Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____ А.Н. Пронин
«07» февраля 2018 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Измерители иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300

Методика поверки
МП 2202-0072-2018

Руководитель лаборатории
государственных эталонов в области измерения
параметров электрических цепей

_____ Ю.П. Семенов

Разработчик
_____ Е.В. Кривицкая

Санкт-Петербург
2018

Содержание

1 Операции и средства поверки 3
2 Требования безопасности 4
3 Условия поверки 4
4 Подготовка к поверке 4
5 Проведение поверки 5
5.1 Внешний осмотр 5
5.2 Опробование. Подтверждение соответствия ПО 5
5.3 Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала 5
5.4 Определение метрологических характеристик R, L, C и D 5
6 Оформление результатов поверки 7
Приложение А 9
Приложение Б 13

Настоящая методика поверки распространятся на измерители иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300, изготовитель – «Good Will Instrument Co., Ltd», Тайвань, предназначенные для измерения параметров пассивных элементов электрической цепи (полное сопротивление, полная проводимость, активное и реактивное сопротивления и проводимость, емкость, индуктивность, фазовый угол, тангенс угла потерь, добротность) по последовательной и параллельной схемам замещения.

Настоящая методика устанавливает методы и средства периодической поверки измерителей иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300.

Допускается проведение периодической поверки измерителей в ограниченном количестве диапазонов или измеряемых величин на основании заявки потребителя в соответствии с приказом Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г., с обязательным указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

Интервал между поверками - 1 год.

1 Операции и средства поверки

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные операции и средства поверки

Наименование операции	Средства поверки и их нормативные технические характеристики	Номер пункта методики
Внешний осмотр Опробование Подтверждение соответствия ПО	Визуально Меры электрического сопротивления Р3030, диапазон измерений 1 Ом, 10 Ом и 1 кОм, погрешность (δ) измерений (0,005 – 0,02) %	5.1 5.2
Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала	Частотомер электронносчетный Ч3-36, диапазон измерений 10 Гц – 50 МГц, относительная погрешность измерений ± $2{,}5 \cdot 10^{-7}$	5.3
Определение относительной погрешности измерений электрического сопротивления (R), емкости (C), индуктивности (L) и абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь (D)	Меры электрического сопротивления МС3080М, диапазон измерений 0,1 Ом, погрешность (δ) измерений (0,01 – 0,02) %; Меры электрического сопротивления Р3030, Н2-1, диапазон измерений 1 Ом – 1 МОм, δ δR= ± (0,005 – 0,02) %; Меры электрического сопротивления Р4015, Р4016, Р4017, диапазон измерений 100 кОм – 10 МОм, δR = (0,005 – 0,05) %; Составная мера сопротивления по ГОСТ Р 8.686-2009 R=100 кОм, 1 и 10 МОм, δR= ±(0,05 — 0,2) %; Многозначная мера (магазин) электрического сопротивления Р4830/1 (или Р3026-2) R=5 кОм, δR= ±0,05 %; Меры емкости: Р597 C=0,1 нФ – 1 мкФ, δC =± (0,02 – 0,05) %; КМЕ-101 C= 10 пФ, δC =±(0,05) %; Е1-3 C=100 пФ – 1 нФ, δC =± (0,02 – 0,05) %; Магазин емкости М1000, C= 100 – 1000 мкФ, δC= ±(0,05 - 0,1) %; Меры индуктивности Р5101-Р5115, Р596, L=10 мкГн – 1 Гн, δL=±(0,02-0,05) %; Меры индуктивности Р593, L=10 нГн – 100 мГн, δL= ± (0,03 - 1) %;	5.4

	Составные меры индуктивности по ГОСТ Р 8.686-2009 значением 10 и 100 Гн, $\delta L = \pm(0{,}03 - 0{,}05)$ %; Вариометр потерь ВТУП-1А, $D = 5 \cdot 10^{-5} - 0{,}1$; С=1 нФ, $\Delta D = \pm(0{,}005\ D + 1 \cdot 10^{-4})$; Меры емкости и тангенса угла потерь МПЕТ-1А, С= 10 нФ – 1 мкФ, $D = 1 \cdot 10^{-4}$-1, $\delta C = \pm(0{,}02 - 0{,}1)$ % $\Delta D = \pm(0{,}005\ D + 1 \cdot 10^{-4})$	

