

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



А.Н. Щипунов

2017 г.

Инструкция

**Преобразователи измерительные U8481A (опция 100, опция 200),
U8485A (опция 100, опция 200)**

**Методика поверки
с изменением № 1**

651-13-72 МП

**г.п. Менделеево
2017 г.**

1 Общие сведения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи измерительные U8481A (опция 100, опция 200), U8485A (опция 100, опция 200), (далее – преобразователи измерительные) и устанавливает порядок и объем их первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками - 1 год.

2 Операции поверки

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

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке (после ремонта)	периодической поверке
1 Внешний осмотр	8.1	да	да
2 Опробование	8.2	да	да
3 Идентификация ПО	8.3	да	да
4 Определение КСВН входа	8.4	да	да
5 Определение границ нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности	8.5	да	нет
6 Определение коэффициента калибровки	8.6	да	да
7 Определение относительной погрешности установки выходной мощности встроенного калибратора	8.7	да	нет

2.1.1 Поверку допускается проводить в тех диапазонах, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки.

Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатанта.

Подраздел 2.1 (Измененная редакция, Изм. № 1)

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

№ пунктов методики поверки	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
8.2, 8.3, 8.5, 8.6, 8.7	ПЭВМ с установленным ПО Agilent IO Libraries Suite и N1819 Power Analysis Manager

8.4	Переход коаксиальный измерительный с соединителя типа I (тракт 2,4 мм), (розетка) на соединитель N-типа (розетка)
8.4	Переход коаксиальный измерительный с соединителя типа I (тракт 2,4 мм), (розетка) на соединитель типа IX (тракт 3,5 мм), (розетка)
8.1, 8.4	Набор мер коэффициентов отражения 85054В для измерительных преобразователей с N типом коаксиального соединителя или набор мер 85052В для измерительных преобразователей типом IX коаксиального соединителя (рег. № 53566-13): пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений глубины погружения контакта соединителей вилка и розетка $\pm 0,00127$ мм, пределы допускаемой погрешности определения действительных значений модуля коэффициента отражения от $\pm 0,8$ до $\pm 1,4$ %, пределы допускаемой погрешности определения фазы коэффициента отражения от $0,5$ до $1,5^\circ$
8.4, 8.6	Мультиметр 3458А (рег. № 25900-03), диапазон измерений напряжения постоянного тока от 0,1 до 100 В; диапазон измерений электрического сопротивления постоянному току от 10 до 100 Ом, пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений электрического сопротивления постоянному току $\pm (3 \cdot 10^{-6} \cdot R_{и} + 3 \cdot 10^{-6} \cdot R_{д})$, где $R_{и}$ – измеренное значение электрического сопротивления постоянному току, $R_{д}$ – верхнее значение диапазона измерений электрического сопротивления постоянному току
8.2, 8.5, 8.6	Генератор сигналов E8257D с опциями 520, 532, 540 (рег. № 53941-13): диапазон частот от 250 кГц до 40 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности частоты опорного генератора (за 1 год): $\pm 3 \cdot 10^{-8}$, шаг установки частоты 0,001 Гц, пределы установки мощности выходного сигнала от минус 135 до 21 дБ относительно 1 мВт, пределы абсолютной погрешности установки мощности выходного сигнала ± 1 дБ при мощностях выходного сигнала более минус 70 дБ относительно 1 мВт
8.6	Генератор сигналов произвольной формы 33250А (рег. № 52150-12): диапазон рабочих частот от 1 мГц до 80 МГц, диапазон установки размаха напряжения выходного сигнала на нагрузке 50 Ом от 10 мВ до 10 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности установки размаха напряжения $\pm (0,01 \cdot U_p + 1 \text{ мВ})$, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты выходного сигнала $\pm 1 \cdot 10^{-6}$
8.5, 8.7	Блок измерительный ваттметра N1914А
8.5	Преобразователь измерительный N8481А (для поверки преобразователей измерительных U8481А), значения границ нелинейности амплитудной характеристики $\pm 0,25$ % в диапазоне измерений мощности от минус 1 до 15 дБ относительно 1 мВт и $\pm 0,4$ % в диапазоне измерений мощности от 15 до 20 дБ относительно 1 мВт
8.5	Преобразователь измерительный N8485А (для поверки преобразователей измерительных U8485А), значения границ нелинейности амплитудной характеристики $\pm 0,25$ % в диапазоне измерений мощности от минус 1 до 15 дБ относительно 1 мВт и $\pm 0,4$ % в диапазоне измерений мощности от 15 до 20 дБ относительно 1 мВт
8.5	Комплект аттенуаторов ступенчатых 8494В и 8496В (рег. № 33402-06): диапазон частот от 0 до 17,85 ГГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения номинальных значений ослабления $\pm 0,7$ дБ для 8494В и $\pm 3,3$ дБ для 8496В
8.5	Усилитель СВЧ 8447D OPT010 (рег. № 43159-09): диапазон частот от 0,1 до 1300 МГц, коэффициент усиления 30 дБ, пределы допускаемой абсолютной погрешности усиления ± 5 дБ

