



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ - РОСТЕСТ»  
(ФБУ «НИЦ ПМ - РОСТЕСТ»)

СОГЛАСОВАНО  
Заместитель генерального директора

А.Д. Меньшиков

«15» сентября 2025 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

МОДУЛИ РАСШИРЕНИЯ ЧАСТОТЫ И УРОВНЯ СИГНАЛОВ  
СВЧ ГЕНЕРАТОРОВ EMG-40A

Методика поверки

РТ-МП-1433-441-2025

г. Москва  
2025 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика применяется для поверки модулей расширения частоты и уровня сигналов СВЧ генераторов EMG-40A (далее – модули расширения частоты), используемых в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверки.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача:

- единиц времени и частоты в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 1-2022;

- единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 9 кГц до 37,50 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 26-2010;

- единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 9 ноября 2022 г. № 2813, подтверждающей прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 167-2021;

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по пунктам 10.1 – 10.5 настоящей методики поверки применяется метод прямых измерений.

В результате поверки модулей расширения частоты должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведённые в Приложении А настоящей методики поверки.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения при поверке		Методы поверки (номер пункта)
	первичной	Периодической	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений			10
Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала	Да	Да	10.2
Определение уровня субгармонических составляющих относительно несущей	Да	Да	10.3
Определение параметров импульсной модуляции	Да	Нет	10.4
Определение коэффициента стоячей волны по напряжению выхода	Да	Нет	10.5
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

## 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия, установленные в ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования»:

- температура окружающей среды, °С.....от 18 до 28;
- относительная влажность воздуха, % .....от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) .....от 86 до 106 (от 645 до 795)

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки модулей расширения частоты допускаются специалисты, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве поверителей по радиотехническим средствам измерений, освоившие работу с модулями расширения частоты и применяемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику поверки.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки модулей расширения частоты применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	<p>Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 20 до 25 °C, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры ±0,5 °C</p> <p>Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 30 до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха ±3,0 %</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 86 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений атмосферного давления ±0,2 кПа</p>	Термогигрометры UNITESS THB 1 модификация THB 1B, рег. № 70481-18
п.10 Определение метрологических характеристик средства измерений		
п.10.1	<p>Эталоны единиц времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360 для воспроизведения сигнала опорной частоты 10 МГц</p> <p>Эталоны единиц времени и частоты и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам единиц времени и частоты не ниже 4 разряда в соответствии с ГПС утвержденной приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2360 для измерения сигнала в диапазоне частот от 0,1 до 40 ГГц</p>	Стандарты частоты рубидиевые GPS-12RG, рег. № 70172-18
п.10.2	<p>Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда в соответствии с ГПС утвержденной приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3461 в диапазоне частот от 0,1 до 37,5 ГГц и не ниже 1 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 9 ноября 2022 г. № 2813 в диапазоне частот от 37,5 кГц до 40 ГГц; в диапазоне измерений мощности от <math>10^{-2}</math> до <math>10^2</math> мВт.</p>	Частотомеры универсальные CNT-90XL, рег. № 70888-18
4		

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п.10.2	Средства измерений отношения мощностей в диапазоне частот от 0,1 до 40 ГГц; в динамическом диапазоне от минус 70 до 0 дБ (1 мВт), с пределами относительной погрешности измерений уровня мощности входного сигнала из-за нелинейности шкалы в диапазоне измерений уровня $\pm 0,1$ дБ, относительно установленного опорного уровня	Анализаторы фазового шума FSWP50 с опцией B1, рег. № 63528-16
п.10.3	Средства измерений спектральных составляющих синусоидального сигнала в диапазоне частот от 0,1 до 40 ГГц, уровень собственных гармонических искажений не более минус 70 дБ относительно несущей	Анализаторы фазового шума FSWP50 с опцией B1, рег. № 63528-16
п.10.4	Средства измерений параметров сигналов с импульсной модуляцией в диапазоне частот от 80 МГц до 40 ГГц, полоса анализа сигналов 320 МГц, динамический диапазон от минус 90 до 10 дБ (1 мВт)	Анализаторы фазового шума FSWP50 с опциями B1, K7 и B320, рег. № 63528-16
	Генератор импульсных сигналов в диапазоне частот от 1 Гц до 25 МГц, длительность сигнала не менее 20 нс, амплитуда сигнала от 2,5 до 4 В, длительность фронта импульсного сигнала не более 2,9 нс	Генераторы сигналов произвольной формы 33622А, рег. № 79866-20
п.10.5	Средство измерений КСВН в диапазоне частот от 0,1 МГц до 40 ГГц, с относительной погрешностью измерений КСВН $\pm 5\%$	Анализаторы электрических цепей векторные ZVA50, рег. № 48355-11
п.10.1-10.5	Средства измерений синусоидальных сигналов в диапазоне частот от 0,1 до 20 ГГц, амплитуда сигнала от минус 40 до 26 дБ (1 мВт)	Генераторы сигналов 1465D с опциями H06,H01A рег. № 77570-20
Примечание - Допускается применение других средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими передачу единицы величины поверяемому средству измерений с точностью, удовлетворяющей требованиям государственных поверочных схем.		

## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15

декабря 2020 г. № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

– указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средства поверки;

– указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационной документации на средство измерений.

6.2 К проведению поверки допускаются специалисты, изучившие требования безопасности по ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия. с Изменением №1» и ГОСТ IEC 61010-1-2014 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования», имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже второй и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

6.3 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

## 7 Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра установить соответствие поверяемого модуля расширения частоты следующим требованиям:

– внешний вид модуля расширения частоты должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данный модуль расширения частоты, при этом допускается незначительное изменение дизайна модуля расширения частоты, не влияющее на однозначное определение типа модуля расширения частоты по внешнему виду;

– наличие маркировки, подтверждающей тип, заводской номер модуля расширения частоты;

– наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данный модуль расширения частоты;

– наружная поверхность модуля расширения частоты не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу модуля расширения частоты;

– разъемы модуля расширения частоты должны быть чистыми;

– комплектность модуля расширения частоты должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации.

