

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ГЦИ СИ
ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

« 7 » _____ 2015 г.



Анализаторы электрических цепей векторные
E5071C
Методика поверки

651-15-43 МП

р.п. Менделеево

2015 г.

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика распространяется на анализаторы электрических цепей векторные E5071C (далее - анализаторы), компании «Keysight Technologies Microwave Products (M) Sdn.Bhd.», Малайзия.

и устанавливает порядок проведения их первичной и периодической поверки.

1.2 Межповерочный интервал - 1 год.

2 Операции поверки

2.1 При поверке анализаторов выполнить работы в объеме, указанном в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта	Проведение операции при	
		первичной поверке (ввозе импорта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик	8.3	да	да
3.2 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты источника выходного сигнала	8.3.1	да	да
3.3 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала	8.3.2	да	да
3.4 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи S_{21} и S_{12}	8.3.3	да	да
3.5 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения S_{11} и S_{22}	8.3.4	да	да
3.6 Определение уровня собственного шума	8.3.5	да	да
3.7 Идентификация программного обеспечения	8.4	да	да

2.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и прибор бракуется.

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательное оборудование, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Номера пункта документа по методике поверке	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3.1	Частотомер электронно-счётный 53132А, (рег. № 26211-03), (опции 012,124) - частотный диапазон до 12,5 ГГц, погрешность измерения частоты $4 \cdot 10^{-9}$; частотомер электронно-счётный 53152А - частотный диапазон до 46 ГГц, погрешность измерения частоты $5 \cdot 10^{-7}$
8.3.2	Блоки измерительные ваттметров N1914А, (рег. №57386-14) с преобразователями мощности E9304А (рег. № 57387-14) (диапазон частот от 9 кГц до 18 ГГц, погрешность измерения мощности $\pm 2 \%$) и N8485А (рег. № 58375-14) диапазон частот от 0,01 до 26,5 ГГц, погрешность коэффициента калибровки от 0,94 до 2,47 %
8.3.3	Установка для измерения ослабления и фазового сдвига образцовая ДК1-26, (рег. № 38361-08), (диапазон рабочих частот от 100 кГц до 37,5 ГГц, диапазон измеряемых ослаблений от 0 до 140 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ослабления $\pm 0,25$ дБ); аттенуаторы коаксиальные ступенчатые программируемые 8496G (61111-15), частотный диапазон от 0 до 4 ГГц, динамический диапазон 110 дБ, шаг 10 дБ, погрешность разностного ослабления от 0, до 1,8 дБ.
8.3.4	Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85032F (рег. № 53567-13), частотный диапазон от 0 до 9 ГГц, тип N, 50 Ом, пределы допускаемой абсолютной погрешности фазы коэффициента отражения в диапазоне частот от 0 до 9 ГГц $\pm 0,65^\circ$; набор мер коэффициентов передачи и отражения 85052В, частотный диапазон от 0 до 26,5 ГГц, тип 3,5мм, 50 Ом, предел допускаемых значений обратных потерь, в диапазоне частот от 3 до 26,5 ГГц минус 44 дБ

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

3.3 Применяемые средства поверки должны быть утверждённого типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 К проведению поверки анализаторов допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим образованием, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке, допущенный к работе с электроустановками и имеющие право на поверку (аттестованными в качестве поверителей).

5 Требования безопасности

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности и охраны труда в соответствии с действующими нормативными документами.

5.2 К работе с анализаторами допускаются лица, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94, ГОСТ Р 51350-99, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

5.3 При проведении поверки необходимо принять меры защиты от статического напряжения, использовать антистатические заземленные браслеты и заземлённую оснастку. Запрещается проведение измерений при отсутствии или неисправности антистатических защитных устройств.

6 Условия поверки

6.1 Поверку проводить при следующих условиях:

- | | |
|---------------------------------------|----------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | 23 ± 5*; |
| - относительная влажность воздуха, % | от 5 до 70; |
| - атмосферное давление, мм рт. ст. | от 626 до 795; |
| - напряжение питания, В | от 100 до 250; |
| - частота, Гц | от 50 до 60. |

*температура выбирается в соответствии с руководствами по эксплуатации средств поверки. Все средства измерений, использующиеся при поверке анализаторов, должны работать в нормальных условиях эксплуатации.

7 Подготовка к поверке

7.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в документации изготовителя на поверяемый анализатор по его подготовке к работе;
- выполнить операции, оговоренные в РЭ на применяемые средства поверки по их подготовке к измерениям;
- осуществить прогрев приборов для установления их рабочих режимов.

