

Новая поверочная схема для средств измерений ИНДУКТИВНОСТИ

М. Д. КЛИОНСКИЙ, Ю. П. СЕМЕНОВ

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева,
С.-Петербург, Россия, e-mail: M.D. Klionsky@vniims.ru

Рассмотрены основные положения нового стандарта на государственную поверочную схему для средств измерений индуктивности, которая распространяется на две области измерений — низкочастотную до 1 МГц и высокочастотную 1—100 МГц. Приведены требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов во всем рабочем диапазоне 40—10⁶ Гц, для них расширены диапазоны погрешности, нестабильности и индуктивности (с 10 Гн до 10 кГн). Указаны основные задачи, решение которых будет способствовать успешному внедрению новой поверочной схемы.

Ключевые слова: индуктивность, поверочная схема, первичный эталон, рабочий эталон.

The principles of the new state verification schedule (SVS) for means measuring inductance are considered. The standard consists of 2 parts: low frequency range up to 1 MHz and high frequency range — from 1 MHz up to 100 MHz. Limits of accuracy and instability are widened for working standards and their inductance value was expanded from 10 H to 10 kH as well. New detailed requirements for working standards metrology features in full frequency range from 40 Hz up to 1 MHz are presented. Main problems for succesful application of the new SVS are indicated.

Key words: inductance, verification schedule, primary standard, working standard, accuracy.

Стандарт на новую государственную поверочную схему (ГПС) для средств измерений (СИ) индуктивности [1] введен в действие с 01.07.2011 г. взамен ГОСТ 8.029—80 в связи с изменением ряда требований, предъявляемых к СИ индуктивности как со стороны отечественной промышленности, так и на международном уровне.

Стандарт, как и прежде, содержит две схемы: ГПС 1 является разработкой ВНИИМ им. Д. И. Менделеева и распространяется на область измерений в диапазоне от низких частот до 1 МГц; ГПС 2 — разработкой СНИИМ и распространяется на высокочастотный диапазон 1—100 МГц. Пересмотр стандарта проведен по нескольким причинам. Выполненные во ВНИИМ исследования термостатированных мер индуктивности показали возможность повышения их стабильности не менее, чем в три раза, в результате чего можно упростить хранение и передачу единицы индуктивности на уровне первичного и вторичных эталонов (ГПС 1), исключив применение трудоемких групповых эталонов равного номинального значения. В состав эталона-копии и эталона сравнения наряду с уже имеющейся мерой индуктивности 10 мГн дополнительно введена мера 100 мГн, что соответствует требованиям современной международной практики. В СНИИМ была создана многозначная мера большой индуктивности, позволяющая расширить диапазон номинальных значений разрядных рабочих эталонов (РЭ) до 10 кГн. Появились высокоточные импортные измерители параметров иммитанса (RLC-метры) с погрешностью прямых измерений на уровне сотых долей процента, а после калибровки — одной сотой процента и менее, и расширенным диапазоном измерений до 10 МГн (хотя неопределенность нормируется до 10 кГн). Это

позволяет использовать их как эталонные СИ 1-го разряда, в качестве которых ранее применяли только меры. Вместе с тем за прошедшие годы уменьшилось количество предприятий, заинтересованных в измерениях индуктивности, прекратился выпуск отечественных измерителей и мер индуктивности. В связи с этим было решено в ГПС 1 сократить количество разрядов эталонных СИ с трех до двух при одновременном расширении диапазонов погрешности и измеряемых величин. Кроме того, анализ многолетних результатов поверки показал целесообразность увеличения допускаемой нестабильности разрядных мер индуктивности с $0,7\Delta_0$ до $0,9\Delta_0$, где Δ_0 — предел допускаемой погрешности меры. При этом нормы на значение Δ_0 остаются прежними, так как фактическая погрешность мер индуктивности в основном определяется их нестабильностью. Нижняя граница частотного диапазона рабочих СИ снижена до 10 Гц, что соответствует техническим характеристикам современных измерителей иммитанса. Количество разрядов (три) в ГПС 2 по предложению СНИИМ оставлено без изменений.

Таблица 1

Предел допускаемой относительной погрешности определения действительного значения индуктивности рабочих (вторичных) эталонов, %, при различных частотах

Номинальное значение или диапазон	40—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
10—50 мкГн	—	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1
100—500 мкГн	0,02	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
1—5 мГн	0,02	0,01	0,03	0,04	0,05	—
10 мГн	0,02	0,005	0,03	0,04	0,05	—
20—50 мГн	0,02	0,01	0,03	0,04	—	—
100 мГн	0,02	0,005	0,03	0,04	—	—
200 мГн	0,02	0,01	0,03	0,04	—	—
1 Гн	0,02	0,01	—	—	—	—
10 Гн	0,02	0,02	—	—	—	—

Таблица 2
Пределы допускаемой относительной погрешности определения действительного значения индуктивности РЭ 1-го и 2-го разрядов, %, при различных частотах

Номинальное значение или диапазон	0,3—1 МГц									
	40—100 Гц	1 кГц	10 кГц	30 кГц	100 кГц	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда
10—50 нГн	РЭ 1-го разряда —	РЭ 2-го разряда —	РЭ 1-го разряда —	РЭ 2-го разряда —	РЭ 1-го разряда (0,3+0,002L) нГн	РЭ 2-го разряда (0,3+0,005L) нГн	РЭ 1-го разряда (0,3+0,003L) нГн	РЭ 2-го разряда (0,3+0,01L) нГн	РЭ 1-го разряда (0,3+0,003L) нГн	РЭ 2-го разряда (0,3+0,01L) нГн
100—500 нГн	—	—	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн
1—5 мкГн	—	—	0,5	1,0	0,5	1,0	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
100—500 мкГн	0,03	0,1	0,03	0,1	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	—	—
10 мГн	0,03	0,1	0,01	0,03	0,06	0,2	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 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	—	—	—	—	—	—	—	—

П р и м е ч а н и е. Для диапазонов 10—50 и 100—500 нГн нормируется абсолютная погрешность; L — измеряемое значение индуктивности.

