

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



[Handwritten signature]

А.Н. Щипунов

«06» 11 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплекты калибровочные для генераторов импульсов ТФВ 500/1000

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП ТФВ 500/1000 – 2024

р.п. Менделеево
2025 г.

Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	5
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	5
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР.....	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ	6
9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	6
10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	11

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплекты калибровочные для генераторов импульсов TFB 500/1000 (далее – комплекты TFB 500/1000), изготавливаемые фирмой Suzhou 3ctest Electronic Co., LTD, Китай, и устанавливает объём, методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки необходимо руководствоваться эксплуатационной документацией на комплекты «Комплекты калибровочные для генераторов импульсов TFB 500/1000. Руководство по эксплуатации» (далее - TFB 500/1000 РЭ).

1.3 Передача размеров единиц величин при поверке осуществляется методом прямых измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки комплектов TFB 500/1000, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование характеристики	Значения
Делитель напряжения TFB 500	
Рабочий диапазон частот, МГц	от 0 до 400
Коэффициент деления (при работе на нагрузку 1 МОм)*	от 240 до 260
Коэффициент деления (при работе на нагрузку 50 Ом)*	от 480 до 520
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе, не более, %	±1
Неравномерность коэффициента деления, не более, дБ в диапазоне частот: – от 0 до 100 МГц вкл, – св. 100 до 400 МГц	±1 ±3
Входное сопротивление на постоянном токе, Ом	от 49 до 51
Выходное сопротивление на постоянном токе, Ом	от 49 до 51
КСВН входа, не более	2,0
КСВН выхода, не более	2,0
Делитель напряжения TFB 1000	
Рабочий диапазон частот, МГц	от 0 до 400
Коэффициент деления (при работе на нагрузку 1 МОм)*	от 480 до 520
Коэффициент деления (при работе на нагрузку 50 Ом)*	от 960 до 1040
Пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе, не более, %	±1
Неравномерность коэффициента деления, не более, дБ в диапазоне частот: – от 0 до 100 МГц вкл, – св. 100 до 400 МГц	±1 ±3
Входное сопротивление на постоянном токе, Ом	от 980 до 1020
Выходное сопротивление на постоянном токе, Ом	от 49 до 51
КСВН выхода, не более	2,0
* - конкретные значения приведены в формуляре	

1.5 При проведении поверки обеспечена прослеживаемость результатов измерений к государственному первичному эталону ослабления электромагнитных колебаний ГЭТ 193-2011 по Государственной поверочной схеме для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта №3383 от 30 декабря 2019 года.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	Да	Да	7
2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
3 Опробование	Да	Да	8.3
4 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	9
4.1 Определение коэффициента деления и пределов допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе при работе на нагрузку 50 Ом	Да	Да	9.1
4.2 Определение коэффициента деления и пределов допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе при работе на нагрузку 1 МОм	Да	Да	9.2
4.3 Определение входного и выходного сопротивления на постоянном токе	Да	Да	9.3
4.4 Определение КСВН входа делителя напряжения TFB 500 и КСВН выхода делителей напряжения TFB 500 и TFB 1000	Да	Да	9.4
4.5 Определение рабочего диапазона частот и неравномерности коэффициента деления делителей напряжения	Да	Да	9.5
5 Оформление результатов поверки	Да	Да	10

2.2 Первичная поверка предусмотрена до ввода средства измерений в эксплуатацию. Вся последующая поверка средства измерений в процессе его эксплуатации относится к периодической поверке. После ремонта средства измерения периодическая поверка проводится в объеме первичной поверки

2.3 Допускается проведение поверки отдельных автономных блоков, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатирующей организации.

2.4 При получении отрицательных результатов при выполнении операций по п. 9 поверка прекращается до выявления и устранения причин.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверку проводить при условиях:

- температура окружающего воздуха от плюс 15°C до плюс 30 °C;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30% до 80 %.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, имеющие высшее или среднее техническое образование и практический опыт в области радиотехнических измерений, аттестованные на право проведения поверки.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30% до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 2 %.	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18
п. 8 Подготовка к поверке и опробование	Эталон 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц, утвержденной приказом Росстандарта №3383 от 30 декабря 2020 года., диапазон частот от 0,5 до 400 МГц, диапазон измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне частот от минус 60 до минус 45 дБ; пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи $\pm 0,5$ дБ.	Анализатор цепей векторный С2420, рег. № 65960-16
п. 9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Мера напряжения и тока. Максимальное напряжение на выходе 30 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока на выходе $\pm (0,0005 \cdot U + 5 \text{ мВ})$.	Мера напряжения и тока Е3632А, рег. № 26950-04
	Мультиметр цифровой. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения постоянного тока на пределе: 100 мВ: 0,0050 +0,0035.	Мультиметр цифровой 34401А, рег. № 54848-13
	<i>Вспомогательное оборудование</i>	
	Аттенюатор резистивный фиксированный. Величина ослабления 10 дБ. Диапазон частот от 0 до 4 ГГц.	Аттенюатор резистивный фиксированный Д2М-20-10-13Р-13
	Нагрузка согласованная 50 Ом, диапазон частот от 0 до 4 ГГц .	НС3-18-01 50
	Резистор 1,1 МОм 0,25 %.	Резистор С2-29

5.2 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке.

