

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального директора  
- заместитель по научной работе

ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

2024 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**Модули AXIe DPNA-6G**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП 113-23-001**

р.п. Менделеево

2024 г.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на модули АХи DPNA-6G (далее – модули), изготавливаемые ООО Фирма «Информтест», г. Москва, Зеленоград, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Первичной поверке подлежат модули до ввода в эксплуатацию и после ремонта. Периодической поверке подлежат измерители, находящиеся в эксплуатации и на хранении.

Применяемые при поверке эталоны и средства измерений должны обеспечивать прослуживаемость к государственным первичным эталонам единиц величин:

– ГЭТ 1-2022. «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени» в соответствии с Приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022 Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты;

– ГЭТ 193-2011 «Государственный первичный эталон единицы ослабления электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 0 до 178 ГГц» в соответствии с Приказом Росстандарта № 3383 от 30.12.2019 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений ослабления напряжения постоянного тока и электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 20 Гц до 178,4 ГГц;

– ГЭТ 75-2011 «Государственный первичный эталон единицы волнового сопротивления в коаксиальных волноводах» в соответствии с Приказом Росстандарта № 1678 от 16 августа 2023 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений волнового сопротивления, комплексных коэффициентов отражения и передачи в коаксиальных волноводах в диапазоне частот от 0 до 67 ГГц».

1.3 Проверка модулей может осуществляться только аккредитованным на проведение поверки в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации лицом в соответствии с его областью аккредитации.

1.4 При проведении поверки необходимо руководствоваться настоящей методикой и эксплуатационной документацией на модули и на используемое при поверке оборудование. Методика поверки реализуется посредством методов прямых измерений.

1.5 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические характеристики, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон рабочих частот, МГц	от 60 до 6000
Пределы допускаемой относительной погрешности частоты выходного сигнала	$\pm 5 \cdot 10^{-9}$
Уровень мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт)	от -30 до 0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности уровня мощности выходного сигнала, дБ	$\pm 1$
Относительный уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала, дБс, не более:	
- в диапазоне частот от 60 до 1000 МГц включ.	-10
- в диапазоне частот св. 1000 до 4000 МГц включ.	-30
- в диапазоне частот св. 4000 до 6000 МГц включ.	-60

Продолжение таблицы 1

Наименование характеристики	Значение
Относительный уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала, дБс, не более	-35
Диапазон измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН)	от 1 до 5
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений КСВН, %:	
- в диапазоне от 1 до 2 включ.	±5
- в диапазоне св. 2 до 5 включ.	±10
Диапазон измерений модуля коэффициента передачи $ S_{ij} $ , дБ	от -50 до +30*
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи $ S_{ij} $ , дБ	±(0,03 $ S_{ij} $ +0,5)
Диапазон измерений фазы коэффициентов отражения и передачи, градус	от -180 до +180
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения, градус:	
- в диапазоне значений КСВН св. 1,3 до 2,0 включ	±8
- в диапазоне значений КСВН св. 2,0 до 5 включ.	±15
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи, градус	±12
Спектральная плотность мощности фазовых шумов выходного сигнала, дБн/Гц, не более:	
- в диапазоне частот от 60 до 1000 МГц включ.	-95
- в диапазоне частот св. 1000 до 4000 МГц включ.	-85
- в диапазоне частот св. 4000 до 6000 МГц включ.	-80
* При измерении модуля коэффициента передачи более 0 дБ, входная мощность на приемном порту модуля не должна превышать 0 дБ (1 мкВт)	

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки измерителя должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – 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	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Проверка программного обеспечения (далее – ПО)	да	да	9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение диапазона и относительной погрешности частоты выходного сигнала	да	да	10.1
Определение диапазона и абсолютной погрешности уровня мощности выходного сигнала	да	да	10.2
Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала	да	да	10.3
Определение относительного уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала	да	да	10.4
Определение диапазона и относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению, абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения	да	да	10.5
Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи	да	да	10.6
Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного сигнала	да	да	10.7
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.2 При получении отрицательных результатов по любому пункту таблицы 2 поверяемый модуль бракуется и направляется в ремонт.