8 Проведение поверки

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, четкость фиксации их положения;
- чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнезд, наличие и целостность печатей и пломб;
- наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются все перечисленные требования. В противном случае анализатор бракуется.

8.2 Опробование

8.2.1 Подключить анализатор к сети, на задней панели нажать тумблер включения питания, на передней панели нажать кнопку включения. На экране анализатора должна появиться информация о загрузке операционной системы и программного обеспечения фирмы-изготовителя. После загрузки операционной системы и программного обеспечения на экране анализатора должно появиться меню управления анализатором.

8.2.2 Результаты опробования считать положительными, если при опробовании не отображается информация об ошибках.

8.3 Определение метрологических характеристик

8.3.1 Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты источника выходного сигнала

8.3.1.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу "PRESET" на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей "ENTER". Подсоединить частотомер к измерительному порту 1 анализатора.

8.3.1.2 Установить анализатор в режим генерации непрерывного сигнала. Для этого в меню "Channel" анализатора выбрать "CW Frequency" и установить частоту сигнала 0,009 МГц (0,1 МГц в случае укомплектования тройниками подачи напряжения смещения).

8.3.1.3 Измеренное значение частоты занести в протокол.

8.3.1.4 Повторить процедуру измерений частоты сигнала для следующих установленных частот: 100 МГц; 1; 3; 4,5; 6; 8,5; 14; 20 ГГц и рассчитать значения относительных погрешностей установки частоты сигнала по формуле (1):

$$\delta_f = (f_r - f_0) / f_r$$

где f_0 - значение частоты сигнала, измеренное частотомером, Гц;

f_r - значение частоты сигнала, установленное на анализаторе, Гц.

8.3.1.5 Результаты поверки считать положительными, если выполняются требования пунктов п.п. 8.3.1.1 и 8.3.1.4 и диапазон рабочих частот анализаторов соответствует: E5071C-240 (440) - от 0,009 до 4500 МГц; E5071C-245 (445) - от 0,1 до 4500 МГц; E5071C-280 (480) - от 0,009 до 8500 МГц; E5071C-285 (485) - от 0,1 до 8500 МГц; E5071C-4D5 - от 0,1 до 14000 МГц; E5071C-4K5 - от 0,1 до 20000 МГц и значения погрешности установки частоты не превышают значений $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ для E5071C-240 (245, 440, 445, 280, 285, 480, 485, 4D5, 4K5) или $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ для E5071C-240 (245, 440, 445, 280, 285, 480, 485) с опцией 1E5.

8.3.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала

8.3.2.1 Измерения выходной мощности произвести с использованием блока измерительного ваттметра N1914A с преобразователями мощности E9304A и N8485A. Подключить ваттметр к измерительному порту 1 проверяемого анализатора. Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу "PRESET" на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей "ENTER".

8.3.2.2 Установить анализатор в режим измерений Su-

8.3.2.3 Установить анализатор в режим генерации непрерывного сигнала. Для этого в меню "Channel" анализатора выбрать "CW Frequency".

8.3.2.4 Последовательно устанавливая следующие значения мощности выходного сигнала: минус 55; минус 30; минус 20; минус 10; 0; 5; 10 дБ/мВт, провести измерения мощности для следующих значений частот: 0,009, 10; 1000; 2000; 3000; 4500; 6000; 8500; 14000; 20000 МГц.

8.3.2.5 Повторить проделанные операции для второго порта, предварительно установив режим измерений S21.

8.3.2.6 Рассчитать абсолютную погрешность установки мощности выходного сигнала как разность между измеренным и установленным значениями мощности.

8.3.2.7 Результаты поверки считать положительными, если диапазон установки мощности выходного сигнала находится в пределах, приведенных в таблице 3:

