мкГн | ±0,2 | ±0,5 | ±1,0 | ±0,2 | ±0,5 | ±1,0 | – | – | – |
| 10 мкГн | ±0,2 | ±0,5 | ±1,0 | – | – | – | – | – | – |
| 100 мкГн | ±0,1 | ±0,25 | ±0,5 | – | – | – | – | – | – |

Примечания

1 Для эталонов 1-го и 2-го разрядов для 10 нГн и 100 нГн нормируется абсолютная погрешность; $L$ в наногенри.

2 Пределы допускаемой относительной нестабильности за год при частоте 1 МГц должны быть не более 0,9 предела допускаемой относительной погрешности (для рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов), не более 0,7 предела допускаемой относительной погрешности (для рабочих эталонов 3-го разряда).

3 Принятые обозначения: «1 р.» — 1-й разряд, «2 р.» — 2-й разряд, «3 р.» — 3-й разряд.

Примечание — В случае применения мер индуктивности при частотах, отличающихся от указанных в таблицах 4—6, пределы допускаемой погрешности принимаются равными указанным значениям ближайшей меньшей частоты в тех же таблицах.

## 12 Оформление результатов поверки

Положительные результаты первичной и периодической поверки мер индуктивности передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По требованию заказчика знак поверки наносят на свидетельство о поверке.

Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А.

Если по результатам поверки меры признают непригодными, то оформляют извещение о непригодности с протоколом поверки (приложениие А).

Знак поверки наносят на свидетельство о поверке (при его оформлении) по требованию заказчика.

**Приложение А**
**(рекомендуемое)**

## Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ
№ _____ от _____

| | |
|---|---|
| Наименование средства измерения (эталона), тип | |
| Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде | |
| Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение | |
| Изготовитель | |
| Год выпуска | |
| Заказчик | |
| Серия и номер знака предыдущей поверки | |
| Дата предыдущей поверки | |

Вид поверки:
Методика поверки:
Средства поверки:

Условия поверки:

| Параметры | Требования НД | Измеренные значения |
|---|---|---|
| Температура окружающего воздуха, °С | От 19 до 21 | |
| Относительная влажность, % | Не более 80 | |
| Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) | От 84 до 106 (от 630 до 795) | |

**Результаты поверки:**
1. Внешний осмотр:
2. Опробование:
3. Проверка программного обеспечения (при необходимости)
4. Определение сопротивления изоляции:
5. Определение метрологических характеристик: (в соответствии с требованиями методики поверки _____)
6. Дополнительная информация (состояние объекта поверки, сведения о ремонте, юстировке):

**Заключение:** СИ (эталон) соответствует (не соответствует) предъявляемым требованиям и признано (признан) годным (негодным) к применению

Поверку провел _____ _____ _____
ФИО подпись дата

## Библиография

[1] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н (с изменением на 29 апреля 2022 г.)

УДК 621.317.334.2/3.089.6:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: меры индуктивности, меры взаимной индуктивности, методика поверки, эталон индуктивности, средства измерений

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 02.10.2024. Подписано в печать 07.10.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,86.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru