

**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

М.П. «27» ноября 2018 г.

Заместитель директора
Е.П. Кривцов
Доверенность №17
03 октября 2017г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Измерители иммитанса 7600 Plus

**Методика поверки
МП 2202-0076-2018**

Руководитель лаборатории
государственных эталонов в области измерения
параметров электрических цепей

 Ю.П. Семенов

 Ведущий инженер
Е.В. Кривицкая

г. Санкт-Петербург
2018 г.

Содержание

1	Операции и средства поверки.....	3
2	Требования безопасности.....	4
3	Условия поверки	4
4	Подготовка к поверке	4
5	Проведение поверки	4
5.1	Внешний осмотр.....	4
5.2	Опробование	5
5.3	Подтверждение соответствия ПО.....	5
5.4	Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала	5
5.5	Определение метрологических характеристик R, L, C и D	5
6	Оформление результатов поверки	6
	Приложение А	7
	Приложение Б.....	11

Настоящая методика поверки распространяется на измерители иммитанса 7600 Plus, изготовитель – «IET Labs, Inc.», США, предназначенные для измерения параметров пассивных элементов электрической цепи (полное сопротивление, полная проводимость, активное и реактивное сопротивление и проводимость, емкость, индуктивность, фазовый угол, тангенс угла потерь, добротность) по последовательной и параллельной схемам замещения.

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки измерителей иммитанса 7600 Plus.

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем диапазоне рабочих частот.

Интервал между поверками - 1 год.

Примечание: при пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

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	Визуально	5.1
Опробование	Меры электрического сопротивления однозначные P3030, диапазон измерений 1 Ом, 10 Ом и 1 кОм, погрешность (δ) измерений $\pm(0,005 - 0,02) \%$	5.2
Подтверждение соответствия ПО	Визуально	5.3
Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала	Частотомер электронносчетный ЧЗ-36, диапазон измерений 10 Гц – 50 МГц, относительная погрешность измерений $\pm 2,5 \cdot 10^{-7}$	5.4
Определение относительной погрешности измерений электрического сопротивления (R), емкости (C), индуктивности (L) и абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь (D)	Меры электрического сопротивления однозначные P3030 диапазон измерений 1 Ом – 100 кОм, $\delta R = \pm(0,005 - 0,02) \%$; Набор мер сопротивления образцовые Н2-1 диапазон измерений 1 Ом – 1 МОм, $\delta R = \pm(0,005 - 0,02) \%$; Меры электрического сопротивления измерительные P4015, P4016, P4017, диапазон измерений 100 кОм – 10 МОм, $\delta R = \pm(0,005 - 0,05) \%$; Составные меры сопротивления по ГОСТ Р 8.686-2009 R=100 кОм, 1 и 10 МОм, $\delta R = \pm(0,05 - 0,2) \%$; Меры емкости образцовые P597 C=0,1 нФ – 1 мкФ, $\delta C = \pm(0,02 - 0,05) \%$; Меры малой емкости КМЕ-101 C= 10 пФ, $\delta C = \pm 0,05 \%$; Набор мер емкости образцовые Е1-3 C=100 пФ – 1 нФ, $\delta C = \pm(0,02 - 0,05) \%$; Магазин емкости P5025, C= C= 100 пФ - 100 мкФ, $\delta C = \pm(0,02 - 0,1) \%$; Меры индуктивности P5101-P5115 (P596), L=10 мкГн – 1 Гн, $\delta L = \pm(0,02-0,05) \%$; Меры индуктивности и добротности P593, L=10 мкГн – 100 мГн, $\delta L = \pm(0,03 - 1) \%$;	5.5

	Составные меры индуктивности по ГОСТ Р 8.686-2009 значением 10 и 100 Гн, $\delta L = \pm(0,03 - 0,05) \%$; Меры параметров емкости и тангенса угла потерь МПЕТ-1А, $C = 10$ 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	от -10 до +60 от 10 до 95 от 30 до 120	$\pm 0,4$ ± 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 используемого при поверки СИ имеется возможность подключения непосредственно к выводам измерителя			

Примечание: допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

1.2 Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.