Таблица 2 – Вспомогательные средства измерений и устройства

Наименование	Обозначение	Диапазон измерений	Погрешность
Прибор комбинированный температура, °С влажность, % атмосферное давление, гПа	Testo 622	 минус 10 - +60 10 – 95 300-1200	 ±0,4 ±3 ±5
4-х зажимный измерительный экранированный кабель*	4 BNC – 4 BNC	*l*=1 м	-
Калибратор режимов короткого замыкания	«Short»	-	-
Калибратор холостого хода	«Open»	-	-
Примечание: Допускается проводить поверку без использования измерительного кабеля, если у используемый при поверки СИ имеется возможность подключения непосредственно к выводам измерителя			

1.2 Допускается применение других средств измерений, обеспечивающих определение метрологических характеристик измерителей иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300 с требуемой точностью.

1.3 Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2 Требования безопасности

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия обеспечения безопасности:

- перед использованием прибора следует убедиться, что изоляция проводов не повреждена, и проводящие части нигде не оголены;
- провода и насадки должны быть в рабочем состоянии, чистые и без поврежденной изоляции.

3 Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С	20 ± 1
- атмосферное давление, кПа	84 – 106
- относительная влажность, %, не более	70

4 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- поверяемые измерители иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300 должны быть подготовлены к работе в соответствии с технической документацией;
- применяемые средства измерений, испытательное оборудование должны быть подготовлены в соответствии с их технической документацией;
- уровень тест-сигнала (напряжение переменного тока) устанавливается 1 В, режим измерений Slow, если не указано иное.

5 Проведение поверки

5.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- исправность корпуса, органов управления;
- наличие четкой маркировки.

5.2 Опробование. Подтверждение соответствия ПО

5.2.1 Включают измеритель и устанавливают режим измерений R_s, L_s (для номинальных значений 1 и 10 Ом) и R_p, C_p (для номинального значения 1 кОм), частота 1 кГц.

5.2.2 Подключают поочередно меры электрического сопротивления Р3030 значением 1 Ом, 10 Ом и 1 кОм. Проверяют, чтобы значение электрического сопротивления на экране измерителя соответствовало номинальным значениям сопротивления мер. Если одно из значений не фиксируется на дисплее, прибор бракуют.

5.2.3 Подтверждение соответствия ПО

5.2.3.1 Подтверждение соответствия ПО осуществляется путем определения его идентификационных данных.

При включении прибора во время самокалибровки на дисплее появляется информация об измерителе. Проверяют (визуально) наименование измерителя и версию ПО.

5.2.3.2 При необходимости дополнительно проводят:

- определение номера версии программного обеспечения встроенного ПО;
- определение номера версии программного обеспечения автономного ПО.

Для получения актуального значения версии встроенного ПО на главной экранной форме нажимают кнопку «SYSTEM», после чего выбирают вкладку «SYSTEM INFO». На данной вкладке представлена информация о измерителе, его версия, а также версия ПО.

Для получения актуального значения версии автономного ПО в открывшемся окне ПО выбирают вкладку «About». В открывшемся диалоговом окне отображена информация о программе.

Результаты считаются положительными, если версия ПО не ниже 1.1.

5.3 Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала

5.3.1 Погрешность установки частоты тест-сигнала определяют с помощью частотомера. Частотомер подключают к выводу «H Forse» измерителя при помощи кабеля с разъемами BNC. Измерения проводят для частот, приведенных в таблице 3. Погрешность установки частоты тест-сигнала не должна превышать ±0,01 %.

Таблица 3

	Значение				
	LCR-76002	LCR-76020	LCR-76100	LCR-76200	LCR-76300
Значение частоты, кГц	0,05; 0,1; 1; 2	0,05; 0,1; 1; 10; 20	0,05; 0,1; 1; 10; 100	0,05; 0,1; 1; 10; 100; 200	0,05; 0,1; 1; 10; 100; 300

5.4 Определение метрологических характеристик R, L, C и D

5.4.1 Погрешность измерений измерителей параметров иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300 определяют на постоянном токе и в нормальной области частот, приведенной в таблице 4.