Зафиксировать результаты внешнего осмотра в таблице Б.2 приложения Б.

Результаты выполнения операции считать положительными, если выполняются вышеуказанные требования.

Установленный факт отсутствия пломб от несанкционированного доступа при периодической поверке не является критерием неисправности средства измерений и носит информативный характер для производителя средства измерений.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п.12 данной методики поверки.

## 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

### 8.1 Подготовка к поверке

Порядок установки модуля расширения частоты на рабочее место, включения, управления и дополнительная информация приведены в руководстве по эксплуатации: «Модуль расширения частоты и уровня сигналов СВЧ генераторов EMG-40A. Руководство по эксплуатации».

Установить на компьютер среду выполнения Net Core 3.1, драйвера и программное обеспечение «Модуль EMG-40A» (далее – программное обеспечение) следуя указаниям руководства по эксплуатации.

Убедиться в выполнении условий проведения поверки.

Выдержать поверяемый модуль расширения частоты в выключенном состоянии в условиях проведения поверки не менее двух часов, если он находился в отличных от них условиях.

Перед запуском ПО необходимо подключить к компьютеру модуль и генератор. Подключение происходит в соответствии со схемой на рисунке 1.

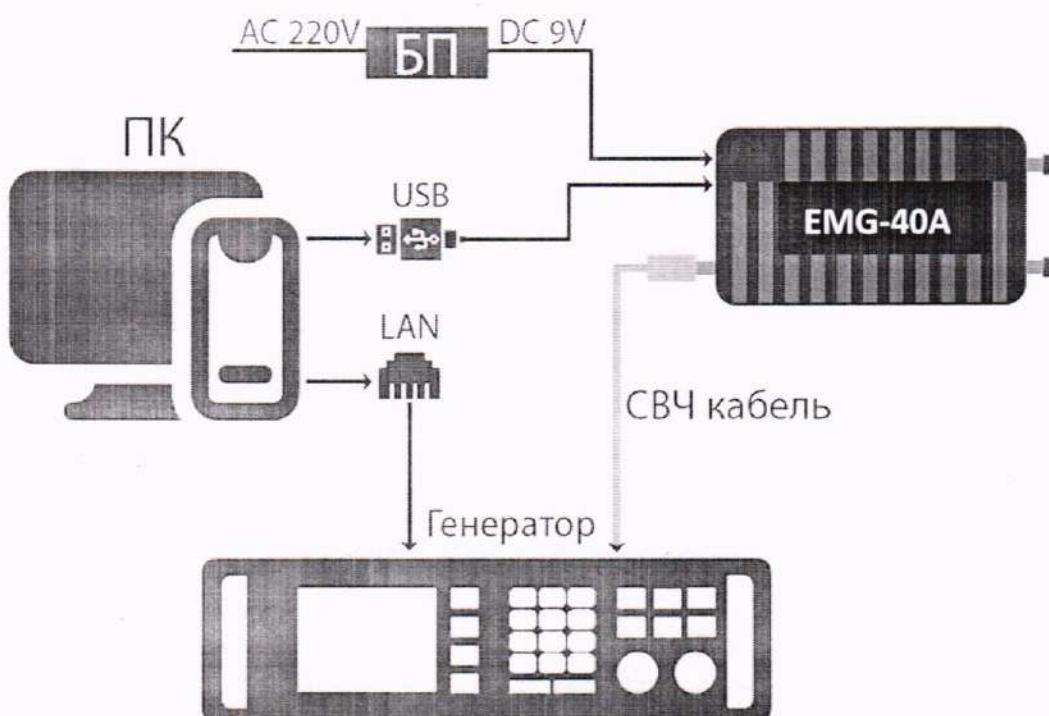


Рисунок 1 – Схема подключения

Выдержать поверяемый модуль расширения частоты во включенном состоянии не менее 30 минут.

Выдержать средства поверки во включенном состоянии в течение времени, указанного в их руководствах по эксплуатации.

## 8.2 Опробование

Запустить установленное программное обеспечение. Произвести подключение СВЧ генератора и модуля расширения частоты с помощью окна «Подключения» программного обеспечения следуя инструкции, находящейся в руководстве по эксплуатации.

Зафиксировать результаты опробования в таблице Б.3 приложения Б.

Результаты опробования считать удовлетворительными, если:

- установленное программное обеспечение запускается;
- генератор СВЧ и модуль расширения частоты определяются и подключение устанавливается.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п. 12 данной методики поверки.

## 9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения поверяемого модуля расширения частоты отображаются в программном обеспечении «Модуль EMG-40A» в вкладке «Главное меню», «Версия ПО».

Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения, отображаемый в диалоговом окне, должны соответствовать указанным в описании типа на модуль расширения частоты.

Зафиксировать результаты проверки версии программного обеспечения в таблице Б.3 приложения Б.

При получении отрицательных результатов по данной операции, процедуру поверки необходимо прекратить, результаты поверки оформить в соответствии с п. 12 данной методики поверки.

## 10 Определение метрологических характеристик средства измерений

### 10.1 Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала проводят методом прямых измерений с помощью частотомера универсального CNT-90XL и стандарта частоты GPS-12RG, который используется в качестве опорного генератора.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 2.

