

**Федеральное государственное унитарное предприятие
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГУП «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «Смарт Энерго»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора ФГУП «ВНИИМС»
по производственной метрологии

Д.Н. Краев
" 24 " 09 2019 г.


Н.В. Иванникова
" 24 " 09 2019 г.


СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ЕМКОСТИ И ТАНГЕНСА УГЛА ПОТЕРЬ TANDO 700

Методика поверки
МП 206.1-102-2019

Настоящая методика поверки распространяется на системы измерения и анализа емкости и тангенса угла потерь TANDO 700 (далее по тексту – системы), изготавливаемые OMICRON electronics GmbH, Австрия, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

На поверку представляются системы, укомплектованные в соответствии с руководством по эксплуатации, и комплект следующей технической и нормативной документации:

- руководство по эксплуатации;
- методика поверки.

Интервал между поверками – 2 года.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

РМГ 51-2002 «ГСИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения»;

Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержден Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. № 1815;

ПР 50.2.012-94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений»;

ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»;

ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения»;

ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний»;

ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;

«Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» 04.08.2014 г.;

«Правила эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Главгосэнергонадзором.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 Поверка проводится в объеме и в последовательности, указанной в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень операций при первичной и периодических поверках

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции	
		первичная поверка	периодическая поверка
1 Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2 Опробование	8.2	Да	Да
3 Определение абсолютной погрешности измерений силы тока	8.3	Да	Да
4 Определение абсолютной погрешности измерений электрической емкости	8.4	Да	Да
5 Определение абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь	8.5	Да	Да
6 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения и частоты переменного тока	8.6	Да	Да

3. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки систем должны применяться основные и вспомогательные средства, указанные в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Основные средства поверки

Наименование	Требуемые технические характеристики		Рекомендуемый тип	Количество	Номер пункта методики поверки
	Диапазон измерения	Погрешность или класс точности			
1	2	3	4	5	6
Меры емкости образцовые	от 1 нФ до 1 мФ	$\pm 0,05 \%$	P597	1	8.4, 8.5, 8.6
Мера электрической емкости и тангенса угла потерь	от 2 до 30 пФ от $1 \cdot 10^{-4}$ до 0,1	$\pm 0,05 \%$ $\pm (3 \cdot 10^{-5} + 0,002 \cdot \text{tg} \delta)$	CA6221D -30-10	1	8.5
Универсальный калибратор	до 1000 В от 5 до 400 Гц до 20 А	0,025% 0,0025% $\pm (0,002 \cdot I_{\text{вых}} + 6,9 \text{ мА})$	Fluke 9100	1	8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6

Таблица 3 - Вспомогательные средства поверки

Наименование	Требуемые технические характеристики		Рекомендуемый тип	Количество	Номер пункта методики поверки
	Диапазон измерения	Погрешность или класс точности			
1	2	3	4	5	6
Измеритель нелинейных искажений	20 Гц - 200 кГц 20 Гц - 1 МГц	20-199,9 Гц $\pm (0,05 \text{ Кгк} + 0,06) \%$; 199,9 Гц-19,9 кГц $\pm (0,05 \text{ Кгк} + 0,02) \%$; 19,9-199,9 кГц $\pm (0,1 \text{ Кгк} + 0,1) \%$; 199,9-1000 кГц	С6-11	1	6.2
Термометр ртутный лабораторный	от 0 до 50 °С	$\pm 1 \text{ °С}$	ТЛ-4	1	6.1
Барометр-анероид метеорологический	от 80 до 106 кПа	$\pm 200 \text{ Па}$	БАММ-1	1	6.1
Психрометр аспирационный	от 10 до 100 %	$\pm 1 \%$	М-34-М	1	6.1

3.2 Для проведения поверки допускается применение других средств, не приведенных в таблицах 2 и 3, при условии обеспечения ими необходимой точности измерений.