8.5	Аттенюатор 8491В (для поверки преобразователей измерительных U8481А): номинальное значение ослабления 10 дБ относительно 1 мВт
8.5	Аттенюатор 8493С (для поверки преобразователей измерительных U8485А): номинальное значение ослабления 10 дБ относительно 1 мВт
8.5, 8.6	Делитель мощности 11667А (рабочий диапазон частот от 0 до 18 ГГц, вносимое ослабление 7 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала не более $\pm 0,25$ дБ, КСВН выхода не более 1,33) для преобразователей измерительных с коаксиальным соединителем N-типа
8.5, 8.6	Делитель мощности 11667В (рабочий диапазон частот от 0 до 26,5 ГГц, вносимое ослабление 7 дБ, пределы допускаемой погрешности деления входного сигнала не более $\pm 0,25$ дБ, КСВН выхода не более 1,22) для преобразователей измерительных с коаксиальным соединительным типа IX
8.6	Магазин сопротивления P4831-M1 (рег. № 48930-12), (при поверке U8481А (опция 200) или U8485А (опция 200): диапазон воспроизведения сопротивления постоянному току от 0 до 99999,9 Ом, класс точности $0,1/5 \cdot 10^{-6}$
8.6, 8.7	Вольтметр высокочастотный 92ЕА (рег. № 35082-07), (в комплекте в комплекте с проходным тройником 50 Ом N-тип для п. 8.7): диапазон частот от 10 кГц до 1,2 ГГц, диапазон измерений среднеквадратического значения напряжения от 1 мВ до 3 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм}} + 10^{-4} \cdot U_{\text{предел}})$, где $U_{\text{изм}}$ – измеренное значение напряжения, $U_{\text{предел}}$ – верхнее значение поддиапазона измерений
8.6	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-54 аттестованный в качестве рабочего эталона в диапазоне частот от 0,03 до 17,85 ГГц с погрешностью аттестации по коэффициенту калибровки от 0,7 до 1,5 %
8.6	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-22А с преобразователями измерительными М5-44 и М5-45, аттестованными в качестве рабочего эталона в диапазоне частот от 17,85 до 26,5 ГГц с погрешностью коэффициента калибровки не более 1,5 %
8.6	Источник питания постоянного тока 6611С (рег. № 39237-08), диапазон устанавливаемых напряжений постоянного тока на выходе до 8 В, пределы допускаемой погрешности установки выходного напряжения $\pm (0,0005 \cdot U_{\text{уст}} + 5 \text{ мВ})$, где $U_{\text{уст}}$ – устанавливаемое значение напряжения
8.7	Переход коаксиальный измерительный с соединителя N-типа (вилка) на соединитель типа IX (тракт 3,5 мм), (розетка) при поверке преобразователей измерительных U8485А (опция 100) или U8485А (опция 200)

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 утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

4 Требования к квалификации поверителей

К проведению поверки преобразователей измерительных 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 в соответствии с ГОСТ 12.3.019-80.