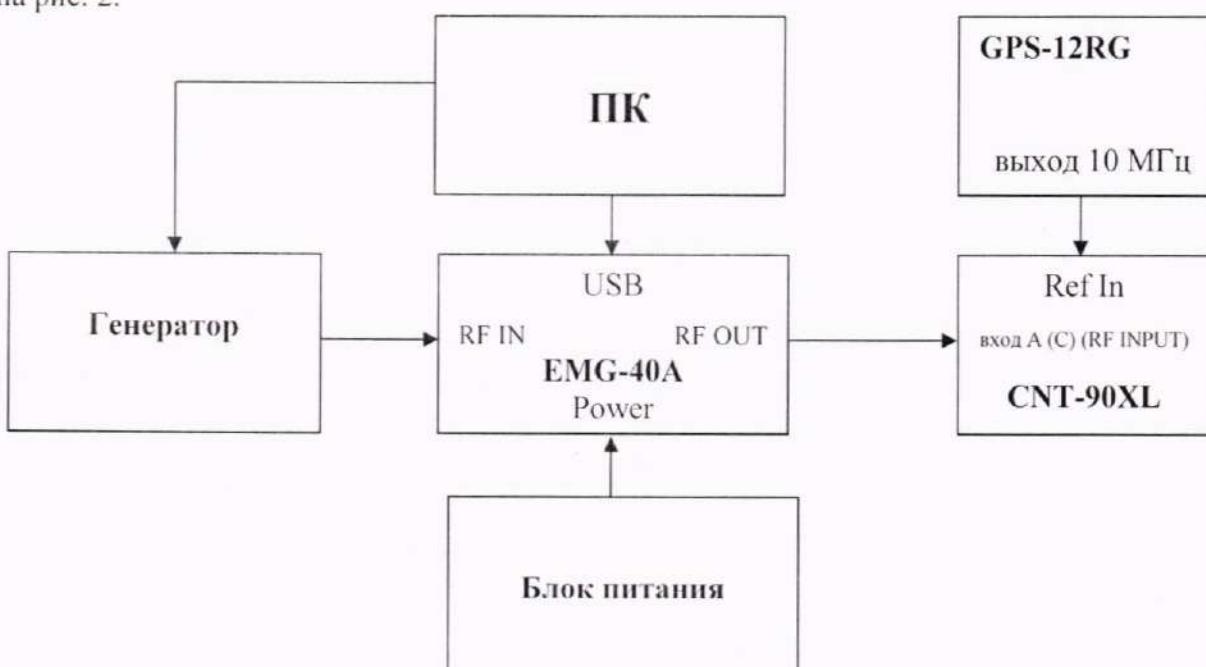


Рисунок 2 – Структурная схема соединения СИ для определения относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

На частотомере универсальном CNT-90XL установить импеданс 50 Ом, число разрядов 12, уровень синхронизации 50 %, режим работы от внешней опорной частоты, режим измерения частоты.

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить частоту сигнала  $F_{ном}$  равной 0,1 ГГц, уровень выходной мощности синусоидального сигнала равный 0 дБ (1 мВт).

Подключить выход «RF OUT» модуля расширения частоты с помощью кабеля СВЧ к входу А или С частотомера в зависимости от значения частоты выходного синусоидального сигнала модуля расширения частоты.

Активировать выходной сигнал с модуля расширения частоты нажатием на кнопку «СВЧ: ВЫКЛ.».

Провести измерения частоты выходного синусоидального сигнала с помощью частотомера.

Зафиксировать результаты измерений как  $F_{изм}$ , Гц в таблице Б.4 приложения Б.

Повторить измерения для остальных значений частот, указанных в таблице Б.4 приложения Б.

Зафиксировать результаты измерений как  $F_{изм}$ , Гц в таблице Б.4 приложения Б.

## 10.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала

Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала проводят методом прямых измерений.

Для значений уровня мощности выходного синусоидального сигнала от минус 20 дБ (1 мВт) до максимального значения, измерения проводят с помощью ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP40T (далее NRP40T).

Для значений уровня мощности выходного синусоидального сигнала от минимального значения до минус 20 дБ (1 мВт) измерения проводят с помощью анализатора фазового шума FSWP50 с опцией В1 (далее FSWP50) в режиме анализатора спектра.

### 10.2.1 Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала в диапазоне от минус 20 дБ (1 мВт) до максимального значения

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 3.

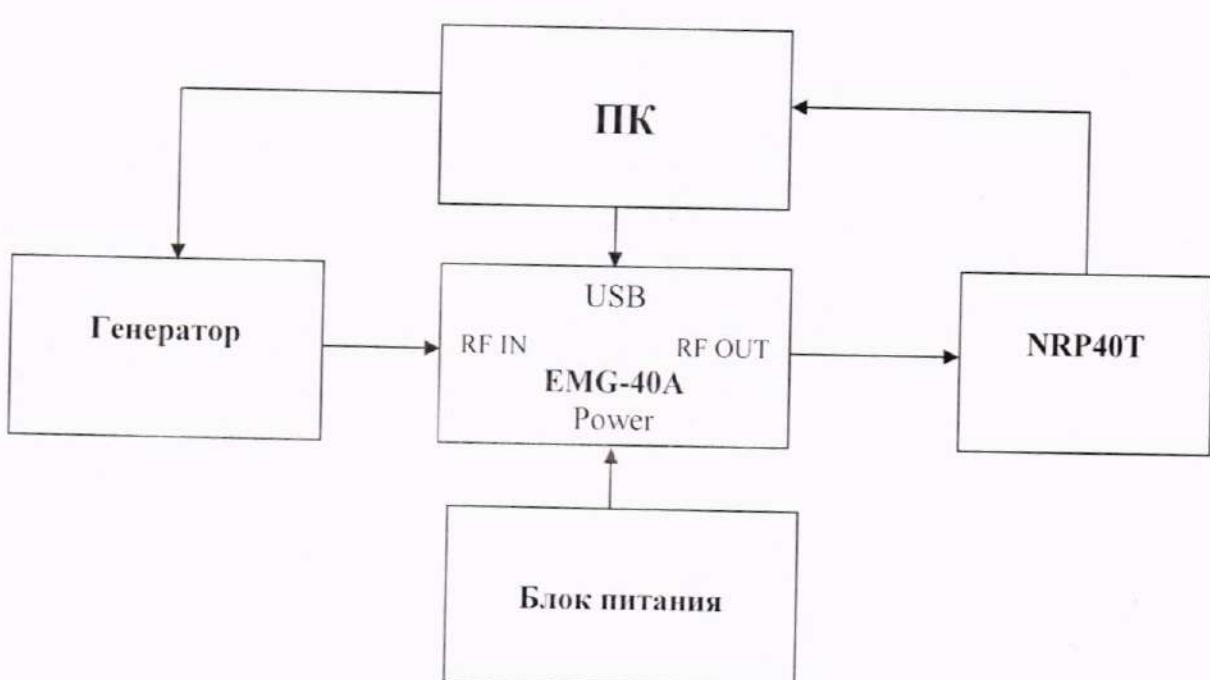


Рисунок 3 – Структурная схема соединения СИ для определения абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты  $F_{УСТ}$  0,1 ГГц и значение уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала минус 20 дБ (1мВт).