3.3 Контрольно-измерительная аппаратура и средства измерений, применяемые при поверке, должны обеспечивать требуемую точность и иметь действующие свидетельства о поверке, калибровке или аттестаты.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускают поверителей из числа сотрудников организаций, аккредитованных на право проведения поверки в соответствии с действующим законодательством РФ, изучивших настоящую методику поверки и руководство пользователя/руководство по эксплуатации на аппараты, имеющих стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года.

4.2 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право проведения работ в электроустановках с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правил эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Главгосэнергонадзором.

Должны быть также обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства поверки.

6 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Поверка систем должна проводиться при нормальных условиях применения:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106;
- относительная влажность воздуха, % от 10 до 75.

6.2 Напряжение питающей сети переменного тока частотой 50 Гц, действующее значение напряжения 220 В. Допускаемое отклонение от нормального значения при поверке ± 22 В. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не более 5 %. Остальные характеристики сети переменного тока должны соответствовать ГОСТ 32144-2013.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Средства поверки должны быть подготовлены к работе согласно указаниям, приведенным в соответствующих эксплуатационных документах.

7.2 До проведения поверки поверителю надлежит ознакомиться с эксплуатационной документацией на систему и входящие в ее комплект компоненты.

8 МЕТОДЫ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемой системы следующим требованиям:

- комплектность должна соответствовать данным, приведенным в Руководстве по эксплуатации;
- маркировка и функциональные надписи должны читаться и восприниматься однозначно;
- наружные поверхности корпуса, разъемы, соединительные кабели, ЖКИ-дисплеи и органы управления не должны иметь механических повреждений и деформаций, которые могут повлиять на работоспособность системы.

При несоответствии по вышеперечисленным позициям система бракуется и направляется в ремонт.

8.2 Опробование

8.2.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1. Калибратор Fluke 9100, TANDO 700 reference unit и TANDO 700 test object unit подключите последовательно.

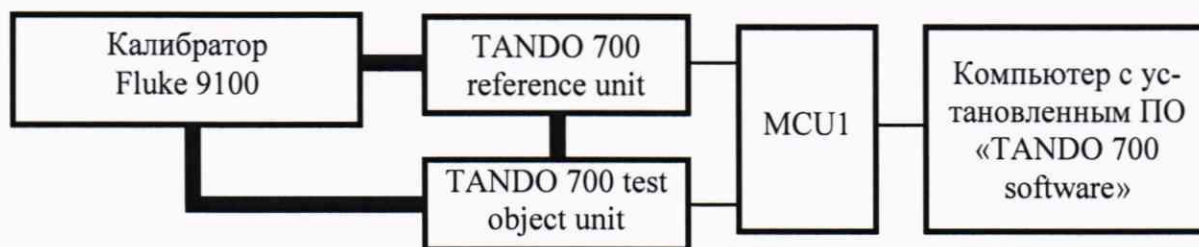


Рисунок 1 - Схема измерений силы переменного тока без использования шунта

8.2.2 Включите калибратор Fluke 9100 (далее – калибратор) в режим воспроизведения силы переменного тока.

8.2.3 На компьютере запустите программу «TANDO 700 software» (далее – ПО). После установления связи со всеми блоками необходимо проверить номер версии программного обеспечения.

8.2.4 В ПО включите для отображения величины $I_{\text{test RMS}}$ и $I_{\text{ref RMS}}$.

8.2.5 Задавайте последовательно с калибратора ток, силой $5 \cdot 10^{-6}$ А; 0,005 А и 1 А. Произведите измерения.

8.2.6 Результаты опробования считаются удовлетворительными, если система производит измерения силы тока и номер версии программного обеспечения не ниже, чем 1.2.0.

8.3 Определение абсолютной погрешности измерений силы тока

8.3.1 Прямые измерения

8.3.1.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 1.

8.3.1.2 Включите калибратор в режим воспроизведения силы переменного тока.

8.3.1.3 На компьютере запустите ПО. В ПО включите для отображения величины $I_{\text{test RMS}}$ и $I_{\text{ref RMS}}$.

8.3.1.4 Задайте с калибратора ток, силой $5 \cdot 10^{-6}$ А. Произведите измерения. Результаты измерений занесите в таблицу 4.