Таблица 4

Наименование измерителя	Диапазон частот	Нормальная область частот
LCR-76002	10 Гц – 2 кГц	50 Гц – 1 кГц
LCR-76020	10 Гц – 20 кГц	50 Гц – 10 кГц
LCR-76100	10 Гц – 100 кГц	50 Гц – 100 кГц
LCR-76200	10 Гц – 200 кГц	50 Гц – 100 кГц
LCR-76300	10 Гц – 300 кГц	50 Гц – 300 кГц
Примечание: в зависимости от особенностей применения измерителей по запросу потребителя основную погрешность допускается определять при других частотах из частотного диапазона измерителя		

5.4.2 Измеряемые параметры R, L, C, D определяют в нормальных диапазонах и при частотах, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Наименование измерителя	R	L	C	D
LCR-76002	**0,1 Ом – 100 кОм** (постоянный ток); **1 Ом – 10 МОм** (50 Гц, 1 кГц)	**100 мкГн – 1 мГн** (1 кГц); **10 мГн – 10 Гн** (100 Гц, 1 кГц); **100 Гн** (50 Гц, 100 Гц, 1 кГц)	**100 пФ** (1 кГц); **1 нФ** (100 Гц, 1 кГц); **10 нФ – 100 мкФ** (50 Гц, 1 кГц); **1 мФ** (50 Гц)	**$1 \cdot 10^{-3}$ – 1** (50 Гц, 1 кГц) при емкости 10 нФ, 1 мкФ
LCR-76020	**0,1 Ом – 100 кОм** (постоянный ток); **1 Ом – 10 МОм** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц)	**10 мкГн** (10 кГц); **100 мкГн – 1 мГн** (1 кГц, 10 кГц); **10 мГн – 100 мГн** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **1 Гн - 10 Гн** (100 Гц, 1 кГц); **100 Гн** (50 Гц, 100 Гц, 1 кГц)	**10 пФ** (10 кГц); **100 пФ** (1 кГц, 10 кГц); **1 нФ** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **10 нФ – 1 мкФ** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **10 мкФ – 100 мкФ** (50 Гц, 1 кГц); **1 мФ** (50 Гц)	**$1 \cdot 10^{-3}$** (50 Гц, 1 кГц); **$1 \cdot 10^{-2}$ – 1** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц) при емкости 10 нФ, 1 мкФ
LCR-76100; LCR-76200	**0,1 Ом – 100 кОм** (постоянный ток); **1 Ом – 1 МОм** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **10 МОм** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц)	**10 мкГн** (10 кГц, 100 кГц); **100 мкГн – 1 мГн** (1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **10 мГн** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **100 мГн** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц) **1 Гн - 10 Гн** (100 Гц, 1 кГц); **100 Гн** (50 Гц, 100 Гц, 1 кГц)	**10 пФ** (10 кГц); **100 пФ** (1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **1 нФ** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **10 нФ – 100 нФ** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **1 мкФ** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **10 мкФ – 100 мкФ** (50 Гц, 1 кГц); **1 мФ** (50 Гц)	**$1 \cdot 10^{-3}$** (50 Гц, 1 кГц); **$1 \cdot 10^{-2}$** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **$1 \cdot 10^{-3}$ – 1** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц) при емкости 10 нФ, 1 мкФ
LCR-76300	**0,1 Ом – 100 кОм** (постоянный ток); **1 Ом – 1 МОм** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **10 МОм** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц)	**10 мкГн** (10 кГц, 100 кГц, 300 кГц); **100 мкГн – 1 мГн** (1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 300 кГц); **10 мГн** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **100 мГн** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц) **1 Гн - 10 Гн** (100 Гц, 1 кГц); **100 Гн** (50 Гц, 100 Гц, 1 кГц)	**10 пФ** (10 кГц); **100 пФ** (1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 300 кГц); **1 нФ** (100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 300 кГц); **10 нФ – 100 нФ** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц); **1 мкФ** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **10 мкФ – 100 мкФ** (50 Гц, 1 кГц); **1 мФ** (50 Гц)	**$1 \cdot 10^{-3}$** (50 Гц, 1 кГц); **$1 \cdot 10^{-2}$** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц); **$1 \cdot 10^{-3}$ – 1** (50 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц) при емкости 10 нФ, 1 мкФ
Примечание: в зависимости от особенностей применения измерителей по запросу потребителя допускается выбирать другие измеряемые параметры из диапазона измерений измерителя				

5.4.3 Соотношение погрешности между эталонными средствами измерений и поверяемыми измерителями при измерении R, L, C, не должно превышать 1:3, при измерении D не должно превышать 1:1,5 (при $D=2 \cdot 10^{-4} – 1 \cdot 10^{-5}$) и 1:3 (при $D>2 \cdot 10^{-4}$).