2 Требования безопасности

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия обеспечения безопасности:

- перед использованием измерителя следует убедиться, что изоляция сетевого кабеля не повреждена, и проводящие части нигде не оголены;
- измерительные кабели, разъемы лицевой панели и насадки (переходные устройства) 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 101 ± 4
- относительная влажность, %, не более 75

4 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- поверяемые измерители иммитанса 7600 Plus должны быть подготовлены к работе в соответствии с технической документацией;
- применяемые средства измерений 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 проверить: комплектность, наличие маркировки, отсутствие дефектов корпуса, дисплея, органов управления и разъемов.

5.2 Опробование

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 P3030 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.

5.3 Подтверждение соответствия ПО

5.3.1 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.

Результаты считаются положительными, если версия ПО не ниже 1.1.

5.4 Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала

5.4.1 Погрешность установки частоты тест-сигнала определяют с помощью частотомера. Частотомер подключают к выводу «Н1» измерителя при помощи кабеля с разъемами BNC. Измерения проводят для частот 0,05; 0,1; 1; 10; 100; 1000 и 2000 кГц. Погрешность установки частоты тест-сигнала не должна превышать значений, указанных в таблице А1 приложения А.

5.5 Определение метрологических характеристик R, L, C и D

5.5.1 Погрешность измерений измерителей иммитанса 7600 Plus определяют в нормальной области частот от 50 Гц до 1 МГц.

5.5.2 Измеряемые параметры R, L, C, D определяют в диапазонах измерений и при частотах, указанных в таблицах А2 и А3 приложения А.

5.5.3 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 $D > 2 \cdot 10^{-4}$).

5.5.4 Начальное уравнивание 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.

5.5.5 Погрешности по R определяют для значений сопротивления, кратных 10^n Ом, где n= от 0 до 7 (целое число) при частотах, указанных в таблице А2 приложения А.

Меры сопротивления P3030 подключают по 4-х зажимной схеме с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC с использованием переходных устройств. Меры сопротивления H2-1 подключают с помощью измерительного кабеля 4 BNC – 4 BNC.

Меры сопротивления P4015, P4016, P4017, составные меры 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.

- Составная мера для 100 кОм состоит из двух резисторов (мер) с номинальным значением 1 кОм, включенных последовательно, и резистора (меры многозначной) с номинальным значением 10,2 Ом, включенного в среднюю точку.

- Составная мера для 1 МОм состоит из двух резисторов (мер) с номинальным значением 10 кОм, включенных последовательно, и резистора (меры многозначной) с номинальным значением 102 Ом, включенного в среднюю точку.

- Составная мера для 10 МОм состоит из двух резисторов (мер) с номинальным значением 100 кОм, включенных последовательно, и резистора (меры многозначной) с номинальным значением 1020 Ом, включенного в среднюю точку.

Примечание: допускается использовать другие значения резисторов электрического сопротивления для номинальных значений 100 кОм, 1 МОм и 10 МОм.

5.5.6 Погрешность по C определяют для значений, кратных 10^n Ф, где n= от -11 до -5 (целое число) при частотах, указанных в таблице А2 приложения А.

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 уравнивание измерителя производят с данным присоединительным устройством.

Меры емкости Р597, магазин емкости Р5025 подключают с помощью измерительного кабеля 4 ВНС – 4 ВНС с использованием переходных устройств.

5.5.7 Погрешность по L определяют для значений, кратных 10^n Гн, где n= от -5 до 2 (целое число) при частотах, указанных в таблице А2 приложения А.

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

- Составная мера для 10 Гн состоит из двух резисторов (мер) с номинальным значением 10 кОм, включенных последовательно, и конденсатора (меры) электрической емкости с номинальным значением 100 нФ, включенного в среднюю точку.