Таблица 3

Диапазон установки выходной мощности, дБ/мВт (опции 230/235/240/245/260/265/280/285/430/435/440/445/460/465/480/485)	
от 9 кГц до 5 ГГц	от минус 55 до 10
от 5 до 6 ГГц	от минус 55 до 9
от 6 до 7 ГГц	от минус 55 до 8
от 7 до 8,5 ГГц	от минус 55 до 7
Диапазон установки выходной мощности, дБ/мВт (опции 2D5/2K5/4D5/4K5)	
от 300 кГц до 1 МГц	от минус 85 до 8
от 1 МГц до 6 ГГц	от минус 85 до 10
от 6 до 8 ГГц	от минус 85 до 9
от 8 до 10,5 ГГц	от минус 85 до 7
от 10,5 до 15 ГГц	от минус 85 до 3
от 15 до 20 ГГц	от минус 85 до 0
а измеренные значения мощности находятся в следующих пределах:	
Пределы допускаемой относительно погрешности установки мощности, дБ	
Опции 230/235/240/245/260/265/ 280/285/430/435/ 440/445/460/465/480/485	± 0,65 (0 дБ/мВт, 50 МГц)
- весь частотный диапазон	± 1,00
Опции 2D5/2K5/4D5/4K5	± 0,65 (минус 5 дБ/мВт, 50 МГц)
от 300 кГц до 1 МГц	+ 2,0; - 6,0
от 1 до 5 МГц	± 2,0
от 5 МГц до 8,5 ГГц	± 1,0
от 8,5 до 20 ГГц	± 2,5

8.3.3 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи S_{21} и S_{12}

8.3.3.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу "PRESET" на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей "ENTER".

8.3.3.2 Установить анализатор в режим измерений S_{12} .

8.3.3.3 Провести полную двухпортовую калибровку анализатора в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.3.3.4 Провести измерения модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов) на установке ДК1-16 в диапазоне частот от 100 кГц до 8,5 ГГц.

8.3.3.5 Провести измерения модуля коэффициента передачи и фазы коэффициента передачи аттенюаторов (сборки аттенюаторов) из комплекта ДК1-16 (для номинальных значений модуля коэффициента передачи 10, 20, 50, 90 дБ) на следующих частотах: 0,009 0,1; 100; 1000; 2000; 3000; 4500; 6000; 8500; 14000; 20000 МГц.

8.3.3.6 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента передачи, как разность измеренного и действительного значения.

8.3.3.7 Результаты поверки считать положительными, если:

значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи находятся в пределах, приведенных в таблице 4, дБ:

Таблица 4

Неисправленные характеристики, дБ (опции 230/235/240/245/260/265/ 280/285/430/435/ 440/445/460/465/480/485) (Коррекция пользователем-выкл., системная коррекция-вкл.)					
Частотный диапазон	Направленность	Согласование источника	Согласование нагрузки	Коэффициент передачи	Коэффициент отражения
от 9 до 300 кГц	20	20	12	± 1,5	± 1,5
от 300 кГц до 3 ГГц	25	25	17	± 1,0	± 1,0
от 3 до 6 ГГц	20	20	12	± 1,0	± 1,0
от 6 до 8,5 ГГц	15	15	10	± 1,0	± 1,0
Неисправленные характеристики, дБ (опции 2D5/2K5/4D5/4K5) (Коррекция пользователем-выкл., системная коррекция-вкл.)					
Частотный диапазон	Направленность	Согласование источника	Согласование нагрузки	Коэффициент передачи	Коэффициент отражения
от 300 кГц до 1 МГц	20	20	9	± 1,0	± 1,0
от 1 МГц до 1 ГГц	25	25	17	± 1,0	± 1,0
от 1 до 3 ГГц	25	25	15	± 1,0	± 1,0
от 3 до 6 ГГц	20	20	11	± 1,0	± 1,0
от 6 до 8,5 ГГц	15	15	9	± 1,0	± 1,0
от 8,5 до 11 ГГц	15	15	8	± 1,0	± 1,0
От 11 до 20 ГГц	15	15	7	± 1,0	± 1,0
Корректированные характеристики, дБ (опции 230/235/240/245/260/265/ 280/285/430/435/ 440/445/460/465/480/485) (калибровочный набор 85032F (N-тип), ПЧ=10 Гц, усреднение данных отключено, температура окружающей среды 23±5 °С)					
Частотный диапазон	Направленность	Согласование источника	Согласование нагрузки	Коэффициент передачи	Коэффициент отражения
от 9 до 300 кГц	49	41	49	± 0,011	± 0,027
от 300 кГц до 10 МГц	49	41	49	± 0,011	± 0,015
от 10 МГц до 3 ГГц	46	40	46	± 0,021	± 0,018
от 3 до 6 ГГц	40	36	40	± 0,032	± 0,056
от 6 до 8,5 ГГц	38	35	37	± 0,054	± 0,088

8.3.4 Определение абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента отражения S_{11} и S_{22}

8.3.4.1 Провести предварительную установку режима работы анализатора. Для этого нажать на клавишу "PRESET" на передней панели анализатора и подтвердить выбранное действие клавишей "ENTER".