5.4.4 Начальное уравновешивание измерителей проводится с использованием калибратора режимов короткого замыкания и холостого хода в соответствии с технической документацией изготовителя с тем типом кабеля и присоединительного устройства, которые используются для определения погрешности.

5.4.5 Погрешности по R определяют для значений сопротивления, кратных 10^n Ом, где n= от 0 до 7 (целое число) при измерениях на постоянном токе; где n= от 0 до 7 (целое число) при частотах, указанных в таблице 5. Дополнительно (при необходимости) определяют погрешность при значении, близком к середине диапазона («5000...») на поддиапазоне измерений с минимальной погрешностью при f=1 кГц при помощи ММЭС Р4830/1 (Р3026-2).

Меры сопротивления МС3080М и Р3030 подключают подключают по 4-х зажимной схеме с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC с использованием переходных устройств. Меры сопротивления Н2-1 подключают с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC.

Меры сопротивления Р4015, Р4016, Р4017, ММЭС Р3026-2 (или Р4830/1), составную меру значением 100 кОм, 1 и 10 МОм подключают по 3-х зажимной схеме с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC с использованием переходных устройств.

5.4.6 Погрешность по С определяют для значений, кратных 10^n Ф, где n= от -11 до -3 (целое число) при частотах, указанных в таблице 5.

Однозначные меры емкости КМЕ-101 подключают к измерителю с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC и двух «тройников» СР-50-95ФВ (или аналогичных).

Меры емкости Е1-3 подключают с помощью стандартных кабелей и устройства присоединительного Е1-3, входящего в состав набора мер. При этом начальное уравновешивание измерителя производят с данным присоединительным устройством.

Меры емкости Р597, магазин емкости М1000 подключают с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC с использованием переходных устройств.

5.4.7 Погрешность по L определяют для значений, кратных 10^n Гн, где n= от -5 до 2 (целое число) при частотах, указанных в таблице 5.

Меры индуктивности подключают к измерителю с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC с использованием переходных устройств.

5.4.8 Погрешность по D определяют для значений $1 \cdot 10^{-3}$; $1 \cdot 10^{-2}$; $1 \cdot 10^{-2}$ и 1 при емкости и частотах, приведенных в таблице 5. Измерения проводят при помощи мер емкости и тангенса угла потерь МПЕТ-1А (при этом начальное уравновешивание измерителя производят с входящим в комплект присоединительным устройством) и вариометра потерь ВТУП-1А. Определение погрешности по D при других значениях емкости при необходимости проводят одновременно с определением погрешности по С.

5.4.9 Абсолютную погрешность измерений по D определяют по формуле:

$$\Delta = A - A_\partial \quad (1)$$

где A - показания измерителя при измерении D;

A_∂ – действительное значение измеряемой величины.

Относительную погрешность измерений, в процентах, по R, L, C определяют по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{A_\partial} \cdot 100 \quad (2)$$

где A_∂ – действительное значение эталонной меры.

Относительная погрешность по R, L, C и абсолютная погрешность по D в зависимости от измерительной частоты и диапазона измерений не должны превышать значений, рассчитанных по формулам погрешности с использованием коэффициентов. Порядок расчета допускаемой погрешности, вид формулы расчета и используемые коэффициенты указаны в приложении Б.

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты поверки измерителей иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300 оформляют свидетельством.

Свидетельстве о поверке оформляется в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.06.2015 № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

При проведении поверки оформляется протокол измерений по форме, указанной в приложении А.

6.2 Измерители иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300, не удовлетворяющие требованиям настоящей МП, к применению не допускаются. На них выдается извещение о непригодности в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.06.2015 № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

6.3 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Приложение А

Рекомендуемая форма протокола поверки измерителей иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300
(на примере измерителя иммитанса LCR-76300)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____ от _____ г.