5.2 К работе с преобразователями измерительными 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

Поверку проводить при следующих условиях:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | $23 \pm 5^{1)}$; |
| - 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. |

7 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить операции, оговоренные в документации изготовителя на поверяемый преобразователь измерительный, 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 проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие измерительных преобразователей требованиям эксплуатационной документации изготовителя;
- отсутствие механических повреждений и ослабления элементов конструкции, четкость фиксации их положения, четкость обозначений, количество, чистоту и исправность разъема, наличие и целостность печатей и пломб;
- соответствие присоединительных размеров коаксиального соединителя входа преобразователя измерительного размерам, указанным в ГОСТ 13317-89 и с использованием комплекта устройств для определения геометрических размеров коаксиальных соединителей из состава наборов мер 85054В для соединителей N-типа или 85052В для соединителей типа IX (тракт 3,5 мм). Типы коаксиальных соединителей преобразователей измерительных приведены в таблице 3.

Таблица 3

Типы коаксиальных соединителей	
U8481A (опция 100, опция 200)	N-тип
U8485A (опция 100, опция 200)	тип IX (тракт 3,5 мм)

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если внешний вид и присоединительные размеры коаксиальных соединителей преобразователей измерительных соответствуют перечисленным в п. 8.1.1 требованиям.

¹⁾Температура выбирается в соответствии с руководствами по эксплуатации средств поверки. Все средства измерений, используемые при поверке преобразователей измерительных, должны работать в нормальных условиях эксплуатации.

8.2 Опробование

8.2.1 Запустить на ПЭВМ с установленным программным пакетом Agilent IO Libraries Suite ПО Agilent Connection Expert. Программный пакет Agilent IO Libraries Suite находится в открытом доступе на сайте фирмы-производителя (agilent.com или <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?nid=-33002.977662.00&lc=rus&cc=RU>).

8.2.2 Подключить преобразователь измерительный к ПЭВМ через USB порт.

8.2.3 Убедиться, что преобразователь измерительный опознан правильно. При этом в диалоговом окне программы должна появиться строка с названием преобразователя измерительного, как показано на рисунке 1.

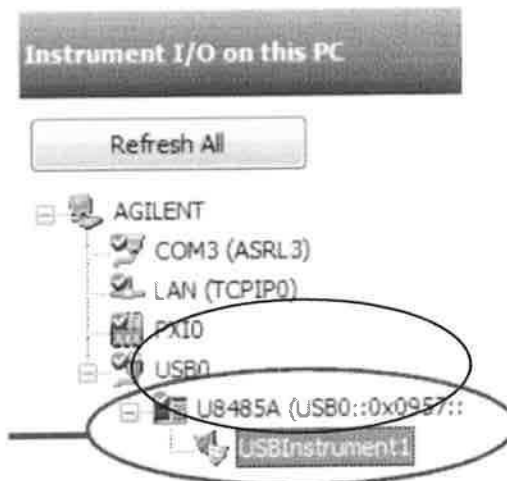


Рисунок 1 – Вид диалогового окна Agilent Connection Expert после установки связи ПЭВМ с преобразователем измерительным

8.2.4 Выбрать строку с названием поверяемого преобразователя измерительного в списке отображаемого оборудования и выбрать пункт меню всплывающего окна «Send Commands To This Instrument» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Вид диалогового окна программы в режиме управления преобразователем измерительным

8.2.5 В верхней части диалогового окна программы нажать на программную клавишу «Interactive IO». В поле команд открывшегося окна ввести «*IDN?» и нажать на программную клавишу «Send & Read». Вид диалогового окна программы приведен на рисунке 3.