На ваттметре NRP40T установить значение частоты  $F_{УСТ}$  для корректировки частотной зависимости.

Активировать выходной сигнал модуля расширения частоты.

Провести измерения уровня мощности выходного сигнала модуля расширения частоты.

Зафиксировать результаты измерений  $P_{NRP}$ , дБ (1 мВт), в таблице Б.5 приложения Б.

Повторить измерения для всех значений частот  $F_{УСТ}$  и значений уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала в соответствии с таблицей Б.5 приложения Б.

Если при проведении поверки используется генератор сигналов, выходная мощность которого меньше 26 дБ (1 мВт), то допускается проводить поверку для уровней мощности от минус 20 дБ (1 мВт) до верхнего значения, которое может обеспечить генератор, включая промежуточные точки, указанные в таблице Б.5 приложения Б.

10.2.2 Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала в диапазоне от минимального значения до минус 20 дБ (1 мВт)

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.

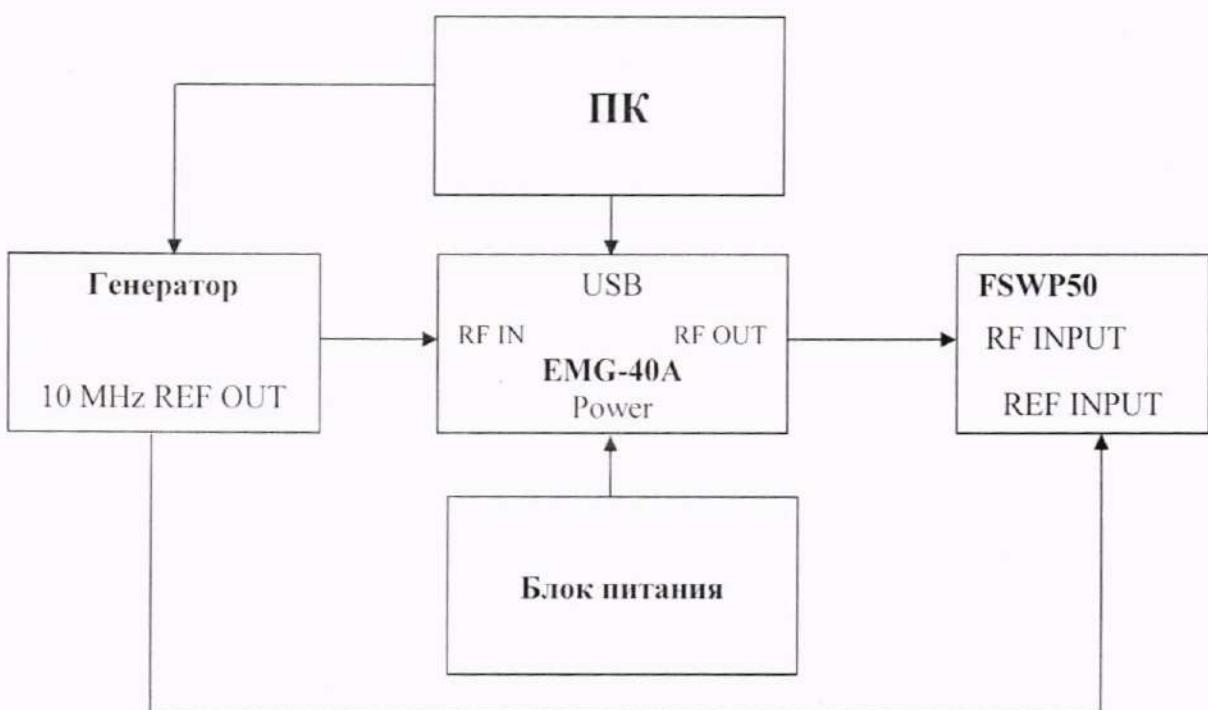


Рисунок 4 – Структурная схема соединения СИ для определения абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала в диапазоне от минимального значения до минус 20 дБ (1 мВт) и уровня субгармонических составляющих относительно несущей.

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты  $F_{УСТ}$  0,1 ГГц и значение уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала 0 дБ (1мВт).

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, режим работы от внешней опорной частоты, частоту 0,1 ГГц, опорный уровень 0 дБ (1 мВт), полосу пропускания 100 Гц.

Активировать выходной сигнал модуля расширения частоты.

Выбрать в меню «MKR FUNC» FSWP50 режим относительных измерений уровня сигнала с помощью фиксированного опорного маркера относительно уровня 0 дБ (1 мВт).

Выставить значение уровня мощности  $P_{\text{УСТ}}$  выходного сигнала модуля расширения частоты минус 30 дБ (1 мВт), а затем минус 40 дБ (1 мВт).

Зафиксировать результаты измерений  $P_{\text{FSWP}}$ , дБ (1 мВт) в таблице Б.5 приложения Б.

Повторить измерения для остальных значений частот  $F_{\text{УСТ}}$  в соответствии с таблицей Б.5 приложения.

Зафиксировать результаты измерений  $P_{\text{FSWP}}$ , дБ (1 мВт), в таблице Б.5 приложения Б.

### 10.3 Определение уровня субгармонических составляющих относительно несущей

Определение уровня субгармонических составляющих относительно несущей проводят методом прямых измерений с помощью анализатора фазового шума FSWP50 с опцией В1.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 4.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, режим работы от внешней опорной частоты, опорный уровень 5 дБ (1 мВт), значение центральной частоты 20 ГГц, полосу пропускания 1 кГц, аттенюатор - авто.

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты  $F_{\text{УСТ}} = 20$  ГГц и значение уровня мощности  $P_{\text{УСТ}}$  выходного сигнала 5 дБ (1 мВт).

С помощью маркера измерить субгармонические составляющие при отстройке от частоты основной гармоники на частоту  $F_{\text{СГС1}} = F_{\text{осн}} / 2$  и  $F_{\text{СГС2}} = F_{\text{осн}} + (F_{\text{осн}} / 2)$ .