5.3 Допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки следует соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80 и требования безопасности, устанавливаемые эксплуатационной документацией на поверяемые комплекты TFB 500/1000 и используемое при поверке оборудование.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 Перед распаковыванием комплект TFB 500/1000 необходимо выдержать в течение 4 ч в теплом сухом помещении при температуре окружающего воздуха от плюс 15 °С до плюс 25 °С.

7.2 Распаковать комплект TFB 500/1000, произвести внешний осмотр и установить выполнение следующих требований:

- соответствие комплектности и маркировки составных частей комплекта TFB 500/1000 руководству по эксплуатации TFB 500/1000 РЭ;
- отсутствие видимых механических повреждений (в том числе дефектов покрытий), при которых эксплуатация недопустима;
- отсутствие ослабления крепления элементов конструкции;
- отсутствие изломов и повреждений кабелей.

7.3 Результаты поверки считать положительными, если указанные в п. 7.2 требования выполнены, надписи и обозначения маркировки составных частей комплекта TFB 500/1000 имеют четкое видимое изображение.

7.4 В противном случае дальнейшие операции не выполняют, а комплект TFB 500/1000 признают непригодным к применению.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Поверитель должен изучить эксплуатационные документы на поверяемые комплекты TFB 500/1000 и используемые средства поверки.

8.1.2 Перед проведением поверки используемое при поверке оборудование должно быть подготовлено к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на него.

8.2 Произвести контроль условий поверки в соответствии с требованиями, указанными в п 3. (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений).

8.3 Опробование

8.3.1 Опробование выполняется вместе с определением коэффициента деления и пределов допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе при работе на нагрузку 50 Ом (см. п. 9.1).

8.3.2 Результаты опробования считать положительными, если рассчитанные значения коэффициента деления делителя TFB 1000 находятся в диапазоне от 960 до 1040, значения относительной погрешности коэффициента деления находятся в пределах $\pm 1\%$ и рассчитанные значения коэффициента деления делителя TFB 500 находятся в диапазоне от 480 до 520, значения относительной погрешности коэффициента деления находятся в пределах $\pm 1\%$.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение коэффициента деления и пределов допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе при работе на нагрузку 50 Ом

9.1.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.1 с делителем напряжения TFB 1000.



Рисунок 9.1

9.1.2 Установить на мере напряжения и тока E3632A (далее - мера) напряжение 0 В.

9.1.3 Установить на мультиметре режим относительных измерений (кнопка NULL).

9.1.4 Установить на мере напряжение $U_K = 5$ В.

9.1.5 Измерить напряжение на выходе делителя (U_D , В).

9.1.6 Рассчитать коэффициент деления по формуле (1) и результат занести в таблицу 9.1:

$$K = \frac{U_K}{U_D} \quad (1)$$

9.1.7 Рассчитать относительную погрешность коэффициента деления по формуле (2) и результат занести в таблицу 4.2.

$$\delta = \left(\frac{K - K_0}{K_0} \right) \cdot 100 \% \quad (2)$$

где K – рассчитанное значение коэффициента деления;

K_0 – паспортное значение коэффициента деления.

Таблица 9.1

	TFB 1000	TFB 500
U_K , В		
U_D , В		
K		
K_0		
δ , %		
Пределы допускаемых значений δ , % не более	± 1	± 1

9.1.8 Повторить пп. 9.1.1 – 9.1.7 для делителя TFB 500.

9.1.9 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения коэффициента деления делителя TFB 1000 находятся в диапазоне от 960 до 1040, значения относительной погрешности коэффициента деления находятся в пределах ± 1 % и рассчитанные значения коэффициента деления делителя TFB 500 находятся в диапазоне от 480 до 520, значения относительной погрешности коэффициента деления находятся в пределах ± 1 %.

9.2 Определение коэффициента деления и пределов допускаемой относительной погрешности коэффициента деления на постоянном токе при работе на нагрузку 1 МОм

9.2.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.2 с делителем напряжения TFB 1000.



Рисунок 9.2

9.2.2 Повторить пп. 9.1.2 – 9.1.7

9.2.3 Повторить пп. 9.2.1 – 9.2.2 для делителя TFB 500.

9.2.4 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения коэффициента деления делителя TFB 1000 находятся в диапазоне от 480 до 520, значение относительной погрешности коэффициента деления находится в пределах $\pm 1\%$ и рассчитанные значения коэффициента деления делителя TFB 500 находятся в диапазоне от 240 до 260, значение относительной погрешности коэффициента деления находится в пределах $\pm 1\%$.

9.3 Определение входного и выходного сопротивления на постоянном токе

9.3.1 Входное сопротивление делителей напряжения на постоянном токе определяют прямым измерением мультиметром 34401A, включенным в режим измерения сопротивления. При этом к выходу делителей напряжения подключается нагрузка 50 Ом.

9.3.2 Выходное сопротивление делителей напряжения на постоянном токе определяют прямым измерением мультиметром 34401A.