Наименование прибора, тип	Измеритель иммитанса LCR-76300
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по ОЕИ	
Заводской номер	
Изготовитель	
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	20 ± 1	
Относительная влажность, %	не более 70	
Атмосферное давление, кПа	84 - 106	

Результаты поверки:
1. Внешний осмотр:_____
2. Опробование:_____
3. Идентификация ПО:_____
4. Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала

Таблица 1

Номинальное значение устанавливаемой частоты, кГц	Погрешность измерений, %	
	Фактическая	Допускаемая
0,05		±0,01
0,1		
1		
10		
100		
300		

5. Определение метрологических характеристик R, L, C и D

Таблица 2

Номинальное значение измеряемого параметра	Условия измерений, частота	Погрешность измерения, %	
		Фактическая	Допускаемая
Сопротивленне на постоянном токе (0,1 Ом – 100 кОм)			
0,1 Ом	Уровень сигнала 1 В		±0,05
1 Ом	Уровень сигнала 1 В		±0,05
10 Ом	Уровень сигнала 1 В		±0,05
100 Ом	Уровень сигнала 1 В		±0,05
1 кОм	Уровень сигнала 1 В		±0,05
10 кОм	Уровень сигнала 1 В		±0,05
100 кОм	Уровень сигнала 1 В		±0,05
Сопротивление на перемеином токе (1 Ом – 10 МОм)			
1 Ом	50 Гц		±0,6
	1 кГц		±0,4
	10 кГц		±0,5
	100 кГц		±2
10 Ом	50 Гц		±0,15
	1 кГц		±0,15
	10 кГц		±0,3
	100 кГц		±1,4
100 Ом	50 Гц		±0,1
	1 кГц		±0,3
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
1 кОм	50 Гц		±0,1
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
10 кОм	50 Гц		±0,1
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
100 кОм	50 Гц		±0,15
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,3
	100 кГц		±1,6
1 МОм	50 Гц		±0,4
	1 кГц		±0,2
	10 кГц		±0,4
	100 кГц		±2
10 МОм	50 Гц		±3
	1 кГц		±2
	10 кГц		±2
Индуктивность (10 мкГн – 100 Гн)			
10 мкГн	10 кГц		±0,6
	100 кГц		±1,4
	300 кГц		±4,4
100 мкГн	1 кГц		±0,5
	10 кГц		±0,3
	100 кГц		±1,4
	300 кГц		±4,4
1 мГн	1 кГц		±0,2
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
	300 кГц		±4,4

10 мГн	100 Гц		±0,15
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,05
	100 кГц		±1,4
100 мГн	100 Гц		±0,08
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,2
1 Гн	100 Гц		±0,08
	1 кГц		±0,09
10 Гн	100 Гц		±0,08
	1 кГц		±0,09
100 Гн	50 Гц		±0,13
	100 Гц		±0,08
	1 кГц		±0,2
Емкость (10 пФ – 1 мФ)			
10 пФ	10 кГц		±0,4
100 пФ	1 кГц		±0,3
	10 кГц		±0,3
	100 кГц		±1,4
	300 кГц		±4,4
1 нФ	100 Гц		±0,3
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
	300 кГц		±4,4
10 нФ	50 Гц		±0,2
	1 кГц		±0,1
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
100 нФ	50 Гц		±0,1
	100 Гц		±0,08
	1 кГц		±0,09
	10 кГц		±0,2
	100 кГц		±1,4
1 мкФ	50 Гц		±0,1
	1 кГц		±0,09
	10 кГц		±0,2
10 мкФ	50 Гц		±0,1
	1 кГц		±0,1
100 мкФ	50 Гц		±0,1
	1 кГц		±0,2
1 мФ	50 Гц		±0,2
Примечание: Пределы допускаемой погрешности рассчитаны для следующих условий: уровень тест-сигнала 1 В, скорость измерения Slow, длина измерительного кабеля 1 м			

Таблица 2

Номинальное значение тангенса угла потерь, 10^{-4}	Номинальное значение емкости	Частота, кГц	Погрешность измерения, 10^{-4}	
			Фактическая	Допускаемая
Тангенс угла потерь ($1 \cdot 10^{-4}$ - 1)				
10	10 нФ	1		±10
	1 мкФ	0,05		±10
		1		±9
100	10 нФ	1		±10
		10		±20
	1 мкФ	0,05		±10
		1		±9
10^3	10 нФ	1		±10
		10		±20
		100		±140
	1 мкФ	0,05		±10
		1		±9
10^4	10 нФ	1		±10
		10		±20
		100		±140
	1 мкФ	0,05		±10
		1		±9
Примечание: Допускаемая погрешность рассчитана для следующих условий: уровень тест-сигнала 1 В, скорость измерения Slow, длина измерительного кабеля 1 м.				

На основании результатов поверки выдано свидетельство о поверке № _____ от _____ г.