Зафиксировать результаты измерений  $P_{\text{СГС}}$ , дБ относительно несущей, в таблице Б.6 приложения Б.

Повторить измерения для остальных значений частот основной гармоники и частот субгармонических составляющих, указанных в таблице Б.6 приложения Б до верхней граничной частоты поверяемого модуля расширения частоты.

Зафиксировать результаты измерений  $P_{\text{СГС}}$ , дБ относительно несущей, в таблице Б.6 приложения Б.

### 10.4 Определение параметров импульсной модуляции

Определение длительности фронта, проверку минимальной длительности импульсного модулирующего сигнала, диапазона частот повторения импульсов и определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами проводят методом прямых измерений с помощью анализатора фазового шума FSWP50 с опциями В1, К7 и В320.

#### 10.4.1 Определение длительности фронта и проверка минимальной длительности импульсного модулирующего сигнала

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 5.



Рисунок 5 – Структурная схема соединения СИ для определения параметров импульсной модуляции

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты  $F_{УСТ}$  20 ГГц и значение уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала 5 дБ (1мВт).

На генераторе импульсов установить положительный импульсный сигнал с амплитудой сигнала 4 В (уровень TTL от 2,5 до 5 В), период радиоимпульса 100 нс, длительность радиоимпульса 20 нс. Активировать выходной сигнал импульсного генератора и модуля расширения частоты. Включить режим импульсной модуляции модуля расширения частоты нажатием на кнопку в ПО в вкладке управления Мод: «ВЫКЛ».

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 320 МГц, значение центральной частоты 20 ГГц, время развертки 400 нс. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

Провести с помощью маркеров FSWP50 длительности фронтов радиоимпульсов по уровню 10 % /90 % амплитуды импульса.

Зафиксировать результаты измерений  $\tau_{\phi}$ , нс, в таблице Б.7 приложения Б.

Повторить измерения для значения частоты  $F_{УСТ}$  30 и 40 ГГц. Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.7 приложения Б.

#### 10.4.2 Проверка диапазона частот повторения импульсов

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты  $F_{УСТ}$  30 ГГц и значение уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала 5 дБ (1мВт).

На генераторе импульсов установить положительный импульс частотой 1 Гц и амплитудой сигнала 4 В.

Активировать выходной сигнал импульсного генератора и модуля расширения частоты, включить режим импульсной модуляции модуля расширения частоты.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 1 кГц, значение центральной частоты 30 ГГц, время развертки 4 с. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

На генераторе импульсов установить положительный импульс частотой 25 МГц и амплитудой сигнала 4 В.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 320 МГц, значение центральной частоты 30 ГГц, время развертки 400 нс. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.8 приложения Б.

10.4.3 Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты Fуст 20 ГГц и значение уровня мощности Pуст выходного сигнала 5 дБ (1мВт).

На генераторе импульсов установить положительный импульс частотой 1 Гц и амплитудой сигнала 4 В.

Активировать выходной сигнал импульсного генератора и модуля расширения частоты, включить режим импульсной модуляции модуля расширения частоты.

На FSWP50 установить режим анализатора спектра, в опции K7 режим отображения RF Power, полосу анализа 1 кГц, значение центральной частоты 20 ГГц, время развертки 4 с. С помощью синхронизации добиться устойчивой картинки.

Определить подавление сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами (КП) с помощью маркера FSWP50, как разность между максимальным и минимальным уровнем сигнала (разница уровней между вершиной и паузой прямоугольного сигнала). При необходимости на FSWP50 включить режим усреднения.

Зафиксировать результаты измерений КПизм, дБ, в таблице Б.9 приложения Б.

Повторить измерения для значения частоты Fуст 30 и 40 ГГц. Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.9 приложения Б.

## 10.5 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению выхода

Определение коэффициента стоячей волны по напряжению выхода модуля расширения частоты проводят методом прямых измерений с помощью анализатора электрических цепей векторного ZVA50 (далее – анализатор цепей).

Подготовить анализатор цепей для измерения коэффициента стоячей волны по напряжению выхода в соответствии с руководством по эксплуатации.

Выполнить соединение средств измерений в соответствии со схемой, приведённой на рис. 6.

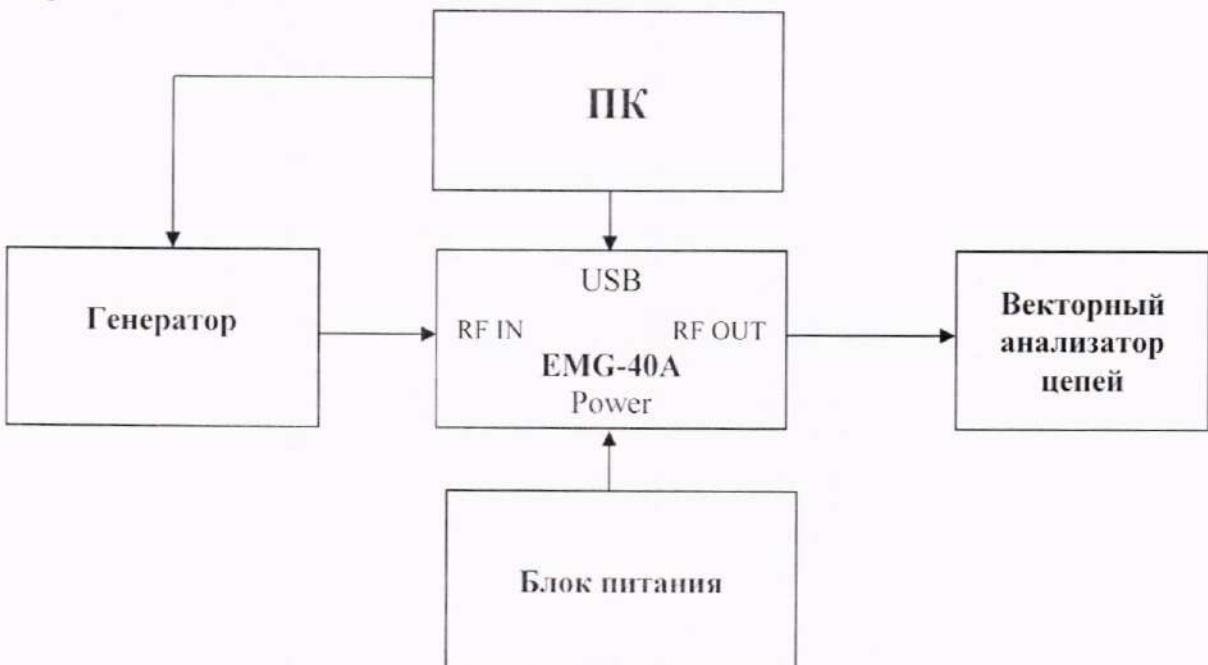


Рисунок 6 – Структурная схема соединения СИ для определения коэффициента стоячей волны по напряжению выхода