2.3 Допускается проводить периодическую поверку для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие климатические условия (если не оговорено иное):

- температура окружающего воздуха от плюс 15 °C до плюс 25°C;
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре плюс 25°C, не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

## **4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ**

4.1 Поверка должна осуществляться лицами со средним или высшим техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в области радиотехнических измерений в установленном порядке и имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже третьей.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документами ФТКС.468260.176 РЭ «Модуль AXIe DPNA-6G. Руководство по эксплуатации» (далее – ФТКС.468260.176 РЭ) и ФТКС.468260.176 ПС «Модуль AXIe DPNA-6G. Паспорт» (далее – ФТКС.468260.176ПС).

4.3 Поверка осуществляется одним специалистом.

## **5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ**

5.1 Рекомендуемые средства поверки, в том числе рабочие эталоны и средства измерений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	<u>Вспомогательное оборудование:</u> нагрузка согласованная; нагрузка короткого замыкания; нагрузка холостого хода	Набор мер коэффициентов передачи и отражения ZV-Z135
10.1 Определение диапазона и относительной погрешности частоты выходного сигнала	Частотомер с диапазоном измеряемых частот от 60 до 6000 МГц.  Стандарт частоты, соответствующий требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 2360 от 26.09.2022.	Частотомер универсальный СНТ-90XL, рег. № 41567-09; Стандарт частоты рубидиевый FS 725, рег. № 31222-06
10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности уровня мощности выходного сигнала	Ваттметр с диапазоном рабочих частот от 60 до 6000 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm 1$ дБ.	Ваттметр СВЧ с блоком измерительным NRP и преобразователем измерительным NRP-Z21, рег. № 32262-06
10.3 Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала	Анализатор спектра с диапазоном рабочих частот от 60 до 12000 МГц с диапазоном измерений мощности от минус 150 до $+ 30$ дБ (1мВт), пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений мощности $\pm(0,24+N)$ дБ, где $N$ – неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ);	Анализатор спектра N9040B, рег. № 67210-17
10.4 Определение относительного уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала	неравномерность АЧХ относительно опорной частоты 50 МГц от $\pm 0,24$ дБ	
10.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного сигнала		

Продолжение таблицы 3

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.5 Определение диапазона и относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению, абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения	<p>Нагрузка согласованная диапазоном частот от 60 до 6000 МГц, соответствующий требованиям к рабочим эталонам в соответствии с Приказом Росстандарта №1678 от 16.08.2023 г.</p> <p>Мера короткого замыкания</p> <p>Нагрузка рассогласованная с диапазоном частот от 60 до 6000 МГц, с номинальным значением КСВН 1,2 и 2, соответствующий требованиям к рабочим эталонам в соответствии с Приказом Росстандарта №1678 от 16.08.2023 г.</p> <p>Аттенюатор фиксированный с ослаблением 3 дБ</p>	<p>Набор калибровочных мер НКММ-13-13Р, рег. № 63453-16</p> <p>Набор мер НЗМ-13, рег. № 70750-18</p> <p>Набор мер комплексного коэффициента передачи ДК2-70, рег. №10692-86</p>
10.6 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи	Аттенюаторы с номинальным значением мер ослаблений 10, 20 и 30 дБ, соответствующий требованиям к рабочим эталонам не ниже 2 разряда в соответствии с Приказом Росстандарта № 3383 от 30.12.2019	Набор мер НЗМ-13, рег. № 70750-18
10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7	Измеритель влажности и температуры в диапазоне температур от +10°C до +35°C, с диапазоном измерений относительной влажности, от 0 до 99 %, с диапазоном измерений абсолютного давления от 840 до 1060 гПа	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-07
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

## 6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на измеритель и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с эксплуатационной документацией.

6.3 Размещение и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

## **7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

7.1 При проведении внешнего осмотра модуля проверить:

- отсутствие механических повреждений и чистоту соединительных разъемов, состояние покрытий;
- наличие знака фирмы-изготовителя модуля, наличие заводского номера модуля и пломб (наклеек);
- комплектность и маркировку на соответствие документам ФТКС.468260.176 РЭ и ФТКС.468260.176 ПС.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если:

- отсутствуют механические повреждения, разъемы целы и чисты;
- знак фирмы-изготовителя модуля, заводской номер модуля и пломбы (наклейки) целы и читаемы;
- комплектность и маркировка соответствует документам ФТКС.468260.176 РЭ и ФТКС.468260.176 ПС.

В противном случае результаты внешнего осмотра считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

## **8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

8.1 Подготовить к работе модуль, крейт AXIe-0, ПЭВМ с установленным программным обеспечением, плату системного интерфейса в соответствии с ЭД на них.