Поверку провел

Приложение Б

Расчет пределов допускаемой погрешности измерителей иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300

Таблица Б1 – Пределы допускаемой погрешности измерителей иммитанса LCR-76002, LCR-76020, LCR-76100, LCR-76200, LCR-76300

Показатели назначения	Значение характеристики
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений (A_e) по Z, R_S, R_P, C_S, C_P, L_S, L_P, %	$A_e = \pm\left\lfloor A \cdot A_r + \left(K_a + K_b + K_f\right)\cdot 100 + K_L \right\rfloor \cdot K_C$ *
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (D_e) по D: если D ≤0,1 если D >0,1	$D_e = \pm\left(A_e/100\right)$ $D_e = \pm\left(A_e/100\right)\cdot\left(1+D\right)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (Q_e) по Q: если $Q \cdot D_e < 1$	$Q_e = \pm\dfrac{Q^2 \cdot D_e}{1 \pm Q \cdot D_e}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (θ_e) по θ, градус	$\theta_e = \pm\dfrac{180}{\pi}\cdot\dfrac{A_e}{100}$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений по R_{dc}, %	±0,05**

* где A – базовая погрешность (см. рисунок Б1); A_r – поправочный коэффициент по уровню тест-сигнала (см. рисунок Б2); K_a, K_b – коэффициенты коррекции импеданса (см. таблицу Б2); K_f – коэффициент коррекции «open/short»; K_L – коэффициент длины кабеля; K_C – коэффициент зависимости от температуры (указаны в таблице Б3).

Если при измерениях D ≥ 0,1; Q ≥ 0,1, пределы допускаемой погрешности A_e следует умножить на $\sqrt{1+D^2}$ (при измерении C и L) или на $\sqrt{1+Q^2}$ (при измерении R).