- Составная мера для 100 Гн состоит из двух резисторов (мер) с номинальным значением 10 кОм, включенных последовательно, и конденсатора (меры) электрической емкости с номинальным значением 1 мкФ, включенного в среднюю точку.

Примечание: допускается использовать другие значения резисторов электрического сопротивления и конденсаторов электрической емкости для номинальных значений 10 Гн и 100 Гн.

5.5.8 Погрешность по D определяют для значений $1 \cdot 10^{-3}$; $1 \cdot 10^{-2}$; $1 \cdot 10^{-1}$ и 1 при емкости и частотах, приведенных в таблице А3 приложения А. Измерения проводят при помощи мер емкости и тангенса угла потерь МПЕТ-1А (при этом начальное уравнивание измерителя производят с входящим в комплект присоединительным устройством). Определение погрешности по D при других значениях емкости, при необходимости, проводят одновременно с определением погрешности по С.

Примечание: допускается определять погрешность по D при других значениях электрической емкости.

5.5.9 Абсолютную погрешность измерений по D определяют по формуле:

$$\Delta D = D_{\text{изм.}} - D_{\text{д}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{изм.}}$ - показания измерителя при измерении D;
 $D_{\text{д}}$ – действительное значение измеряемой величины.

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

$$\delta = \frac{Z - Z_{\text{д}}}{Z_{\text{д}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $Z_{\text{д}}$ – действительное значение эталонной меры, Z – измеренное значение величины.

Относительная погрешность по R, L, C и абсолютная погрешность по D не должны превышать пределов допускаемой погрешности, указанных в таблицах А2 и А3 приложения А. В случае проведения поверки в других диапазонах измерений, диапазонах частот и другом уровне тест-сигнала и (или) без измерительных кабелей (по требованию заказчика), пределы допускаемой погрешности рассчитываются по формулам, указанным в приложении Б.

6 Оформление результатов поверки

6.1 Положительные результаты поверки измерителей иммитанса 7600 Plus оформляют свидетельством установленной формы.

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

6.2 Измерители иммитанса 7600 Plus, не удовлетворяющие требованиям настоящей МП, к применению не допускаются. На них выдается извещение о непригодности установленной формы.

6.3 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Рекомендуемая форма протокола поверки измерителей иммитанса 7600 Plus

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____ от _____ г.

Наименование прибора, тип	Измеритель иммитанса 7600 Plus
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	75	
Атмосферное давление, кПа	101±4	

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр: _____

2. Опробование: _____

3. Идентификация ПО: _____

4. Определение относительной погрешности установки частоты тест-сигнала

Таблица А1

Номинальное значение устанавливаемой частоты, кГц	Погрешность измерений		
	фактическая	допускаемая	
		в отн. ед.	в %
0,05		±0,002	±0,2
0,1		±0,001	±0,1
1		±0,0002	±0,02
10		±0,0001	±0,01
100			
1000			
2000			

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

Таблица А2

Номинальное значение измеряемого параметра	Схема замещения	Условия измерений, частота	Погрешность измерений, %	
			Фактическая	Допускаемая
Сопротивление на переменном токе (1 Ом – 10 МОм)				
1 Ом	Rs	50 Гц		±0,5
		1 кГц		±0,1
		10 кГц		±0,09
		100 кГц		±0,2
		1 МГц		±0,8
10 Ом	Rs	50 Гц		±0,2
		1 кГц		±0,06
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,08
		1 МГц		±0,3
100 Ом	Rs	50 Гц		±0,2
		1 кГц		±0,05
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,07
		1 МГц		±0,3
1 кОм	Rp	50 Гц		±0,2
		1 кГц		±0,05
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,07
		1 МГц		±0,3
10 кОм	Rp	50 Гц		±0,3
		1 кГц		±0,05
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,07
		1 МГц		±0,3
100 кОм	Rp	50 Гц		±0,3
		1 кГц		±0,06
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,08
		1 МГц		±0,3
1 МОм	Rp	50 Гц		±0,9
		1 кГц		±0,2
		10 кГц		±0,1
		100 кГц		±0,2
		1 МГц		±1,4
10 МОм	Rp	50 Гц		±7,0
		1 кГц		±1,1
		10 кГц		±0,9
Индуктивность (10 мкГн – 100 Гн)				
10 мкГн	Ls	1 кГц		±0,9
		10 кГц		±0,1
		100 кГц		±0,08
		1 МГц		±0,3
100 мкГн	Ls	1 кГц		±0,1
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,07
		1 МГц		±0,3
1 мГн	Ls	1 кГц		±0,06
		10 кГц		±0,05
		100 кГц		±0,07