8.2 Разместить крейт и ПЭВМ на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

8.3 Соединить клемму заземления крейта с шиной защитного заземления.

8.4 Собрать рабочее место в соответствии с рисунком 1, для чего:

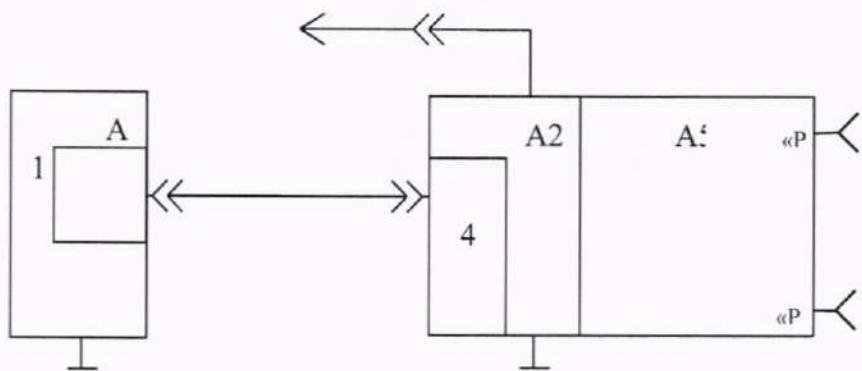
- установить в ПЭВМ плату системного интерфейса;
- установить в крейт модуль системного интерфейса;
- кабелем системного интерфейса соединить плату системного интерфейса с модулем системного интерфейса;
- установить в крейт поверяемый модуль;
- подключить ПЭВМ к сети Ethernet через сетевой коммутатор.

8.5 Включить питание ПЭВМ, убедиться в отсутствии сообщений об ошибках ее самотестирования и загрузки операционной среды.

Включить питание крейта.

8.6 Запустить на ПЭВМ исполнение программы конфигурации ресурсов VISA в соответствии с ФТКС.468260.176РЭ.

8.7 Запустить на исполнение управляющую панель модуля, для чего в панели задач в меню Пуск\Программы\VXIPNP запустить на исполнение программу «DPNA. Управляющая панель», в появившемся окне выбрать испытываемый модуль.



где А1 – ПЭВМ;

А2 - крейт AXIe-0;

А3, А4 - общесистемный интерфейс информационной связи ПЭВМ и крейта AXIe-0, соответствующий спецификациям производителей систем AXIe plug&play;

А5 – модуль AXIe DPNA-6G ФТКС.468260.176;

К1 - кабель питания крейта от сети 220 В;

К2 – патч-корд Ethernet.

Рисунок 1 – Схема подключения проверки работоспособности

8.8 В режиме «Самоконтроль» произвести проверку работоспособности интерфейсной части модуля и схемы управления модуля. Проверку интерфейсной части модуля осуществить путем записи в соответствующие регистры, чтения и анализа контрольной информации. Проверку схемы управления модуля осуществить путем записи в регистры схемы управления модуля, чтения и анализа контрольной информации.

8.9 Запуск проверки работоспособности модуля в режиме «Самоконтроль» осуществить при помощи управляющей панели. Для этого необходимо нажать кнопку «▼» на управляющей панели модуля и во всплывающем окне выбрать пункт «Настройки». В открывшемся окне нажать кнопку «Запустить самоконтроль». После завершения проверки в графе «Статус самоконтроля» будет выдано сообщение о результате проверки.

8.10 Провести полную двухпортовую калибровку модуля в следующей последовательности.

8.10.1 На управляющей панели модуля выполнить следующие действия:

- нажать кнопку «▼»;
- во всплывающем окне выбрать пункт «Панель калибровки»;
- выбрать режим «Калибровка».
- выбрать двухпортовую калибровку и направление распространение сигнала при калибровке S21 (S12);
- в графе «Калибровочный набор» нажать кнопку «Выбрать». В появившемся окне слева из списка выбрать необходимый калибровочный набор.

**Примечание:** при отсутствии в списке необходимого калибровочного набора добавить набор мер при помощи файлов с параметрами в соответствии с ФТКС.468260.176РЭ.

8.10.2 На управляющей панели модуля подменю «Установки» задать следующие значения:

- начальная частота – 60 МГц;
- конечная частота – 6 ГГц;
- количество шагов – 1001;
- время измерения – 10 мс.

8.10.3 Нажать кнопку «Измерить».

8.10.4 По окончании калибровки нажать кнопку «Завершить».