8.3.1.5 Повторите измерения по п. 8.3.1.4 задавая последовательно с калибратора ток, силой указанной в столбце I_{Fluke} таблицы 4.

8.3.1.6 Отключите подачу тока с калибратора.

8.3.1.7 Рассчитайте абсолютные погрешности измерений силы тока по формулам:

$$\Delta I_{\text{test RMS}} = I_{\text{test RMS}} - I_{\text{Fluke}} \quad (1);$$

$$\Delta I_{\text{ref RMS}} = I_{\text{ref RMS}} - I_{\text{Fluke}} \quad (2).$$

Таблица 4 - Результаты определения абсолютной погрешности измерений силы тока при прямых измерениях

$I_{\text{Fluke}}, \text{ A}$	$I_{\text{test RMS}}, \text{ A}$	$I_{\text{ref RMS}}, \text{ A}$	$\Delta I_{\text{test RMS}}, \text{ A}$	$\Delta I_{\text{ref RMS}}, \text{ A}$	$\Delta I_{\text{доп}}, \text{ A}$
$5 \cdot 10^{-6}$					$\pm 0,005 \cdot I_x$
$1 \cdot 10^{-5}$					
$5 \cdot 10^{-5}$					
$1 \cdot 10^{-4}$					
$5 \cdot 10^{-4}$					
$1 \cdot 10^{-3}$					
$5 \cdot 10^{-3}$					
$1 \cdot 10^{-2}$					

$5 \cdot 10^{-2}$				
0,1				
0,5				
1,0				

где:

I_{Fluke} – сила тока воспроизводимая калибратором;

$I_{test\ RMS}$ – сила тока измеряемая по каналу TANDO 700 test object unit;

$I_{ref\ RMS}$ – сила тока измеряемая по каналу TANDO 700 reference unit;

$\Delta I_{ref\ RMS}$ – абсолютная погрешность измерения сила тока по каналу TANDO 700 reference unit;

$\Delta I_{test\ RMS}$ – абсолютная погрешность измерения сила тока по каналу TANDO 700 test object unit;

$\Delta I_{доп}$ – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерений силы тока.

8.3.1.8 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения $\Delta I_{test\ RMS}$ и $\Delta I_{ref\ RMS}$ не превышают $\Delta I_{доп}$.

8.3.2 Измерения с использованием внешнего шунта

8.3.2.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 2.

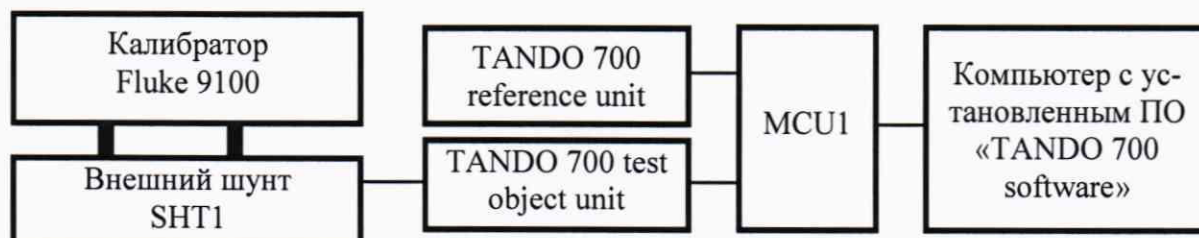


Рисунок 2 - Схема измерений силы переменного тока с использованием шунта

8.3.2.2 Включите калибратор в режим воспроизведения силы переменного тока.

8.3.2.3 На компьютере запустите ПО. В ПО включите для отображения величину $I_{test\ RMS}$.

8.3.2.4 Задайте с калибратора ток силой равной $I_{мин}$ для поверяемой версии шунта (А – 0,1 А; В – 1 А и С – 3 А). Произведите измерения. Результаты измерений занесите в таблицу 5.