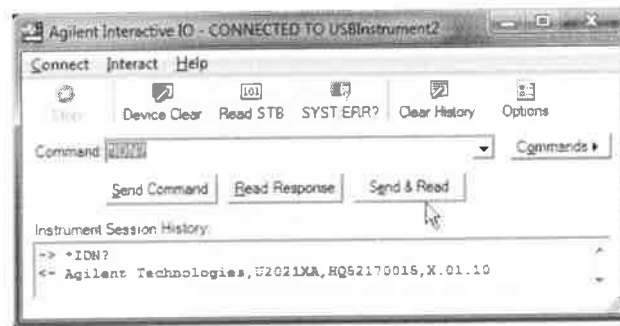


Рисунок 3 – Вид диалогового окна программы в режиме обмена информацией с преобразователем измерительным

8.2.6 Убедиться в наличии ответного сообщения от преобразователя измерительного.

8.2.7 Выполнить установку нуля. Для этого:

8.2.7.1 Прогреть преобразователь измерительный в течение 1 часа.

8.2.7.2 Выполнить установку нуля и внутреннюю калибровку преобразователя измерительного путем ввода в поле команд открывшегося диалогового окна программы (рисунок 3) следующих команд: «CAL:ZERO:AUTO ONCE», «CAL:TYPE INT» и «CAL:AUTO ONCE». Для подтверждения введенных команд нажимать на программную клавишу «Send & Read».

8.2.7.3 В поле «Frequency (Hz)» панели «Instrument Properties» в правой части диалогового окна ПО N1819 Power Analysis Manager установить частоту сигнала на входе преобразователя 50 МГц.

8.2.7.4 Включить режим автоматического усреднения результатов измерений путем ввода в поле команд открывшегося диалогового окна программы (рисунок 3) следующих команд: «AVER:COUN:AUTO ON». Для подтверждения введенных команд нажимать на программную клавишу «Send & Read».

8.2.7.5 Установить единицы измерений «Ватт» преобразователя измерительного путем ввода команды «UNIT:POW W» в поле команд диалогового окна программы (рисунок 3). Для подтверждения введенной команды нажимать на программную клавишу «Send & Read».

8.2.7.6 Установить режим «Trigger mode» на преобразователе измерительном путем ввода команды «INIT:CONT OFF» в поле команд диалогового окна программы (рисунок 3). Для подтверждения введенной команды нажимать на программную клавишу «Send & Read».

8.2.7.7 В поле команд диалогового окна программы (рисунок 3) ввести команду «READ?», для подтверждения введенной команды нажать на программную клавишу «Send & Read» и снять показания.

8.2.7.8 П. 8.2.7.7 повторить 10 раз.

8.2.7.9 За показание установки нуля принять среднее значение по результатам наблюдений по пп. 8.2.7.1 – 8.2.7.8.

8.2.8 Результаты опробования считать положительными, если при подключении преобразователя измерительного идентификация преобразователя измерительного происходит правильно (отсутствуют сообщения ПО об ошибке установления соединения), серийный номер, указанный в ответном сообщении преобразователя измерительного, совпадает с серийным номером, указанным на корпусе и показания после установки нуля находятся в пределах 0 ± 25 нВт.

8.3 Идентификация программного обеспечения

8.3.1 Проверку соответствия заявленных идентификационных данных программного обеспечения (далее - ПО) преобразователя измерительного проводить в следующей последовательности:

- проверить наименование ПО;
- проверить идентификационное наименование ПО;
- проверить номер версии (идентификационный номер) ПО.

Наименование ПО и идентификационное наименование ПО проверить путем рассмотрения предоставленной фирмой-изготовителем технической документации и РЭ преобразователей измерительных.

Номер версии ПО преобразователя измерительного проверить при подключении преобразователя к ПЭВМ (номер версии ПО преобразователя при этом автоматически отображается на экране ПЭВМ).