8.11 Результат поверки считать положительными, если:

- после включения питания индикатор подключения сетевого питающего напряжения на передней панели корпуса модуля светится;
- самотестирование модулей проведено успешно;
- при выполнении калибровки сообщения об ошибках отсутствуют.

В противном случае результаты поверки считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

## **9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

9.1 Проверку номера версии и контрольной суммы исполняемого кода (цифрового идентификатора ПО) выполнять в следующей последовательности:

- запустить в ПЭВМ на исполнение управляющую панель модуля, при запуске которой автоматически проверяется целостность и контрольная сумма метрологически значимой части ПО модуля, что свидетельствует о защищенности программного обеспечения от несанкционированного изменения;
- в главном меню открывшейся панели выбрать раздел «Настройки»;
- в открывшемся окне «Версии программы» зарегистрировать идентификационные данные программного обеспечения (идентификационное наименование, номер версии и контрольную сумму метрологически значимой части программного обеспечения, рассчитанной по алгоритму CRC32), отображаемые в окне «Метрологически значимая часть»;
- сравнить зарегистрированные идентификационные данные программного обеспечения с идентификационными данными, записанными в паспорте модуля.

Результаты поверки считать положительными, если полученные идентификационные данные ПО соответствуют сведениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Идентификационные данные метрологически значимой части ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	undpna_32.dll	undpna_64.dll
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0	не ниже 1.0
Цифровой идентификатор ПО	35E36815	2082EB93
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	CRC32	CRC32

## **10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **10.1 Определение диапазона и относительной погрешности частоты выходного сигнала**

10.1.1 Определение диапазона и относительной погрешности частоты выходного сигнала выполнить в следующей последовательности.

10.1.1.1 Собрать схему измерений и подготовить к работе стандарт частоты рубидиевый FS 725 (далее – стандарт частоты), частотомер универсальный CNT-90XL (далее – частотомер), в соответствии с ЭД на них.

10.1.1.2 Включить стандарт частоты и частотомер, дождаться установления рабочего режима стандарта частоты.

10.1.1.3 Установить на частотомере режим измерения частоты по входам A и Channel 2, а также перевести частотомеры в режим работы от внешнего опорного генератора, соединив кабелем BNC-BNC выходы стандарта частоты 10 МГц со входом EXT REF FREQ INPUT частотомера CNT-90XL.

10.1.1.4 Соединить кабелем вход частотомера и порт 1 модуля.

10.1.1.5 На управляющей панели модуля нажать кнопку «Калибровка».

10.1.1.6 В режиме калибровки выбрать режим «Проверка», в качестве источника сигнала выбрать «Генератор, порт 1».

10.1.1.7 В меню «Выбор приемника» выбрать частотомер.

10.1.1.8 На управляющей панели модуля в подменю «Установки» установить следующие параметры:

- начальная частота – 60 МГц;
- конечная частота – 60 МГц;
- время измерения – 10 мс;
- остальные параметры – по умолчанию.

10.1.1.9 Нажать кнопку «Запустить поверку».

10.1.1.10 Зафиксировать в протоколе поверки измеренное значение частоты как  $f_{изм}$ .

10.1.1.11 Повторить операции п.п. 10.1.1.8 – 10.1.1.10 для частот: 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 МГц.

10.1.1.12 Повторить операции п.п. 10.1.1.9 – 10.1.1.11 для порта 2 модуля.

10.1.1.13 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п. 11.1.

Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.1.2 Результаты поверки считать положительными, если в диапазоне рабочих частот от 60 до 6000 МГц относительная погрешность частоты выходного сигнала  $\delta_{отн}$  соответствует п. 11.1.

## **10.2 Определение диапазона и абсолютной погрешности уровня мощности выходного сигнала**

10.2.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности уровня мощности выходного сигнала выполнить в следующей последовательности:

10.2.1.1 Подготовить к работе анализатор спектра N9040A (далее – анализатор спектра) в соответствии с ЭД на него.

10.2.1.2 На управляющей панели модуля выполнить следующие действия:

- нажать кнопку «Калибровка»;
- выбрать «Генератор, порт 1»;
- добавить ваттметр в качестве приемника.

10.2.1.3 Присоединить ваттметр к порту 1 модуля.

10.2.1.4 Установить на управляющей панели модуля следующие параметры:

- уровень выходного сигнала – 0 дБм;
- начальная частота – 60 МГц;
- конечная частота – 60 МГц;
- допуск – 1 дБ.