8.3.4.2 Установить анализатор в режим измерений S_{11}

8.3.4.3 Провести полную двухпортовую калибровку анализатора в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.3.4.4 Провести измерения модуля и фазы коэффициента отражения из набора мер коэффициентов передачи и отражения 85032F и 85052B для номинальных значений КСВН: 1,0; 1,2; 1,4; 2,0; 3,0 на следующих частотных точках: 0,009; 0,1; 10; 100; 1000; 2000; 3000; 4000; 4500; 6000; 8500; 14000; 20000 МГц.

8.3.4.5 Рассчитать абсолютную погрешность измерений модуля и фазы коэффициента

отражения, как разность измеренного и действительного значений.

8.3.4.6 Результаты поверки считать положительными, если:

значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента отражения находятся в пределах, приведенных в таблице 5:

Таблица 5

Корректированные характеристики, дБ (опции 2D5/2K5/4D5/4K5) (калибровочный набор 85052D (тип-3,5 мм), ПЧ=10 Гц, усреднение данных отключено, температура окружающей среды 23±5 °С)					
Частотный диапазон	Направленность	Согласование источника	Согласование нагрузки	Коэффициент передачи	Коэффициент отражения
от 300 кГц до 0,5 ГГц	42	37	42	± 0,003	± 0,068
от 0,5 до 2 ГГц	42	37	42	± 0,003	± 0,034
от 2 до 6 ГГц	38	31	38	± 0,004	± 0,100
от 6 до 20 ГГц	36	28	36	± 0,008	± 0,208

8.3.5 Определение уровня собственного шума

8.3.5.1 Определение уровня собственного шума приёмника сигнала анализатора сети

8.3.5.2 Провести предварительные установки на проверяемом анализаторе: диапазон частот 0,09 (0,1) ÷ 4500(8500) МГц; выходная мощность 0 дБ/мВт; полоса фильтра 10 Гц; количество точек 1000; измеряемый параметр S_{21} (S_{12}). Включить маркер статистического анализа. К портам 1 и 2 анализатора присоединить согласованные нагрузки. На экране установить маркер в максимальной точке трассы для следующих участков диапазона частот: от 0,09 (0,1) до 0,3 МГц; от 0,3 до 10 МГц; от 10 МГц до 4,5 (6) ГГц; от 6 до 8,5 ГГц. Выбрать режим «маркер - среднее». Считать с экрана среднее значение уровня собственного шума, соответствующее установленному маркеру.

8.3.5.3 Результаты поверки считать положительными, если измеренные значения не превышают значений, приведенных в таблице 6, дБ/мВт:

Таблица 6

Уровень собственных шумов, дБ/мВт	
Опции 230/235/240/245/260/265/280/285/430/435/ 440/445/460/465/480/485	
от 9 до 300 кГц	минус 97
от 300 кГц до 10 МГц	минус 107
от 10 МГц до 5 ГГц	минус 123
от 5 до 6 ГГц	минус 124
от 6 до 7 ГГц	минус 119
от 7 до 8 ГГц	минус 120
от 8 до 8,5 ГГц	минус 120
Опции 2D5/2K5/4D5/4K5	
от 300 кГц до 1 МГц	минус 97
от 1 до 10 МГц	минус 107
от 10 до 100 МГц	минус 120
от 100 МГц до 6 ГГц	минус 123
от 6 до 8 ГГц	минус 118
от 8 до 8,5 ГГц	минус 120
от 8,5 до 10,5 ГГц	минус 108
от 10,5 до 15 ГГц	минус 107
от 15 до 20 ГГц	минус 106

8.4 Идентификация программного обеспечения

Проверку соответствия заявленных идентификационных данных программного обеспечения (ПО) анализатора проводить в следующей последовательности:

- проверить наименование ПО;
- проверить идентификационное наименование ПО;
- проверить номер версии (идентификационный номер) ПО;
- определить цифровой идентификатор ПО (контрольную сумму исполняемого кода). Для расчёта цифрового идентификатора применяется программа (утилита) «MD5_FileChecker». Указанная программа находится в свободном доступе сети Internet (сайт www.winmd5.com). Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведённым в таблице 7.

Таблица 7

<i>Идентификационные данные (признаки)</i>	<i>Значение</i>
Идентификационное наименование ПО	E5071C Network Analyzers Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже В.12.03
Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки на анализатор выдается свидетельство установленной формы.

9.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый анализатор к дальнейшему применению не допускается. На него выдается извещение о непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин забракования.

Начальник НИО-1
ФГУП «ВНИИФТРИ»



О.В. Каминский