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО преобразователя измерительного соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
U8480 Series Firmware	Программное обеспечение для измерителей мощности серии U8480	Версия не ниже A1.01.01	-	-

8.3.2 Проверку соответствия заявленных идентификационных данных программного обеспечения (ПО) ПЭВМ, предназначенного для управления режимами работы преобразователя измерительного, а также обработки результатов измерений, проводить в следующей последовательности:

- проверить наименование ПО;
- проверить идентификационное наименование ПО;
- проверить номер версии (идентификационный номер) ПО.

Наименование ПО и идентификационное наименование ПО проверить путем рассмотрения предоставленной фирмой-изготовителем технической документации и РЭ ПО N1918 Power Analysis Manager, находящейся в свободном доступе на сайте компании-производителя agilent.com.

Номер версии ПО определить, выбрав пункт «About» меню «Help» диалогового окна программы.

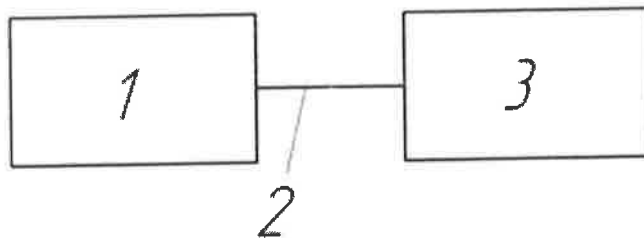
Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
N1918 Power Analysis Manager	N1918A Программное обеспечение для анализа мощности	Версия не ниже R03.08.00	-	-

8.4 Определение коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) входа

8.4.1 Определение КСВН входа преобразователя измерительного проводить по схеме, приведенной на рисунке 4.



1 – анализатор цепей векторный;

2 – СВЧ кабель¹⁾;

3 –веряемый преобразователь измерительный.

Рисунок 4 – Схема определения КСВН входа преобразователя измерительного

8.4.2 Прогреть средства измерений в течение 1 часа.

8.4.3 Провести калибровку анализатора цепей векторного с СВЧ кабелем в диапазоне частот от 0,01 до 18 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85054В при проверке преобразователей измерительных U8481А и в диапазоне частот от 0,01 до 26,5 ГГц с использованием набора мер коэффициентов передачи и отражения 85052В при проверке преобразователей измерительных U8485А согласно РЭ анализатора.

8.4.4 Подключитьверяемый преобразователь измерительный к тестовому порту анализатора цепей векторного и перевести анализатор в режим измерений коэффициента стоячей волны по напряжению согласно РЭ анализатора.

8.4.5 Провести измерения КСВН входа преобразователя измерительного.

8.4.6 При проверке преобразователя измерительного U8481А (опция 200), (или U8485А (опция 200)) определить условное значение КСВН на постоянном токе. Для этого:

- собрать схему, представленную на рисунке 5;



1 – мультиметр;

2 – преобразователь измерительный U8481А (опция 200), (или U8485А (опция 200)).

Рисунок 5 – Схема определения КСВН входа преобразователя измерительного U8481А (опция 200), (или U8485А (опция 200)) на постоянном токе

- перевести мультиметр в режим измерений сопротивления постоянному току;
- измерить значение сопротивления постоянному току (R) между наружным и внутренним проводниками соединителя коаксиального преобразователя измерительного U8481А (опция 200), (или U8485А (опция 200));
- если измеренное значение $R \geq 50 \text{ Ом}$, то рассчитать условное значение КСВН (K_0) по формуле (1):

$$K_0 = \frac{R}{50} \quad (1)$$

- если измеренное значение $R \leq 50 \text{ Ом}$, то рассчитать условное значение КСВН (K_0) по формуле (2):

¹⁾ При необходимости к входному порту кабеля соединительного подключают соответствующий переход коаксиальный измерительный (см. таблицу 2).

$$K_0 = \frac{50}{R} \quad (2)$$

8.4.7 Результаты определения КСВН входа считать положительными, если измеренные значения КСВН в каждом частотном поддиапазоне не превышают значений указанных в таблице 6.