** в диапазоне электрического сопротивления от 0 до 312 кОм. Свыше 312 кОм погрешность не нормируется

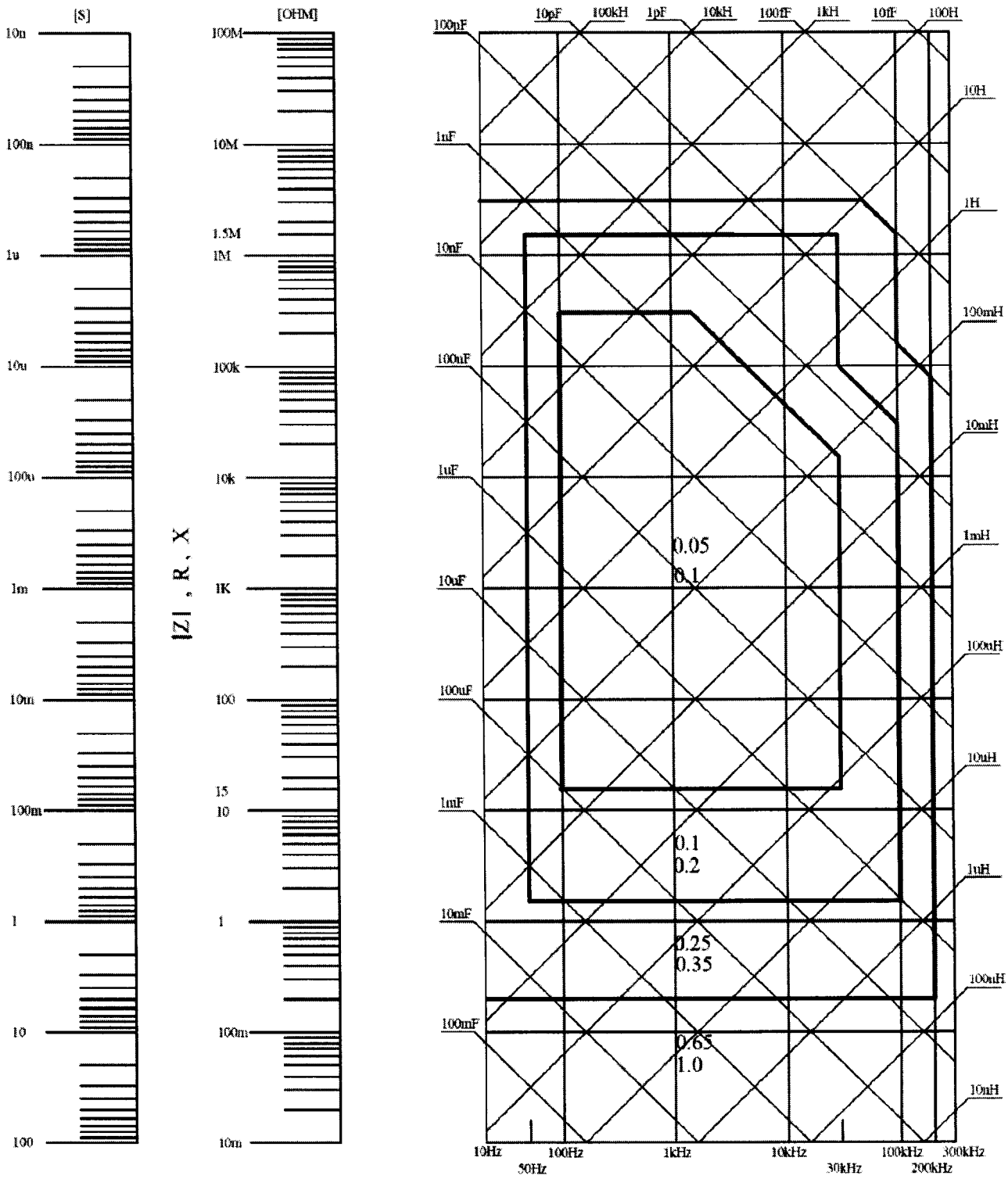

Рисунок Б1 – Базовая погрешность А, где верхнее значение погрешности для режимов «Slow» и «Medium», нижнее — для «Fast»

В случае попадания значения базовой погрешности А на границу двух различных значений, выбирается наименьшее.

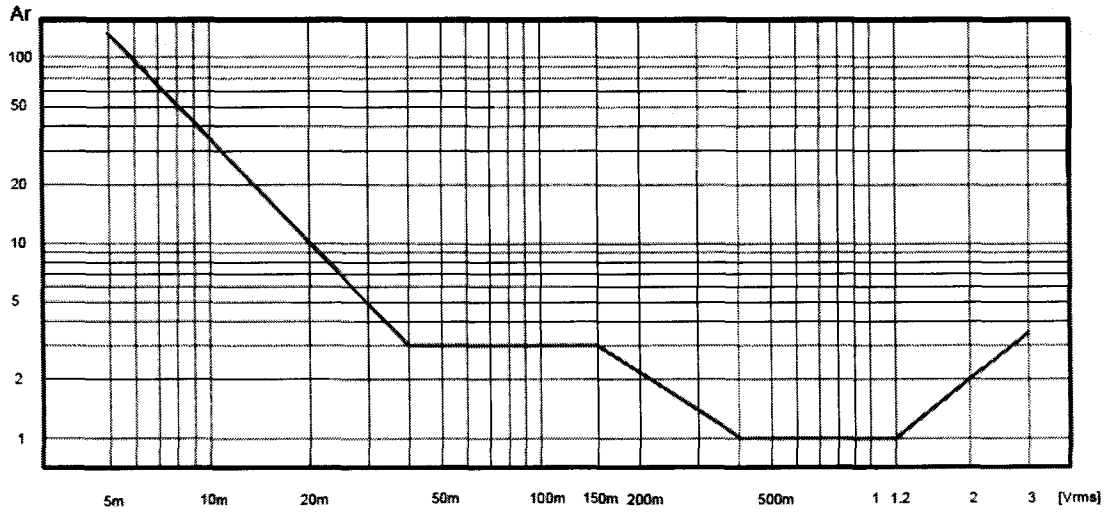

Рисунок Б2 – Поправочный коэффициент A_r по уровню тест-сигнала (напряжению)