10.2.1.5 Нажать кнопку «Запустить поверку» на рабочей панели модуля.

10.2.1.6 Зафиксировать максимальные значения воспроизведения мощности выходного сигнала.

10.2.1.7 Измерения провести на частотах 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000, 3200, 3400, 3600, 3800, 4000, 4200, 4400, 4600, 4800, 5000, 5200, 5400, 5600, 5800, 6000 МГц.

10.2.1.8 Повторить операции п.п. 10.2.1.4 – 10.2.1.7 при уровне выходного сигнала минус 30 дБм.

10.2.1.9 Повторить операции п.п. 10.2.1.3 – 10.2.1.8 для порта 2 модуля.

10.2.1.10 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п. 11.2. Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.2.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон уровня мощности выходного сигнала и абсолютная погрешность уровня мощности выходного сигнала соответствует п. 11.2.

## **10.3 Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала**

10.3.1 Определение относительного уровня гармонических составляющих в спектре выходного сигнала выполнить в следующей последовательности:

10.3.1.1 Подготовить к работе анализатор спектра в соответствии с ЭД на него.

10.3.1.2 На управляющей панели модуля установить следующие параметры:

- нажать кнопку «Калибровка»;
- выбрать режим «Проверка»;
- выбрать «Генератор, порт 1»;
- добавить анализатор спектра в качестве приемника;
- в подменю «Установки» установить следующие параметры:
  - количество усреднений – 1;
  - допуск уровня – 16 дБм;
  - начальная частота – 60 МГц;
  - конечная частота – 60 МГц;
  - уровень – 0 дБм;
  - шаг – 100 МГц;
  - смещение опорного уровня – 0 дБм;
  - время измерения – 10 мс.

10.3.1.3 Соединить кабелем SMA-SMA через переход N-SMA вход анализатора спектра и порт 1 модуля.

10.3.1.4 Нажать кнопку «Запустить поверку» на рабочей панели модуля.

10.3.1.5 На передней панели анализатора спектра последовательно нажать кнопку «Meas», в появившемся меню выбрать режим «Harmonics», установить автоматический поиск входной частоты, нажав на передней панели кнопку «Freq», в строке «Fundamental» установить режим «Sense».

10.3.1.7 Зафиксировать в протоколе испытаний максимальный относительный уровень гармонических составляющих как  $A_{\text{гарм}}$ .

10.3.1.8 Повторить операции п.п. 10.3.1.2 – 10.3.1.7 для частот 300, 500, 700, 900, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 4900, 5000, 5500, 6000 МГц.

10.3.1.9 Повторить операции п.п. 10.3.1.2 – 10.3.1.8 для порта 2 модуля.

10.3.1.10 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п. 11.3. Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.3.2 Результаты поверки считать положительными, если относительный уровень гармонических составляющих в выходном сигнале для всех частот и обоих измерительных портов соответствуют п.11.3.

#### **10.4 Определение относительного уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала**

10.4.1 Определение относительного уровня негармонических составляющих в спектре выходного сигнала выполнить в следующей последовательности:

10.4.1.1 Подготовить к работе анализатор спектра в соответствии с ЭД на него.

10.4.1.2 На управляющей панели модуля выполнить следующие действия:

- нажать кнопку «Калибровка»;
- выбрать режим «Проверка»;
- выбрать «Генератор, порт 1»;
- добавить анализатор спектра в качестве приемника;
- в подменю «Установки» установить следующие параметры:
  - количество усреднений – 1;
  - допуск уровня – 16 дБ (1 мВт);
  - начальная частота – 60 МГц;
  - конечная частота – 60 МГц;
  - уровень - 0 дБ (1 мВт);
  - смещение опорного уровня – 0 дБ (1 мВт);
  - время измерения – 10 мс.

10.4.1.3 Соединить кабелем SMA-SMA через переход N-SMA вход анализатора спектра N9040B и порт 1 модуля.

10.4.1.4 Нажать кнопку «Запустить поверку» на рабочей панели модуля. На анализаторе спектра установить дельта-маркер и измерить максимальный относительный уровень негармонических составляющих.

10.4.1.5 Повторить операции п.п. 10.4.1.2 – 10.4.1.4 для частот 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 МГц.

10.4.1.6 Повторить операции п.п. 10.4.1.2 – 10.4.1.5 для порта 2 модуля.