Таблица 6

Тип преобразователя измерительного	Частотный поддиапазон	КСВН входа преобразователя измерительного, не более
U8481A (опция 100)	от 10 до 30 МГц	1,37
	от 30 до 50 МГц	1,14
	от 50 до 2 ГГц	1,08
	от 2 до 12,4 ГГц	1,16
	от 12,4 до 18 ГГц	1,23
U8481A (опция 200)	от 0 до 10 МГц	1,11
	от 10 до 30 МГц	1,37
	от 30 до 50 МГц	1,14
	от 50 до 2 ГГц	1,08
	от 2 до 12,4 ГГц	1,16
U8485A (опция 100)	от 10 до 30 МГц	1,33
	от 30 до 50 МГц	1,08
	от 50 до 2 ГГц	1,05
	от 2 до 12,4 ГГц	1,14
	от 12,4 до 18 ГГц	1,19
U8485A (опция 200)	от 18 до 26,5 ГГц	1,26
	от 0 до 10 МГц	1,07
	от 10 до 30 МГц	1,33
	от 30 до 50 МГц	1,08
	от 50 до 2 ГГц	1,05
U8485A (опция 200)	от 2 до 12,4 ГГц	1,14
	от 12,4 до 18 ГГц	1,19
	от 18 до 26,5 ГГц	1,26

8.4.8 Результаты измерений КСВН входа преобразователя измерительного на частотах, указанных в таблице 7 занести в протокол поверки.

Таблица 7

Значение частоты	Тип преобразователя измерительного			
	U8481A (опция 100)	U8481A (опция 200)	U8485A (опция 100)	U8485A (опция 200)
0 Гц	-	+	-	+
9 кГц	-	+	-	+
30 кГц	-	+	-	+
50 кГц	-	+	-	+
100 кГц	-	+	-	+
300 кГц	-	+	-	+
500 кГц	-	+	-	+
1 МГц	-	+	-	+
3 МГц	-	+	-	+
5 МГц	-	+	-	+
10 МГц	+	+	+	+
30 МГц	+	+	+	+
50 МГц	+	+	+	+
100 МГц	+	+	+	+

300 МГц	+	+	+	+
500 МГц	+	+	+	+
1 ГГц	+	+	+	+
2 ГГц	+	+	+	+
3 ГГц	+	+	+	+
4 ГГц	+	+	+	+
5 ГГц	+	+	+	+
6 ГГц	+	+	+	+
7 ГГц	+	+	+	+
8 ГГц	+	+	+	+
9 ГГц	+	+	+	+
10 ГГц	+	+	+	+
11 ГГц	+	+	+	+
12 ГГц	+	+	+	+
12,4 ГГц	+	+	+	+
13 ГГц	+	+	+	+
14 ГГц	+	+	+	+
15 ГГц	+	+	+	+
16 ГГц	+	+	+	+
17 ГГц	+	+	+	+
18 ГГц	+	+	+	+
19 ГГц	-	-	+	+
20 ГГц	-	-	+	+
21 ГГц	-	-	+	+
22 ГГц	-	-	+	+
23 ГГц	-	-	+	+
24 ГГц	-	-	+	+
25 ГГц	-	-	+	+
26 ГГц	-	-	+	+
26,5 ГГц	-	-	+	+

8.5 Определение границ нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности

8.5.1 Определение границ нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности проводить в следующей последовательности:

8.5.1.1 Запустить на ПЭВМ с установленным программным пакетом Agilent IO Libraries Suite ПО Agilent Connection Expert. Программный пакет Agilent IO Libraries Suite находится в открытом доступе на сайте фирмы-производителя (agilent.com или <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?nid=-33002.977662.00&lc=rus&cc=RU>).