Таблица Б2 — Значения коэффициентов коррекции импеданса K_a и K_b

Режимы измерения	Частота измерений	K_a	K_b
«Slow» «Medium»	$f_m < 100$ Гц	$\left(\frac{1\cdot10^{-3}}{\lvert Z_m\rvert}\right)\cdot\left(1+\frac{200}{V_s}\right)\cdot\left(1+\sqrt{\frac{100}{f_m}}\right)$	$\lvert Z_m\rvert\cdot\left(1\cdot10^{-9}\right)\cdot\left(1+\frac{70}{V_s}\right)\cdot\left(1+\sqrt{\frac{100}{f_m}}\right)$
	100 Гц $\le f_m <$ 100 кГц	$\left(\frac{1\cdot10^{-3}}{\lvert Z_m\rvert}\right)\cdot\left(1+\frac{200}{V_s}\right)$	$\lvert Z_m\rvert\cdot\left(1\cdot10^{-9}\right)\cdot\left(1+\frac{70}{V_s}\right)$
	$f_m \ge 100$ кГц	$\left(\frac{1\cdot10^{-3}}{\lvert Z_m\rvert}\right)\cdot\left(2+\frac{200}{V_s}\right)$	$\lvert Z_m\rvert\cdot\left(3\cdot10^{-9}\right)\cdot\left(1+\frac{70}{V_s}\right)$
«Fast»	$f_m < 100$ Гц	$\left(\frac{2{,}5\cdot10^{-3}}{\lvert Z_m\rvert}\right)\cdot\left(1+\frac{400}{V_s}\right)\cdot\left(1+\sqrt{\frac{100}{f_m}}\right)$	$\lvert Z_m\rvert\cdot\left(2\cdot10^{-9}\right)\cdot\left(1+\frac{100}{V_s}\right)\cdot\left(1+\sqrt{\frac{100}{f_m}}\right)$
	100 Гц $\le f_m <$ 100 кГц	$\left(\frac{2{,}5\cdot10^{-3}}{\lvert Z_m\rvert}\right)\cdot\left(1+\frac{400}{V_s}\right)$	$\lvert Z_m\rvert\cdot\left(2\cdot10^{-9}\right)\cdot\left(1+\frac{100}{V_s}\right)$
	$f_m \ge 100$ кГц	$\left(\frac{2{,}5\cdot10^{-3}}{\lvert Z_m\rvert}\right)\cdot\left(2+\frac{400}{V_s}\right)$	$\lvert Z_m\rvert\cdot\left(6\cdot10^{-9}\right)\cdot\left(1+\frac{100}{V_s}\right)$

Примечание: где f_m – частота тест-сигнала в герцах; Z_m – значение импеданса измеряемого объекта в омах; V_s - напряжение тест-сигнала в миливольтах.
Если Z_m <500 Ом, то необходимо использовать K_a (K_b можно пренебречь);
Если Z_m >500 Ом, то необходимо использовать K_b (K_a можно пренебречь);
Для значений индуктивности ≤ 3 мкГн при $f_m \ge 2\cdot10^3$ Гц коэффициенты K_a, K_b следует умножить на $f_m/20000$.

Таблица Б3 – Значения коэффициентов K_c, K_f, K_L

Наименование коэффициента	Дополнительные условия	Значения коэффициентов
Коэффициент зависимости от температуры (K_c)	При использовании в диапазоне температур, °С: от 0 до +5 включительно свыше +5 до +8 включительно свыше +8 до +18 включительно свыше +18 до +28 включительно свыше +28 до +38 включительно свыше +38 до +50 включительно	 6 4 2 1 2 4
Коэффициент коррекции «open/short» (K_f)	Выбранная измерительная частота соответствует частоте автоматической настройки «open/short» (см. таблицу Б5)	0
	Выбранная измерительная частота не соответствует частоте автоматической настройки «open/short» (см. таблицу Б5)	0,0003
Коэффициент длины измерительного кабеля (K_L)	Напряжение тестового сигнала ≤1,5 В: длина кабеля, м 0 1 2	 0 $2{,}5\cdot10^{-2}\cdot(1+0{,}5\cdot f_m)$ $5\cdot10^{-2}\cdot(1+0{,}5\cdot f_m)$
	Напряжение тестового сигнала >1,5 В: длина кабеля, м 0 1 2	 0 $2{,}5\cdot10^{-2}\cdot(1+0{,}9\cdot f_m)$ $5\cdot10^{-2}\cdot(1+1{,}1\cdot f_m)$
	где f_m – частота измерительного сигнала в килогерцах	

Таблица Б4 — Частоты автоматической настройки «open/short» в герцах

10	12	15	20	25	30	40	50	60	80
100	120	150	200	250	300	400	500	600	800
1k	1,2k	1,5k	2k[1]	2,5k	3k	4k	5k	6k	8k
10k	12k	15k	20k[2]	25k	30k	40k	50k	60k	80k
100k[3]	120k	150k	200k[4]	300k[5]	-	-	-	-	-

Примечание:
1 - максимальная частота для модели LCR-76002;
2 – максимальная частота для модели LCR-76020;
3 - максимальная частота для модели LCR-76100;
4 – максимальная частота для модели LCR-76200;
5 – максимальная частота для модели LCR-76300.