10.4.1.7 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п. 11.4. Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.4.2 Результаты поверки считать положительными, если относительный уровень негармонических составляющих в выходном сигнале для всех частот и обоих измерительных портов соответствует п.11.4.

## **10.5 Определение диапазона и относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению, абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения**

10.5.1 Определение диапазона и относительной погрешности измерений коэффициента стоячей волны по напряжению (далее – КСВН), абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения выполнить в следующей последовательности:

10.5.1.1 На управляющей панели модуля в подменю «Установки» задать следующие значения:

- начальная частота – 60 МГц;
- конечная частота – 60 МГц;
- количество шагов – 1001;
- время измерения – 10 мс.

10.5.1.2 Присоединить меру с номинальным значением КСВН, равным 1,2 к измерительному порту 1 модуля.

10.5.1.3 На управляющей панели модуля установить следующие параметры:

- добавить трассу для измерения  $S_{11}$  в формате КСВН;
- добавить графическое окно для измерения фазы  $S_{11}$ .

**П р и м е ч а н и е :** Измерения фазы коэффициента отражения проводить в диапазоне значений КСВН выше 1,3 до 5,0 включительно.

10.5.1.4 Установить маркеры в частотных точках 0,1; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 ГГц, считать показания маркеров, зафиксировать измеренные значения КСВН и фазы.

Результаты измерений занести в протокол поверки.

**П р и м е ч а н и е :** допускается выбирать иные значения частот в случае несоответствия их точкам поверки используемой нагрузки.

10.5.1.5 Повторить операции п.п. 10.5.1.1 – 10.5.1.4 для мер с номинальным значением КСВН 1,4 и 2,0.

10.5.1.6 Для измерения КСВН 5,0 подключить к 2.1.ZZT.0210.2015 вспомогательный аттенюатор с ослаблением 3 дБ и присоединить к его выходу меру К3. Провести измерения КСВН и фазы коэффициента отражения на частотах 60, 100; 1000; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000 МГц. Зафиксировать измеренные значения в протоколе поверки.

10.5.1.7 Отсоединить вспомогательный аттенюатор с мерой К3 и не изменяя его настройки подключить к измерительному порту 1 модуля.

10.5.1.8 Повторить операции п.п. 10.5.1.1 – 10.5.1.4. Зафиксировать измеренные значения КСВН и фазы коэффициента отражения в протоколе испытаний.

10.5.1.9 Повторить операции п.п. 10.5.1.1 – 10.5.1.8 для измерительного порта 2.

10.5.1.10 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п.п. 11.5, 11.6. Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.5.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон измерений КСВН и рассчитанные значения относительной погрешности измерений КСВН соответствуют

п.11.5, а рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения в диапазоне значений КСВН от 1,3 до 5,0 соответствуют п.11.6.

## **10.6 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи**

10.6.1 Определение диапазона и абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи выполнить в следующей последовательности:

10.6.1.1 Присоединить аттенюатор 20 дБ из набора НЗМ-13 к измерительным portам модуля.

10.6.1.2 На управляющей панели модуля в подменю «Установки» установить следующие параметры:

- начальная частота – 60 МГц;
- конечная частота – 60 МГц;
- количество шагов – 1001;
- время измерения – 10 мс;
- добавить трассу для измерения параметра  $S_{21}$  в логарифмическом масштабе;
- добавить графическое окно для измерения фазы  $S_{21}$ .

10.6.1.3 Наблюдать на экране монитора график зависимости параметра  $S_{21}$  от частоты.

10.6.1.4 Провести измерения на частотах 100; 1000; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000 МГц. Зафиксировать измеренные значения параметра  $S_{ij}$  и фазы коэффициента передачи в протоколе поверки.

10.6.1.5 Повторить операции п.п. 10.6.1.2 – 10.6.1.4 для мер с номинальным значением ослабления 20 и 30 дБ.

10.6.1.6 Повторить операции п.п. 10.6.1.2 – 10.6.1.5 для трассы  $S_{12}$ .

10.6.1.7 Для измерения модуля коэффициента передачи плюс 30 дБ на рабочей панели модуля установить уровень мощности выходного сигнала минус 30 дБ (1 мВт), выполнить полную двухпортовую калибровку в соответствии с п. 4.10.

**В Н И М А Н И Е :** При измерении модуля коэффициента передачи более 0 дБ, входная мощность на приемном порту модуля не должна превышать 0 дБ (1 мкВт).

10.6.1.8 Измерить погрешность коэффициента передачи перехода из калибровочного комплекта в [дБ].