8.3.2.5 Повторите измерения по п. 8.3.2.4 задавая последовательно с калибратора ток, силой указанной в столбце I_{Fluke} таблицы 5, но не более 20 А.

8.3.2.6 Отключите подачу тока с калибратора.

8.3.2.7 Рассчитайте абсолютные погрешности измерений силы тока по формуле 1.

Таблица 5 - Результаты определение абсолютной погрешности измерений силы тока при использовании внешнего шунта

I_{Fluke}, A	$I_{test\ RMS}, A$	$\Delta I_{test\ RMS}, A$	$\Delta I_{доп}, A$
$I_{мин}$			$\pm 0,005 \cdot I_x$
$0,25 \cdot I_{НОМ}$			
$0,5 \cdot I_{НОМ}$			
$0,75 \cdot I_{НОМ}$			
$1,0 \cdot I_{НОМ}$			

где:

I_{Fluke} – сила тока воспроизводимая калибратором;

$I_{test\ RMS}$ – сила тока измеряемая по каналу TANDO 700 test object unit;

$\Delta I_{test\ RMS}$ – абсолютная погрешность измерения сила тока по каналу TANDO 700 test object unit;

$I_{ном}$ – номинальный ток для поверяемой версии шунта (А – 4 А; В – 15 А и С – 28 А);

$\Delta I_{доп}$ – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности измерений силы тока.

8.3.2.8 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения $\Delta I_{test\ RMS}$ не превышают $\Delta I_{доп}$.

8.4 Определение абсолютной погрешности измерений электрической емкости

8.4.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 3. В качестве эталонной емкости C_0 включите меру P597 номиналом 100 пФ, а в качестве измеряемой емкости C_x - меру P597 с номиналом 10 пФ.

ВНИМАНИЕ! Все меры должны подключаться по трехзажимной схеме.

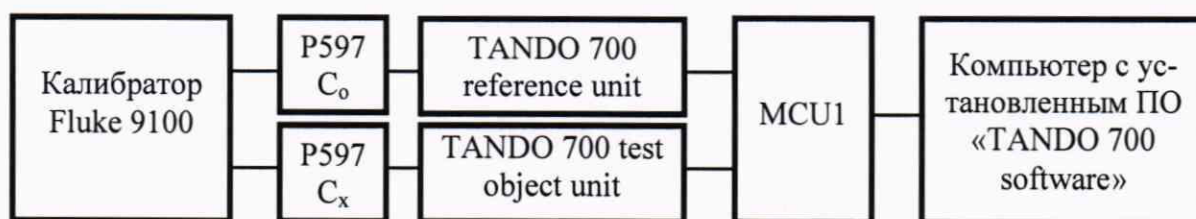


Рисунок 3 - Схема определения абсолютной погрешности измерений электрической емкости

8.4.2 Включите калибратор в режим воспроизведения напряжения переменного тока промышленной частоты.

8.4.3 На компьютере запустите ПО. В ПО включите для отображения величины $\tan\delta$ и C_S .

8.4.4 В ПО введите действительное значение емкости конденсатора P597, используемого в качестве меры C_0 .

8.4.5 Для измеряемой меры C_x запишите в соответствующий столбец таблицы 6 её действительное значение емкости C_m и тангенса угла потерь $\text{tg}\delta_m$.

8.4.6 Задайте напряжение на выходе калибратора равным 100 В частотой 50 Гц.

8.4.7 С помощью поверяемой системы определите значение емкости C_x и $\text{tg}\delta_x$ измеряемой меры.

8.4.8 Результаты измерений занесите в соответствующий столбец таблицы 6.

8.4.9 Повторите операции по п.п. 8.4.5 - 8.4.8, подключая в качестве измеряемой емкости меры с номиналами 50 и 90 пФ.

8.4.10 В качестве эталонной емкости C_0 включите меру P597 номиналом 1000 пФ.

8.4.11 Повторите операции по п.п. 8.4.4 - 8.4.8, подключив в качестве эталонной емкости C_0 меру P597 номиналом 1000 пФ, а в качестве измеряемой меры емкость P597 номиналами 100, 500 1000, 10000 и 100000 пФ.