В окне «Управление» программного обеспечения модуля расширения частоты выставить значение частоты  $F_{УСТ}$  10 ГГц и значение уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала минус 40 дБ (1 мВт).

Активировать выходной сигнал модуля расширения частоты.

На анализаторе цепей установить режим измерения КСВН в полосе частот от 0,1 до 20 ГГц. Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.10 приложения Б как максимальное значение КСВН в соответствующем поддиапазоне частот.

Устанавливая на модуле расширения частоты и анализаторе частот значение частоты  $F_{УСТ}$  и соответствующей полосы частот на анализаторе цепей, указанные в таблице Б.10 приложения Б и оставляя значение уровня мощности  $P_{УСТ}$  выходного сигнала минус 40 дБ (1 мВт), провести измерения КСВН. Зафиксировать результаты измерений в таблице Б.10 приложения Б как максимальное значение КСВН в соответствующем поддиапазоне частот.

## 11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Для полученных в пункте 10.1 результатов измерений  $F_{Изм}$ , рассчитать по формуле (1) относительную погрешность установки частоты выходного сигнала  $\delta F$  модуля расширения частоты:

$$\delta F = \frac{F_{ном} - F_{изм}}{F_{изм}}, \quad (1)$$

где  $F_{изм}$  – измеренное значение частоты, ГГц, частотометром;

$F_{ном}$  – установленное значение частоты, ГГц, на модуле расширения частоты.

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если рассчитанные значения относительной погрешности установки частоты выходного сигнала  $\delta F$  для всех указанных частот не выходят за пределы указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала

Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходных сигналов:	
- в режиме без изменения частоты (от 0,1 до 20 ГГц)	$\pm \delta F_{ген}^*$
- в режиме умножения частоты на 2 (от 20 до 40 ГГц включ.)	$\pm ( \delta F_{ген}  \times 2 + 1 \times 10^{-8})$
Примечание: * – относительная погрешность частоты выходного сигнала используемого генератора сигналов	

11.2 Для полученных в пункте 10.2.1 результатов измерений  $P_{NRP}$ , дБ (1 мВт), рассчитать по формуле (2) абсолютную погрешность установки уровня мощности выходного сигнала  $\Delta P$ , дБ, для уровня мощности выходного синусоидального сигнала в диапазоне от минус 20 дБ (1 мВт) до максимального значения:

$$\Delta P = P_{УСТ} - P_{NRP}, \quad (2)$$

где  $P_{NRP}$  – показания ваттметра поглощаемой мощности СВЧ NRP40T;

$P_{УСТ}$  – установленное на модуле расширения частоты значение уровня мощности выходного сигнала.

Для полученных в пункте 10.2.2 результатов измерений  $P_{FSW}$ , дБ (1 мВт), рассчитать по формуле (3) абсолютную погрешность установки уровня мощности выходного сигнала  $\Delta P$ , дБ, в диапазоне от минимального значения до минус 20 дБ (1 мВт):

$$\Delta P = P_{УСТ} - P_{FSWP} + \Delta P_0, \quad (3)$$

где  $P_{FSWP}$  – текущие показания дельта-маркера FSWP50, дБ;

$P_{УСТ}$  - установленные на модуле расширения частоты значения уровней мощности выходного сигнала, дБ (1 мВт).

$\Delta P_0$  – абсолютная погрешность установки уровня мощности выходного синусоидального сигнала при 0 дБ (1 мВт)

Результаты поверки по данной операции считаются удовлетворительными, если рассчитанные по формулам 2 и 3 значения абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала для всех установленных значений в диапазоне частот, дБ, не выходят за пределы, указанные в таблице 4.

Таблица 4 - Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня выходного сигнала

Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня мощности выходных сигналов, дБ:	
- в режиме без изменения частоты	$\pm( \Delta P_{Ген^*} +0,8)$
- в режиме умножения частоты на 2	$\pm( \Delta P_{Ген^*} +1,2)$
Примечание:	
* – абсолютная погрешность установки уровня мощности выходных сигналов используемого генератора сигналов, дБ	

11.3 Результаты поверки по операции по пункту 10.3 считаются удовлетворительными, если измеренные значения уровня субгармонических составляющих синусоидального сигнала  $P_{СГС}$ , дБ относительно несущей, для всех указанных частот не превышают значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5 – Допустимые значения уровня субгармонических составляющих относительно несущей при уровне мощности выходного сигнала 5 дБ (1 мВт), дБ

Уровень субгармонических составляющих в спектре выходного сигнала (при уровне выходного сигнала плюс 5 дБ (1 мВт)) относительно несущей, в поддиапазонах частот, дБ, не более:	
от 20 до 28 ГГц включ.	-70
св. 28 до 40 ГГц	-60

11.4 Результаты поверки по операции по пункту 10.4.1 считаются удовлетворительными, если измеренные значения длительности фронта не превышают значений, указанных в таблице 6. При наблюдении на экране анализатора последовательности импульсов, проверку минимальной длительности импульса считать выполненной.

Таблица 6 – Допустимые значения длительности фронта и минимальной длительности импульсного модулирующего сигнала

Длительность фронта, нс, не более	10
-----------------------------------	----

Результаты поверки по операции по пункту 10.4.2 считаются удовлетворительными, если при подаче импульсных сигналов частотой 1 Гц и частотой

25 МГц с генератора импульсов на экране анализатора наблюдается последовательность импульсов, соответствующая огибающей импульсно-модулированного сигнала.