10.6.1.9 Отключить встроенный генератор модуля в соответствии с ЭД.

10.6.1.10 Подключить к порту 2 генератор сигналов E8257D. Синхронизировать с модулем на 10 МГц.

10.6.1.11 Установить на выходе генератора минус 30 дБ (1 мВт).

10.6.1.12 Зафиксировать показания модуля  $P_1$  в [дБ (1 мВт)].

10.6.1.13 Установить на генераторе 0 дБ (1 мВт).

10.6.1.14 Зафиксировать показания модуля  $P_2$  в дБ (1 мВт).

10.6.1.15 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п. 11.7. Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.6.2 Результаты поверки считать положительными, если диапазон модуля и фазы коэффициента передачи и рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений модуля и фазы коэффициента передачи соответствует п.11.7.

## **10.7 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного сигнала**

10.7.1 Определение спектральной плотности мощности фазовых шумов выходного сигнала выполнить в следующей последовательности:

10.7.1.1 На управляющей панели модуля выполнить следующие действия:

- на управляющей панели модуля нажать кнопку «Калибровка»;
- выбрать режим «Проверка»;
- выбрать «Генератор, порт 1»;

- добавить анализатор спектра в качестве приемника;
- в подменю «Установки» установить следующие параметры:
  - количество усреднений – 1;
  - допуск уровня – 16 дБ (1 мВт);
  - начальная частота – 60 МГц;
  - конечная частота – 60 МГц;
  - уровень – 0 дБ (1 мВт);
  - шаг – 100 МГц;
  - смещение опорного уровня – 0 дБ (1 мВт);
  - время измерения – 10 мс.

10.7.1.2 Соединить кабелем SMA-SMA через переход N-SMA вход анализатора спектра и порт 1 модуля.

10.7.1.3 Нажать кнопку «Запустить поверку» на рабочей панели модуля. Перевести анализатор спектра в режим измерения спектральной плотности мощности фазовых шумов и измерить значение шума при отстройке на 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц и 1 МГц.

10.7.1.4 Повторить операции 10.7.1.1 – 10.7.1.3 для частот 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 МГц.

10.7.1.5 Повторить операции 10.7.1.1 – 10.7.1.4 для порта 2 модуля.

10.7.1.6 Провести обработку полученных результатов в соответствии с п. 11.8. Результаты расчета зафиксировать в протоколе поверки.

10.7.2 Результаты поверки считать положительными, если спектральная плотность мощности фазовых шумов выходного сигнала соответствует п.11.8.

## 11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Относительную погрешность установки частоты выходного сигнала  $\delta_{отн}$  вычислить по формуле (1)

$$\delta_{отн} = \frac{|f_{изм} - f_{уст}|}{f_{изм}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $f_{изм}$  – измеренное значение частоты выходного сигнала, ГГц;

$f_{уст}$  – установленное значение частоты выходного сигнала, ГГц.

Результаты поверки считать положительными, если диапазон рабочих частот составил от 60 до 6000 МГц, а относительная погрешность частоты выходного сигнала  $\delta_{отн}$  находится в допускаемых пределах  $\pm 5 \cdot 10^{-9}$ .

11.2 Абсолютную погрешность уровня мощности выходного сигнала  $\Delta P$  вычислить по формуле (2)

$$\Delta P = P_{изм} - P_{уст}, \quad (2)$$

где  $P_{изм}$  – измеренное значение уровня мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт);

$P_{уст}$  – установленное значение уровня мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт).

Результаты поверки считать положительными, если диапазон уровня мощности выходного сигнала составил от минус 30 до 0 дБ (1 мВт), а абсолютная погрешность уровня мощности выходного сигнала для значения 0 дБ (1 мВт) находится в допускаемых пределах  $\pm 1$  дБ. в диапазоне частот от 60 МГц до 6 ГГц.

11.3 Относительный уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала определить методом прямых измерений и сравнения полученных результатов с нормированными значениями.

Результаты поверки считать положительными, если относительный уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала не превышает:

- минус 10 дБс в диапазоне частот от 60 МГц до 1 ГГц;
- минус 30 дБс в диапазоне частот от 1 до 4 ГГц;
- минус 60 дБс в диапазоне частот от 4 до 6 ГГц.

11.4 Относительный уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала определить методом прямых измерений и сравнения полученных результатов с нормированными значениями.

Результаты поверки считать положительными, если относительный уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала не превышает минус 35 дБс.