10 мГн	Ls	1 кГц	±0,05
		10 кГц	±0,05
		100 кГц	±0,07
100 мГн	Ls	1 кГц	±0,05
		10 кГц	±0,05
1 Гн	Ls	100 Гц	±0,09
		1 кГц	±0,05
10 Гн	Ls	100 Гц	±0,1
		1 кГц	±0,05
100 Гн	Ls	100 Гц	±0,08
		1 кГц	±0,1
Емкость (10 пФ – 10 мкФ)			
10 пФ	Cp	1 кГц	±1,7
		10 кГц	±0,2
		100 кГц	±0,1
		1 МГц	±0,3
100 пФ	Cp	50 Гц	±22
		1 кГц	±0,2
		10 кГц	±0,06
		100 кГц	±0,07
1 нФ	Cp	1 МГц	±0,3
		50 Гц	±2,0
		1 кГц	±0,07
		10 кГц	±0,05
10 нФ	Cp	100 кГц	±0,07
		1 МГц	±0,3
	Cs	50 Гц	±0,4
		1 кГц	±0,05
100 нФ	Cp	10 кГц	±0,05
		100 кГц	±0,07
	Cs	1 МГц	±0,6
		50 Гц	±0,2
1 мкФ	Cp	1 кГц	±0,05
		10 кГц	±0,05
	Cs	100 кГц	±0,1
		50 Гц	±0,2
10 мкФ	Cs	1 кГц	±0,05
		10 кГц	±0,07
		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 А3

Номинальное значение тангенса угла потерь	Номинальное значение емкости	Частота, кГц	Погрешность измерений, 10 ⁻⁴	
			Фактическая	Допускаемая
Тангенс угла потерь (1·10⁻³ - 1)				
1·10 ⁻³	10 нФ	1		±5,9
		10		±7,5
		100		±17
	1 мкФ	0,05		±21
		1		±5,9
		10		±7,5
0,01	10 нФ	1		±7,9
		10		±10
		100		±22
	1 мкФ	0,05		±23
		1		±7,9
		10		±10
0,1	10 нФ	1		±29
		10		±36
		100		±65
	1 мкФ	0,05		±41
		1		±29
		10		±36
1	10 нФ	1		±234
		10		±297
		100		±500
	1 мкФ	0,05		±227
		1		±234
		10		±297