Результаты поверки по операции по пункту 10.4.3 считаются удовлетворительными, если измеренные значения коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами не менее 60 дБ.

11.5 Результаты поверки по операции по пункту 10.5 считаются удовлетворительными, если измеренные значения коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода во всём частотном диапазоне не превышают значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7 – Допустимые значения КСВН выхода

Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода в поддиапазонах частот, не более:	
- от 0,1 до 20 ГГц включ.	1,8
- от 20 до 30 ГГц включ.	2,2
- св. 30 до 40 ГГц	2,5

11.6 Критериями принятия специалистом, проводившим поверку, решения по подтверждению соответствия средства измерений метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, являются:

- обязательное выполнение всех процедур, перечисленных в разделах 8; 9; 10 и соответствие действительных значений метрологических характеристик модуля расширения частоты требованиям, указанным в пунктах раздела 11 настоящей методики;
- обеспечение прослеживаемости поверяемых модулей расширения частоты к государственным первичным эталоном единиц величин:

  - к ГЭТ1-2022 «Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени»;
  - к ГЭТ26-2010 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,50 ГГц»;
  - к ГЭТ167-2021 «Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 до 118,1 ГГц».

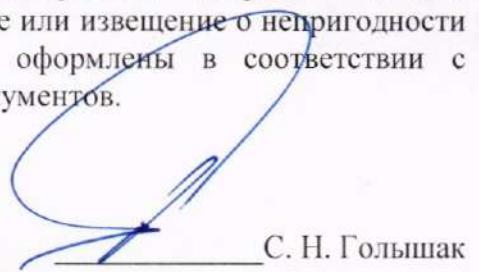
## 12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты проверки внешнего осмотра, опробования, идентификации ПО, условий поверки и окончательные результаты измерений (расчетов), полученные в процессе поверки, заносят в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении Б. Сведения о применяемых средствах поверки, а также результаты промежуточных измерений и расчётов заносят в протокол поверки в соответствии с формой протокола, утверждённой системой менеджмента качества юридического лица или индивидуального предпринимателя, осуществляющего поверку.

12.2 Сведения о результатах поверки средства измерений в целях её подтверждения передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Порядком создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

12.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов.

Начальник лаборатории № 441  
ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»



С. Н. Голышак

Начальник сектора  
лаборатории № 441 ФБУ «НИЦ ПМ - Ростест»



А. С. Каледин

Приложение А  
(справочное)

Основные метрологические характеристики модулей расширения частоты и уровня сигналов СВЧ генераторов EMG-40A

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Диапазон частот входных сигналов, ГГц	от 0,1 до 20
Диапазон частот выходных сигналов, ГГц:	
- в режиме без изменения частоты	от 0,1 до 20
- в режиме умножения частоты на 2	от 20 до 40
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходных сигналов:	
- в режиме без изменения частоты	$\pm \delta F_{\text{ген}}^*$
- в режиме умножения частоты на 2	$\pm ( \delta F_{\text{ген}}  \times 2 + 1 \cdot 10^{-8})$
Диапазон установки уровня мощности выходных сигналов в поддиапазонах частот, дБ (1 мВт):	
- в режиме без изменения частоты**:	
- от 0,1 до 7 ГГц включ.	от -40 до +19
- св. 7 до 14 ГГц включ.	от -40 до +15
- св. 14 до 20 ГГц	от -40 до +12
- в режиме умножения частоты на 2:	
- от 20 до 30 ГГц включ.	от -40 до +19
- св. 30 до 32 ГГц включ.	от -40 до +18
- св. 32 до 33 ГГц включ.	от -40 до +15
- св. 33 до 35 ГГц включ.	от -40 до +13
- св. 35 до 40 ГГц	от -40 до +10
Дискретность установки уровня мощности выходного сигнала, дБ	0,1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня мощности выходных сигналов, дБ:	
- в режиме без изменения частоты	$\pm ( \Delta P_{\text{ген}}^{***}  + 0,8)$
- в режиме умножения частоты на 2	$\pm ( \Delta P_{\text{ген}}  + 1,2)$
Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода в поддиапазонах частот, не более:	
- от 0,1 до 20 ГГц включ.	1,8
- от 20 до 30 ГГц включ.	2,2
- св. 30 до 40 ГГц	2,5
Уровень субгармонических составляющих в спектре выходных сигналов (при уровне выходных сигналов плюс 5 дБ (1 мВт)) относительно несущей, в поддиапазонах частот, дБ, не более:	
от 20 до 28 ГГц включ.	-70
св. 28 до 40 ГГц	-60

Окончание таблицы А.1

1	2
Параметры выходных сигналов в режиме импульсной модуляции в поддиапазоне выходных частот от 20 до 40 ГГц	
Минимальная длительность импульса, нс	20
Длительность фронта, нс, не более	10
Диапазон частот повторения импульсов	от 1 Гц до 25 МГц
Коэффициент подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами, дБ, не менее	60
Примечания:	
* – относительная погрешность частоты выходных сигналов используемого генератора сигналов;	
** – верхнее значение уровня выходной мощности в режиме без изменения частоты приведено для уровня входной мощности +26 дБ (1 мВт)	
*** – абсолютная погрешность установки уровня мощности выходных сигналов используемого генератора сигналов, дБ.	