ВНИМАНИЕ! Поскольку меры емкости P597 с номиналами ≥ 10 нФ имеют слюдяной диэлектрик, рабочее напряжение при этом не должно превышать 20 В!

Таблица 6 - Результаты измерений электрической емкости

Номинал C_x , пФ	C_m , пФ	$tg\delta_m$	C_x , пФ	$tg\delta_x$	ΔC , пФ	$\Delta tg\delta$
10						
50						
90						
100						
500						
1000						
10000						
100000						

8.4.12 Вычислите значения абсолютных погрешностей измерения емкости и тангенса угла потерь между измеренными и их действительными значениями по формулам:

$$\Delta C = C_x - C_m \quad (3);$$

$$\Delta tg\delta = tg\delta_x - tg\delta_m + tg\delta_0 \quad (4).$$

8.4.13 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения ΔC не превышают $\pm(0,001 \cdot C_x + 0,1 \cdot 10^{-12})$ Ф для модификации Standard, $\pm(0,001 \cdot C_x + 0,05 \cdot 10^{-12})$ Ф для модификации Advanced, а значения $\Delta tg\delta$ не превышают $\pm(0,001 \cdot tg\delta_x + 1,0 \cdot 10^{-4})$ для модификации Standard, $\pm(0,001 \cdot tg\delta_x + 2,0 \cdot 10^{-5})$ для модификации Advanced.

8.5 Определение абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь

8.5.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 4.

8.5.2 В качестве эталонной емкости C_0 включите меру P597 номиналом 100 пФ, а в качестве измеряемой емкости C_x - меру CA6221D-30-10 с номиналом 30 пФ и $tg\delta = 1 \cdot 10^{-4}$.

ВНИМАНИЕ! Все меры должны подключаться по трехзажимной схеме.

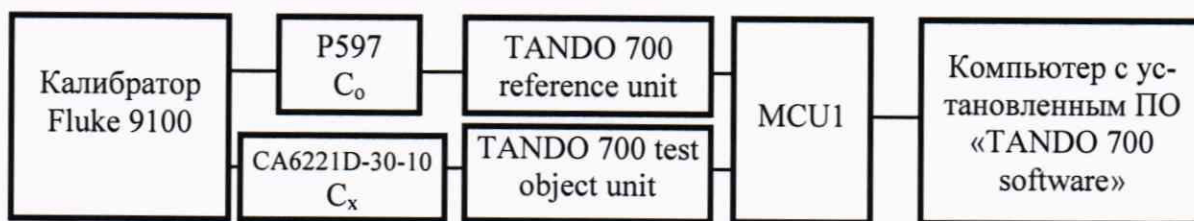


Рисунок 4 - Схема определения абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь

8.5.3 Включите калибратор в режим воспроизведения напряжения переменного тока промышленной частоты.

8.5.4 На компьютере запустите ПО. В ПО включите для отображения величины $\tan\delta$ и C_s .

8.5.5 В ПО введите действительное значение емкости конденсатора P597, используемого в качестве меры C_0 .

8.5.6 Для измеряемой меры C_x запишите в соответствующий столбец таблицы 7 её действительное значение емкости C_m и тангенса угла потерь $tg\delta_m$.

8.5.7 Задайте напряжение на выходе калибратора равное 100 В частотой 50 Гц.

8.5.8 С помощью поверяемой системы определите значение емкости C_x и $tg\delta_x$ измеряемой меры.

8.5.9 Результаты измерений занесите в соответствующий столбец таблицы 7.

8.5.10 Повторите операции по п.п. 8.5.6 - 8.5.9, включая тангенса угла потерь на мере СА6221D-30-10 с номинальными значениями $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-1}$.