9.3.3 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения входного и выходного сопротивления делителей напряжения не выходят за допустимые значения, указанные в таблице 9.2.

Таблица 9.2

	R _{вх} , Ом измеренное	R _{вх} , Ом Допустимое	R _{вх} , Ом измеренное	R _{вх} , Ом Допустимое
TFB 1000		от 980 до 1020		от 49 до 51
TFB 500		от 49 до 51		от 49 до 51

9.4 Определение КСВН входа делителя напряжения TFB 500 и КСВН выхода делителей напряжения TFB 500 и TFB 1000

9.4.1 Откалибровать анализатор цепей векторный C2420 (далее - анализатор цепей) для работы в режиме измерения КСВН.

9.4.2 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.3.



Рисунок 9.3.

9.4.3 Измерить значения КСВН на частотах: 1, 10, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 МГц. Результаты занести в таблицу 9.3.

Таблица 9.3

Частота F, МГц	1	10	50	80	100	150	200	250	300	350	400
КСВН входа TFB 500											
КСВН выхода TFB 500											
КСВН выхода TFB 1000											
Допустимое значение КСВН	не более 2,0										
Соответствие											

9.4.4 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.4 и повторить п. 9.4.3.



Рисунок 9.4

9.4.5 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.5 и повторить п.9.4.3.



Рисунок 9.5

9.4.6 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения КСВН входа делителя напряжения TFB 500 не превышают 2 и измеренные значения КСВН выхода делителей напряжения TFB 500 и ЭМС НКНП1К-500 не превышают 2 для всех частотных точек.

9.5 Определение рабочего диапазона частот и неравномерности коэффициента деления делителей напряжения

9.5.1 Анализатор цепей откалибровать для измерения коэффициента передачи.

9.5.2 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.6 с делителем напряжения TFB 500.



Рисунок 9.6

9.5.3 Провести измерения коэффициента передачи S_{21} , дБ, на частотах, указанных в таблице 9.4.

Таблица 9.4

Частота, МГц	Значение коэффициента передачи делителя TFB 500, дБ	Неравномерность коэффициента деления, дБ	Допустимое значение неравномерности коэффициента деления, дБ
1	2	3	4
0 (постоянный ток)			±1,0
0,5			
1			
2			
5			
10			
20			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
400			

9.5.4 Рассчитать коэффициент деления делителя напряжения TFB 500 K_1 , дБ, по формуле (3):

$$K_1 = -S_{21}, \quad (3)$$

9.5.5 Рассчитать неравномерность коэффициента деления Δ , дБ, по формуле (4).

$$\Delta = K_1 - K, \quad (4)$$

где K – значение коэффициента деления делителя напряжения TFB 500 на постоянном токе, полученное в п. 9.1 и выраженное в дБ.

9.5.6 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 9.4.

9.5.7 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 9.6 с делителем напряжения TFB 1000.

9.5.8 Провести измерения коэффициента передачи S_{21} , дБ, на частотах, указанных в таблице 9.5.

9.5.9 Рассчитать коэффициент деления делителя напряжения TFB 1000 K_2 , дБ, по формуле (5):

$$K_2 = -S_{21} + 5,58, \quad (5)$$

где 5,58 дБ - коэффициент, учитывающий входное сопротивление делителя напряжения TFB 1000 (1 кОм) при подключении в 50-омную цепь.

9.5.10 Рассчитать неравномерность коэффициента деления Δ , дБ, по формуле (6).

$$\Delta = K_2 - K, \quad (6)$$

где K – значение коэффициента деления делителя напряжения TFB 1000 на постоянном токе, полученное в п. 9.1 и выраженное в дБ.

Таблица 9.5

Частота, МГц	Значение коэффициента передачи делителя TFB 1000, дБ	Неравномерность коэффициента деления, дБ	Допустимое значение неравномерности коэффициента деления, дБ
1	2	3	4
0 (постоянный ток)			±1,0
0,5			
1			
2			
5			
10			
20			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
400			

9.5.11 Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 9.5.

9.5.12 Результаты поверки считать положительными, если рабочий диапазон составляет от 0 до 400 МГц, значение неравномерности коэффициента деления делителей напряжения TFB 500 и TFB 1000 не выходят за пределы ±1,0 дБ в диапазоне от 0 до 100 МГц вкл. и ±3,0 дБ в диапазоне св. 100 до 400 МГц.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

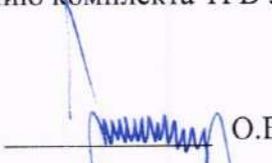
10.1 Комплект TFB 500/1000 признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

10.2 При выполнении поверки комплекта TFB 500/1000 в ограниченном объеме (см п. 2.2) в свидетельстве о поверке комплекта указываются автономные блоки, для которых была произведена поверка.

10.3 Результаты поверки комплектов TFB 500/1000 подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца комплекта TFB 500/1000 или лица, представившего его на поверку, на средство измерений выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт комплекта TFB 500/1000 вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению комплекта TFB 500/1000.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник лаборатории 123
ФГУП «ВНИИФТРИ»


О.В. Каминский


А.Е. Ескин