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

Расчет пределов допускаемой погрешности измерителей иммитанса 7600 Plus

Таблица Б1 – Пределы допускаемой погрешности измерителей иммитанса 7600 Plus

Показатели назначения	Значение характеристики
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений (A) в режиме измерений «Slow» по Z , R_S, R_P, C_S, C_P, L_S, L_P, X_S, G_P, B_P, Y , %</p> <p>при частотах f ≠ 1 МГц*</p> <p>при f = 1 МГц**</p>	$A = \pm \left[0,025 + \left(\left(0,025 + \frac{0,09}{ Z_m } + (Z_m \cdot 10^{-7}) \right) \cdot \left(\frac{0,2}{v_s} + 0,8 \cdot \frac{v_{fs}}{v_s} + \frac{(v_s - 1)^2}{4} \right) \cdot \left(0,7 + \frac{F_m}{10^5} + \frac{300}{F_m} \right) \right) \right] \cdot K_t$ $A = \pm \left[\frac{A_n}{0,05} \cdot \left(0,067 \cdot \left(0,55 + \frac{0,2}{v_s} + \frac{v_s^2}{4} \right) \right) \cdot \left(\frac{2 \cdot v_{fs} - v_s}{v_{fs}} + (A_n - 0,05) \right) \right] \cdot K_t$
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений (A) в режиме измерений «Medium» по Z , R_S, R_P, C_S, C_P, L_S, L_P, X_S, G_P, B_P, Y , %</p> <p>при частотах f ≠ 1 МГц*</p> <p>при f = 1 МГц**</p>	$A = \pm \left[0,125 + \left(\left(0,125 + \frac{0,1}{ Z_m } + (Z_m \cdot 10^{-6}) \right) \cdot \left(\frac{0,2}{v_s} + 0,8 \cdot \frac{v_{fs}}{v_s} + \frac{(v_s - 1)^2}{4} \right) \cdot \left(0,4 + \frac{F_m}{3 \cdot 10^4} + \frac{300}{F_m} \right) \right) \right] \cdot K_t$ $A = \pm \left[\frac{A_n}{0,05} \cdot \left(0,067 \cdot \left(0,8 + \frac{0,2}{v_s} + \frac{v_s^2}{4} \right) \right) \cdot \left(\frac{2 \cdot v_{fs} - v_s}{v_{fs}} + (A_n - 0,05) \right) \right] \cdot K_t$
<p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений (A) в режиме измерений «Fast» по Z , R_S, R_P, C_S, C_P, L_S, L_P, X_S, G_P, B_P, Y , %</p> <p>при частотах f ≠ 1 МГц*</p> <p>при f = 1 МГц**</p>	$A = \pm \left[0,25 + \left(\left(0,25 + \frac{0,125}{ Z_m } + (Z_m \cdot 10^{-6}) \right) \cdot \left(\frac{0,2}{v_s} + 0,8 \cdot \frac{v_{fs}}{v_s} + \frac{(v_s - 1)^2}{4} \right) \cdot \left(0,4 + \frac{F_m}{10^4} + \frac{400}{F_m} \right) \right) \right] \cdot K_t$ $A = \pm \left[\frac{A_n}{0,05} \cdot \left(0,067 \cdot \left(1 + \frac{0,2}{v_s} + \frac{v_s^2}{4} \right) \right) \cdot \left(\frac{2 \cdot v_{fs} - v_s}{v_{fs}} + (A_n - 0,05) \right) \right] \cdot K_t$
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (D_e) по D:</p>	$D_e = \pm \left[\frac{A}{100} + \frac{ D }{50} \right] \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{F_m}{5 \cdot 10^4}} \right],$ <p>где D – измеренное значение тангенса угла потерь</p>
<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (Q_e) по Q:</p>	$Q_e = \pm \left[\frac{A}{100} + \left[\frac{A}{100} + \frac{1}{50} \right] \cdot Q + Q^2 \cdot \left[\frac{A_n}{100} + \frac{A}{500} \right] \right],$ <p>где Q – измеренное значение добротности</p>

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (θ_e) по θ , градус	$\theta_e = \pm \frac{A}{20} \cdot \left(\frac{180}{\pi} \right)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений (ESR_e) по $ ESR $, Ом	$ESR_e = \pm \left(\frac{A}{100} \right) \cdot Z_m$
Уровень тест-сигнала (напряжение переменного тока в зависимости от частоты), В	от 0,02 до 5
Уровень тест-сигнала (сила переменного тока), мА	от 0,25 до 100
Выходное сопротивление источника сигнала, кОм	0,025; 0,4; 6,4; 100
Нормальные условия: температура окружающей среды, °С относительная влажность, %, не более атмосферное давление, кПа	от +8 до +28 75 100±4

* где A_n – коэффициент базовой погрешности; v_s – тестовое напряжение; z_m – импеданс тестируемого устройства; F_m – тестовая частота; v_{fs} – коэффициент зависимости от тестового напряжения; K_t – коэффициент зависимости от температуры. Значения коэффициентов при различных условиях указаны в таблице Б2.