Приложение Б  
(рекомендуемое)

Форма протокола поверки модулей расширения частоты и уровня сигналов СВЧ генераторов EMG-40A в части определения метрологических характеристик

Таблица Б.1 – Условия проведения поверки:

Наименование контролируемого параметра	Значение контролируемого параметра
Температура окружающей среды, °С	
Относительная влажность воздуха, %	
Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	

Таблица Б.2 – Внешний осмотр

Вид проверки	Заключение
Внешний вид модуля расширения частоты должен соответствовать фотографиям, приведённым в описании типа на данный модуль расширения частоты, при этом допускается незначительное изменение дизайна модуля расширения частоты, не влияющее на однозначное определение типа модуля расширения частоты по внешнему виду	
Наличие маркировки, подтверждающей тип, модификацию, заводской номер модуля расширения частоты	
Наличие пломб от несанкционированного доступа, установленных в местах согласно описанию типа на данный модуль расширения частоты	
Наружная поверхность модуля расширения частоты не должна иметь следов механических повреждений, которые могут влиять на работу модуля расширения частоты	
Разъемы модуля расширения частоты должны быть чистыми	
Комплектность модуля расширения частоты должна соответствовать указанной в руководстве по эксплуатации	

Таблица Б.3 – опробование

Вид проверки	Заключение
Установленное программное обеспечение запускается	
Генератор СВЧ и модуль расширения частоты определяются и подключение устанавливается	
Версия ПО	

Таблица Б.4 – Определение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала ( $\delta F$ )

Установленные значения частоты на модуле расширения частоты, ГГц	Измеренные значения частоты Fизм, ГГц	Рассчитанные значения $\delta F$	Допустимые значения $\delta F$	Вывод о соответствии
0,1				
10				
19,9				
20				
22				
24				
26				
28				
30				
32				
34				
36				
38				
40				

Таблица Б.5 – Определение абсолютной погрешности установки уровня мощности выходного сигнала ( $\Delta P$ )

Уровень, установленный на модуле расширения частоты $P_{УСТ}, \text{дБ (1 мВт)}$	Частота $F_{УСТ}, \text{ГГц}$	Измеренные значения $P_{NRP}, P_{FSWP}, \text{дБ (1 мВт)}$	Рассчитанные значения $\Delta P, \text{дБ}$	Допустимые значения $\Delta P, \text{дБ}$	Вывод о соответствии
1	2	3	4	5	7
19	0,1				
15	0,1				
10	0,1				
5	0,1				
0	0,1				
-10	0,1				
-20	0,1				
-30	0,1				
-40	0,1				
19	7				
15	7				
10	7				
5	7				
0	7				
-10	7				
-20	7				
-30	7				
-40	7				
15	7,1				
10	7,1				
5	7,1				

Продолжение таблицы Б.5

1	2	3	4	5	7
0	7,1				
-10	7,1				
-20	7,1				
-30	7,1				
-40	7,1				
15	14				
10	14				
5	14				
0	14				
-10	14				
-20	14				
-30	14				
-40	14				
12	14,1				
10	14,1				
5	14,1				
0	14,1				
-10	14,1				
-20	14,1				
-30	14,1				
-40	14,1				
12	19,9				
10	19,9				
5	19,9				
0	19,9				
-10	19,9				
-20	19,9				
-30	19,9				
-40	19,9				
19	20				
15	20				
10	20				
5	20				
0	20				
-10	20				
-20	20				
-30	20				
-40	20				
19	30				
15	30				
10	30				
5	30				
0	30				
-10	30				
-20	30				
-30	30				
-40	30				
18	30,1				

Продолжение таблицы Б.5

1	2	3	4	5	7
15	30,1				
10	30,1				
5	30,1				
0	30,1				
-10	30,1				
-20	30,1				
-30	30,1				
-40	30,1				
18	32				
15	32				
10	32				
5	32				
0	32				
-10	32				
-20	32				
-30	32				
-40	32				
15	32,1				
10	32,1				
5	32,1				
0	32,1				
-10	32,1				
-20	32,1				
-30	32,1				
-40	32,1				
15	33				
10	33				
5	33				
0	33				
-10	33				
-20	33				
-30	33				
-40	33				
13	33,1				
10	33,1				
5	33,1				
0	33,1				
-10	33,1				
-20	33,1				
-30	33,1				
-40	33,1				
13	35				
10	35				
5	35				
0	35				
-10	35				
-20	35				
-30	35				

Окончание таблицы Б.5

1	2	3	4	5	7
-40	35				
10	35,1				
5	35,1				
0	35,1				
-10	35,1				
-20	35,1				
-30	35,1				
-40	35,1				
10	40				
5	40				
0	40				
-10	40				
-20	40				
-30	40				
-40	40				

Таблица Б.6 – Определение уровня субгармонических составляющих относительно несущей ( $P_{\text{СГС}}$ )

Установленные значения частоты на модуле расширения частоты Fосн, ГГц	Частота субгармонической составляющей $F_{\text{СГС}1}, F_{\text{СГС}2}$ , ГГц	Измеренные значения $P_{\text{СГС}}$ , дБ относительно несущей	Допустимые значения $P_{\text{СГС}}$ , дБ относительно несущей	Вывод о соответствии
20	30,0		-70	
20	10,0			
25	37,5			
25	12,5			
28	42			
28	14			
30	45			
30	15			
35	17,5			
40	20			

Таблица Б.7 – Определение длительности фронта и проверка минимальной длительности импульсного модулирующего сигнала в режиме ИМ

Установленные значения частоты на модуле расширения частоты Fосн, ГГц	Измеренные значения $\tau_f$ , нс	Допустимые значения, нс, не более	Вывод о соответствии
1	3	4	5
20			
30			
40			
Проверка минимальной длительности импульсного модулирующего сигнала			

Таблица Б.8 – Проверка диапазона частот повторения импульсов

Установленные значения частоты на генераторе импульсов	Вывод о соответствии
1 Гц	
25 МГц	

Таблица Б.9 – Определение коэффициента подавления сигнала несущей в паузе между радиоимпульсами

Установленные значения частоты на модуле расширения частоты, ГГц	Измеренные значения коэффициента подавления КПизм, дБ	Допустимые значения коэффициента подавления, дБ, не менее	Вывод о соответствии
20	60	60	
30			
40			

Таблица Б.10 – Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) выхода

Установленные значения частоты на модуле расширения частоты, ГГц	Поддиапазоны частот, ГГц	Измеренный максимальный КСВН выхода	Допустимый КСВН выхода	Вывод о соответствии
10	от 0,1 до 20 включ.		1,8	
23	св. 20 до 26 включ.		2,2	
28	св. 26 до 30 включ.		2,2	
31	св. 30 до 32 включ.		2,5	
35	св. 32 до 40		2,5	