11.5 Относительную погрешность измерений КСВН вычислить по формуле (3)

$$\delta_{\text{КСВН}} = \frac{\text{КСВН}_{\text{изм}} - \text{КСВН}_{\text{эт}}}{\text{КСВН}_{\text{эт}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $\text{КСВН}_{\text{изм}}$  – измеренное значение КСВН;

$\text{КСВН}_{\text{эт}}$  – значения КСВН в точках ее аттестации.

Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения относительной погрешности КСВН не превышают, %:

- $\pm 5$  в диапазоне КСВН от 1 до 2;
- $\pm 10$  в диапазоне КСВН свыше 2 до 5.

11.6 Абсолютную погрешность измерений фазы коэффициента отражения вычислить по формуле (4)

$$\Delta \arg S_{11(2)} = \arg S_{11\text{изм}} - \arg S_{11\text{эт}}, \quad (4)$$

где  $\arg S_{11\text{изм}}$  – измеренное значение фазы коэффициента отражения, градус;

$\arg S_{11\text{эт}}$  – заданное значение фазы коэффициента отражения, градус.

Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента отражения в диапазоне измерений фазы от минус  $180^\circ$  до плюс  $180^\circ$  находятся в пределах:

- в диапазоне значений КСВН св. 1,3 до 2,0 включ.  $\pm 8^\circ$ ;
- в диапазоне значений КСВН св. 2,0 до 5 включ.  $\pm 15^\circ$ .

11.7 Абсолютную погрешность измерений модуля коэффициента передачи вычислить по формуле (5), абсолютную погрешность измерений фазы коэффициента передачи вычислить по формуле (6).

$$\Delta |S_{ij}| = |S_{ij}|_{\text{изм}} - |S_{ij}|_{\text{эт}} + (P_2 - P_1). \quad (5)$$

$$\Delta \arg S_{ij} = \arg S_{ij\text{изм}} - \arg S_{ij\text{эт}}, \quad (6)$$

где  $|S_{ij}|_{\text{изм}}$  – измеренное значение модуля коэффициента передачи, дБ;

$|S_{ij}|_{\text{эт}}$  – заданное значение модуля коэффициента передачи, дБ;

$P_2$  и  $P_1$  – показания модуля, полученные в соответствии с п. 4.11, дБ (1 мВт);

$\arg S_{ij\text{изм}}$  – измеренное значение фазы коэффициента передачи, градус;

$\arg S_{ij\text{эт}}$  – заданное значение фазы коэффициента передачи, градус.

Результаты поверки считать положительными, если:

- рассчитанные значения абсолютной погрешности измерений модуля коэффициента передачи в диапазоне измерений модуля коэффициента передачи  $|S_{ij}|$  от минус 50 дБ до плюс 30 дБ находятся в допускаемых пределах:

$$\Delta |S_{ij}| = \pm(0,03 \cdot |S_{ij}| + 0,5), \quad (7)$$

где  $\Delta |S_{ij}|$  – абсолютная погрешность измерения модуля коэффициента передачи, дБ;

$|S_{ij}|$  – измеряемое значение модуля коэффициента передачи, дБ;

- значения абсолютной погрешности измерений фазы коэффициента передачи находятся в допускаемых пределах:  $\pm 12^\circ$ .

11.8 Спектральную плотность мощности фазовых шумов выходного сигнала определить методом прямых измерений и сравнения полученных результатов с нормированными значениями.

Результаты поверки считать положительными, если спектральная плотность мощности фазовых шумов выходного сигнала не превышает:

- минус 95 дБн/Гц в диапазоне частот от 60 МГц до 1 ГГц;
- минус 85 дБн/Гц в диапазоне частот от 1 до 4 ГГц;
- минус 80 дБн/Гц в диапазоне частот от 4 до 6 ГГц.

## 12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Модуль признается годным, если в ходе поверки все результаты поверки положительные.

12.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца модуля или лица, предъявившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке.

12.4 Знак поверки в виде наклейки наносится на свидетельство о поверке.

12.5 На основании письменного заявления владельца модуля допускается проводить периодическую поверку для меньшего числа измеряемых величин, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки. Данные ограничения должны быть зафиксированы при оформлении результатов поверки.

12.6 Модуль, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается. На него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования по установленной форме.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник центра - заместитель начальника  
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Инженер лаборатории 113 НИО-1  
ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

И.П. Чирков

О.А. Коновалова