Наряду со стандартом [1] во ВНИИМ разработаны и согласованы со СНИИМ новые требования к метрологическим характеристикам (МХ) рабочих (вторичных) эталонов и разрядных РЭ во всем рабочем диапазоне частот 40—10⁶ МГц (табл. 1, 2). Прежде вторичные эталоны применяли только при частоте 1 кГц (в табл. 1 выделены полужирным шрифтом), поэтому требования к их МХ при других частотах отсутствовали, в то время как разрядные РЭ и раньше эксплуатировали во всем частотном диапазоне. Требования к МХ для разрядных РЭ приведены в методиках поверки для мер индуктивности и взаимной индуктивности [2] и мостов переменного тока и аналогичных измерителей [3]. Однако в связи с сокращением количества разрядов и расширением диапазонов измерений (или номинальных значений) указанные выше требования к МХ уже не соответствуют новой ГПС. По этой и другим причинам указанные методики подлежат пересмотру. Поверочным органам до появления новых методик поверки при оценивании погрешностей РЭ следует руководствоваться табл. 1, 2.

В ряде случаев верхняя граница диапазона частот аттестации низкочастотных РЭ оказывается выше значения 1 МГц, смежного для обеих ГПС (например, для мер L-0170-2 и P593 эта граница составляет 3 или 10 МГц). Тогда в свидетельстве о поверке с целью однозначного толкования целесообразно отметить, какой части ГПС соответствует присвоенный разряд РЭ. Например, в строке «... признано годным к применению» указывают «в качестве РЭ 1-го и 2-го разрядов в соответствии с ГОСТ Р 8.732—2011, соответственно части 1 и 2».

Для внедрения и успешного функционирования ГПС должны быть решены следующие основные задачи:

совершенствование и обновление на современной научно-технической базе выработавшего свой 30-летний ресурс государственного первичного эталона единицы индуктивно-

сти предыдущего поколения ГЭТ 15—79. Разработка теоретической и экспериментальной баз перехода к воспроизведению единицы индуктивности на основе квантового сопоставления Холла [4];

сокращение количества разрядов РЭ с трех до двух в высокочастотной схеме и приведение ее в соответствие с системой передачи единицы при низких частотах. Это позволит исключить ситуации, когда один эталон имеет различные разряды в рамках одной и той же поверочной схемы;

пересмотр методик поверки [2, 3] с целью приведения их в соответствие с новой ГПС.

Новая ГПС отражает современные тенденции в области создания и выпуска СИ индуктивности, а именно: появление цифровых измерителей параметров иммитанса, имеющих расширенные диапазоны и повышенную точность измерений, и сокращение общего количества СИ индуктивности в стране. Разработанные требования к МХ рабочих (вторичных) эталонов и разрядных РЭ позволяют проводить поверку мер и измерителей индуктивности с учетом требований новой ГПС.

Л и т е р а т у р а

1. **ГОСТ Р 8.732—2011.** ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности.
2. **МИ 1985—89.** Рекомендация. ГСИ. Меры индуктивности и взаимной индуктивности. Методика поверки.
3. **ГОСТ Р 8.686—2009.** ГСИ. Мосты переменного тока уравновешенные. Методика поверки.
4. **24th meeting** of the General Conference on Weights and Measures (2011). Resolution 1.

Дата принятия 28.01.2013 г.

621.316.8

Электрические параметры делителей напряжения на основе тонкопленочных резисторов

А. Н. ЛУГИН

Научно-исследовательский институт электронно-механических приборов, Пенза, Россия,
e-mail: niiemp@rambler.ru

Рассмотрены основные электрические схемы и параметры резисторных делителей напряжения и схем отношения, изготовленных по тонкопленочной технологии. Показана взаимосвязь коэффициентов деления и отношения, а также их отклонений.

Ключевые слова: тонкопленочная технология, набор резисторов, делитель напряжения, температурные характеристики.

The basic electrical circuits and parameters of thin-film resistor voltage dividers manufactured according to thin-film technology are considered. The interconnection of coefficients of the division and the relationship and of their deviations is shown.

Key words: thin-film resistor, resistors set-up, voltage divider, division and relationship, temperature characteristics.

Тонкопленочные резисторы (ТПР) нашли широкое применение в технике благодаря своим высоким электрическим и эксплуатационным характеристикам, а также совместимости с конструктивным исполнением и технологией монтажа современных полупроводниковых микросхем. Они удовлетворяют жестким требованиям, предъявляемым к совре-

менной электронике, особенно в сфере цифровой техники, высокочастотной аппаратуры [1] и цифроаналогового преобразования сигналов.

Особое место в тонкопленочном резисторостроении занимают наборы резисторов. Благодаря положительным свойствам групповой технологии изготовления резисторы