8.5.1.2 Подключить поверяемый преобразователь измерительный к ПЭВМ через USB порт.

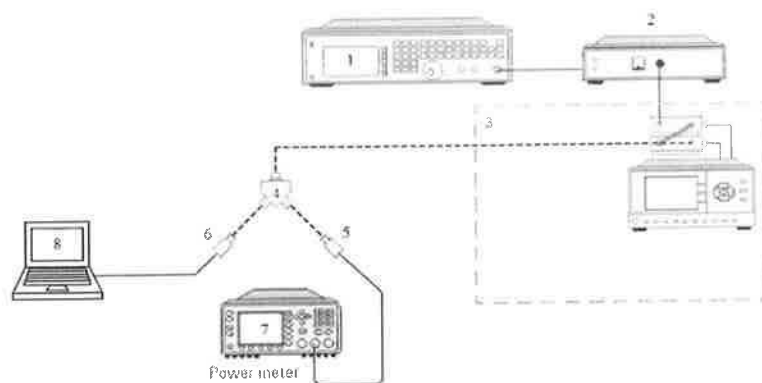
8.5.1.3 Выполнить установку нуля и калибровку поверяемого преобразователя измерительного в ПО N1918 согласно РЭ преобразователя.

8.5.1.4 Выполнить установку нуля и калибровку преобразователя измерительного N8481A (или N8485A)¹⁾ и блока измерительного ваттметра N1914A согласно РЭ.

8.5.1.5 Подключить делитель мощности к выходу «RF» генератора сигналов.

8.5.1.6 Собрать схему, представленную на рисунке 6.

¹⁾ Преобразователь измерительный N8481A (или N8485A) выбирается исходя из типа коаксиального соединителя поверяемого преобразователя измерительного



- 1 – генератор сигналов;
- 2 – усилитель;
- 3 – комплект аттенюаторов коаксиальных ступенчатых 8494Н, 8496Н;
- 4 – делитель мощности²⁾;
- 5 – преобразователь измерительный N8481A (или N8485A);
- 6 – поверяемый преобразователь измерительный;
- 7 – блок измерительный ваттметра N1914A;
- 8 – ПЭВМ.

Рисунок 6 – Схема определения границ нелинейности амплитудной характеристики

8.5.1.7 Настроить поверяемый преобразователь измерительный на частоту 50 МГц, для этого ввести значение частоты в поле «Frequency (Hz)» панели «Instrument Properties» в правой части диалогового окна ПО N1819 Power Analysis Manager.

8.5.1.8 Настроить блок измерительный ваттметра N1914A и подключенный к нему преобразователь измерительный N8481A (или N8485A) на частоту 50 МГц согласно РЭ блока измерительного.

8.5.1.9 Установить частоту сигнала на выходе генератора 50 МГц.

8.5.1.10 При помощи регулировки выходной мощности генератора и (или) комплекта аттенюаторов коаксиальных ступенчатых 8494Н, 8496Н получить значение, измеренное с помощью поверяемого преобразователя измерительного максимально приближенное к 0 дБ относительно 1 мВт.

8.5.1.11 Измерить мощность сигнала на выходе делителя мощности P_0 при помощи поверяемого преобразователя измерительного и $P_0^{ЭТ}$ при помощи преобразователя измерительного N8481A (или N8485A) и записать значения в таблицу 8 в строке 2.

²⁾ Делитель мощности выбирается исходя из диапазона рабочих частот и типа коаксиального соединителя поверяемого преобразователя измерительного (см. таблицу 2).