При измерении C , X_s и V_p если $D > 0,1$, то «А» следует умножить на $\sqrt{1 + D^2}$, где D – измеренное значение тангенса угла потерь;

При измерении R и G_p если $Q > 0,1$, то «А» следует умножить на $\sqrt{1 + Q^2}$, где Q – измеренное значение добротности;

При измерении L если $Q < 10$, то «А» следует умножить на $\sqrt{1 + \frac{1}{Q^2}}$, где Q – измеренное значение добротности;

Погрешность не нормируется при частоте $F_m > 1$ МГц и напряжении $v_s > 0,5$ В; при частоте $F_m > 500$ кГц и напряжении $v_s > 1,0$ В.

**Выражение справедливо при следующих условиях:

$F = 1$ МГц, $C =$ от 100 пФ до 1 нФ, $z_m =$ от 158 Ом до 1,6 кОм, $D, Q < 0,01$, $v_s \leq 1$ В.

Таблица Б2 – Значения коэффициентов K_t , v_{fs} , A_n

Наименование коэффициента	Дополнительные условия	Значения коэффициентов
Коэффициент зависимости от температуры (K_t)	При использовании в диапазоне температур, °С: от +18 до +28 включ. от +8 до +18; св. 28 до 38 включ. от +5 до +8; св. 38 до 45 включ.	1 2 4
Коэффициент зависимости от тестового напряжения (v_{fs})	1,000 В < $v_s \leq 5,000$ В 0,100 В < $v_s \leq 1,000$ В 0,020 В < $v_s \leq 0,100$ В	5,0 1,0 0,1
Коэффициент базовой погрешности (A_n)	Режимы измерений: Fast Medium Slow	0,5 0,25 0,05

Пример расчета допустимой погрешности

Пример расчета допустимой погрешности (на примере значения электрического сопротивления $Z_m = 10$ кОм (10^4 Ом) при частоте $F_m = 1000$ Гц (10^3 Гц). Уровень тест-сигнала (v_s) = 1 В, скорость измерения – **Slow**.

Б.1 Пределы допустимой относительной основной погрешности измерений (A), %:

$$A = \pm \left[0,025 + \left(\left(0,025 + \frac{0,09}{|Z_m|} + (|Z_m| \cdot 10^{-7}) \right) \cdot \left(\frac{0,2}{v_s} + 0,8 \cdot \frac{v_{fs}}{v_s} + \frac{(v_s - 1)^2}{4} \right) \cdot \left(0,7 + \frac{F_m}{10^5} + \frac{300}{F_m} \right) \right) \right] \cdot K_t \quad (1)$$

Б.2 Коэффициент v_{fs} составляет 1,0

Б.3 Коэффициент K_t (для условий испытаний $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$) = 1

Б.4 При подставлении значений коэффициентов в формулу (1) получаем:

$$A = \pm \left[0,025 + \left(\left(0,025 + \frac{0,09}{10^4} + 10^4 \cdot 10^{-7} \right) \cdot \left(\frac{0,2}{1} + 0,8 \cdot \frac{1}{1} + \frac{(1-1)^2}{4} \right) \cdot \left(0,7 + \frac{10^3}{10^5} + \frac{300}{10^3} \right) \right) \right] \cdot 1 = \\ = \pm [0,025 + (0,026 \cdot 1 \cdot 1,01)] \cdot 1 = \pm 0,051 \approx \pm 0,05 \%$$