Таблица 7 - Результаты измерений тангенса угла потерь

Номинал $\text{tg}\delta_m$	C_m , пФ	$\text{tg}\delta_m$	C_x , пФ	$\text{tg}\delta_x$	ΔC , пФ	$\Delta \text{tg}\delta$
$1 \cdot 10^{-4}$						
$1 \cdot 10^{-3}$						
$1 \cdot 10^{-2}$						
$1 \cdot 10^{-1}$						

8.5.11 Вычислите значения абсолютных погрешностей измерения емкости и тангенса угла потерь между измеренными и их действительными значениями по формулам 3 и 4 соответственно.

8.5.13 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения ΔC не превышают $\pm(0,001 \cdot C_x + 0,1 \cdot 10^{-12})$ Ф для модификации Standard, $\pm(0,001 \cdot C_x + 0,05 \cdot 10^{-12})$ Ф для модификации Advanced, а значения $\Delta \text{tg}\delta$ не превышают $\pm(0,001 \cdot \text{tg}\delta_x + 1,0 \cdot 10^{-4})$ для модификации Standard, $\pm(0,001 \cdot \text{tg}\delta_x + 2,0 \cdot 10^{-5})$ для модификации Advanced.

8.6 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения и частоты переменного тока

8.6.1 Соберите схему, приведенную на рисунке 3.

8.6.2 В качестве эталонной емкости C_0 включите меру P597 номиналом 1000 пФ, а в качестве измеряемой емкости C_x - меру P597 с номиналом 1000 пФ.

8.6.3 Включите калибратор в режим воспроизведения напряжения переменного тока промышленной частоты.

8.6.4 На компьютере запустите ПО. В ПО включите для отображения величины V TRMS и Frequency.

8.6.5 В ПО введите действительное значение емкости конденсатора P597, используемого в качестве меры C_0 .

8.6.6 Задайте напряжение на выходе калибратора 10 В частотой 50 Гц.

8.6.7 С помощью поверяемой системы измерьте значение напряжения U_x и частоты f_x .

8.6.8 Результаты измерений занесите в соответствующий столбец таблицы 8.

8.6.9 Повторите операции по п.п. 8.6.6 - 8.6.8, подавая с калибратора значения напряжений равные 25, 50, 75 и 100 В.

8.6.10 Повторите операции по п.п. 8.6.6 - 8.6.8 подавая последовательно с калибратора значение напряжения равное 100 В частотой 20, 45, 55, 100, 200, 300 и 400 Гц.

8.6.11 Вычислите значение абсолютной погрешности измерений напряжения и частоты переменного тока по формулам:

$$\Delta U = U_x - U_0 \quad (5);$$

$$\Delta f = f_x - f_0 \quad (6).$$

Таблица 8 - Результаты измерений напряжения и частоты

$U_{нз}$, В	10	25	50	75	100	100	100	100	100	100	100	100
$f_{нз}$, Гц	50	50	50	50	50	5	45	55	100	200	300	400
U_x , В												
f_x , Гц												
ΔU , В												
Δf , Гц												

где:

U_n – значение напряжения подаваемое с калибратора;

f_n – значение частоты подаваемое с калибратора;

U_x – значение напряжения измеренное системой TANDO 700;

f_x – значение частоты измеренное системой TANDO 700.

8.6.12 Результаты измерений считаются удовлетворительными, если полученные значения ΔU не превышают $\pm(0,005 \cdot U_x + 1,0)$ В для модификации Standard, $\pm(0,002 \cdot U_x + 1,0)$ В для модификации Advanced, а значения Δf не превышают $\pm 0,000025 \cdot f_x$ для модификации Standard, $\pm 0,00001 \cdot f_x$ для модификации Advanced.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Положительные результаты поверки оформляются свидетельством о поверке согласно требованиям нормативных документов (НД) Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

9.2 При отрицательных результатах поверки свидетельство о поверке не выдается, ранее выданное свидетельство о поверке аннулируется, запись о поверке в паспорте гасится и выдается извещение о непригодности согласно требованиям НД Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Начальник отдела 206.1
ФГУП «ВНИИМС»

С.Ю. Рогожин

Научный сотрудник отдела 206.1
ФГУП «ВНИИМС»

А.В. Леонов