Таблица 8

№/ №	Значения мощности сигнала на выходе делителя мощности, дБ относительно 1 мВт	P_i	$P_i^{\text{эт}}$	P_{norm}	$P_{\text{norm}}^{\text{эт}}$	Допустимые границы нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности, %
1	2	3	4	5	6	7
1	минус 1					$\pm 0,50$
2	0					$\pm 0,50$
3	1					$\pm 0,50$
4	2					$\pm 0,50$
5	3					$\pm 0,50$
6	4					$\pm 0,50$
7	5					$\pm 0,50$
8	6					$\pm 0,50$
9	7					$\pm 0,50$
10	8					$\pm 0,50$
11	9					$\pm 0,50$
12	10					$\pm 0,50$
13	11					$\pm 0,50$
14	12					$\pm 0,50$
15	13					$\pm 0,50$
16	14					$\pm 0,50$
17	15					$\pm 0,50$
18	16					$\pm 0,75$
19	17					$\pm 0,75$
20	18					$\pm 0,75$
21	19					$\pm 0,75$
22	20					$\pm 0,75$

8.5.1.12 Повторить измерения по п. 8.5.1.11 для всех значений мощности сигнала (P_i) на выходе делителя мощности указанных в столбце 2 таблицы 8. Для определения границ нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне от 15 до 20 дБ относительно 1 мВт подключить перед преобразователем N8481A аттенюатор 8491В при поверке преобразователей измерительных U8481A, или перед преобразователем N8485A аттенюатор 8493С при поверке преобразователей измерительных U8485A.

8.5.1.13 Рассчитать нормирующее значение мощности P_{norm} ($P_{\text{norm}}^{\text{эт}}$) для каждого значения мощности из таблицы 8 по формуле (3):

$$P_{\text{norm}} = P_i - P_0, \text{ дБ относительно 1 мВт} \quad (3)$$

где P_i – измеренное значение мощности, дБ относительно 1 мВт,

P_0 – значение на выходе делителя мощности P_0 или $P_0^{\text{эт}}$, дБ относительно 1 мВт.

8.5.1.14 Рассчитать нелинейность амплитудной характеристики по формуле (4):

$$\delta = [10^{0,1(P_{\text{norm}} - P_{\text{norm}}^{\text{эт}})} - 1] \cdot 100, \% \quad (4)$$

8.5.2 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанные значения нелинейности амплитудной характеристики в диапазоне измерений мощности находятся в допускаемых границах (см. таблицу 8).

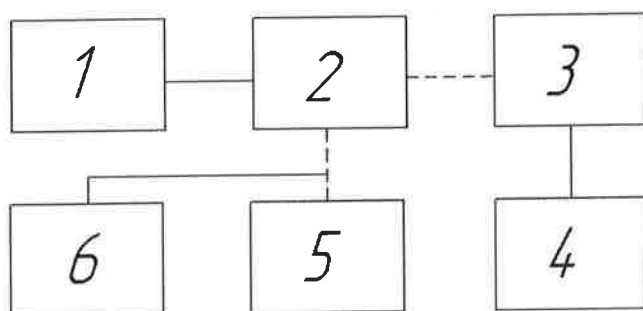
8.6 Определение коэффициента калибровки

8.6.1 Определение коэффициента калибровки на постоянном токе ¹⁾

8.6.1.1 Определение коэффициента калибровки на постоянном токе проводить в следующей последовательности:

- запустить на ПЭВМ с установленным программным пакетом Agilent IO Libraries Suite ПО Agilent Connection Expert. Программный пакет Agilent IO Libraries Suite находится в открытом доступе на сайте фирмы-производителя (agilent.com или <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsp?nid=-33002.977662.00&lc=rus&cc=RU>);

- подключить поверяемый преобразователь измерительный к ПЭВМ через USB порт;
- выполнить установку нуля и калибровку поверяемого преобразователя измерительного в ПО N1918 согласно РЭ преобразователя;
- установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт;
- собрать схему, представленную на рисунке 7;



- 1 – источник питания постоянного тока 6611С;
- 2 – делитель мощности²⁾;
- 3 – поверяемый преобразователь измерительный;
- 4 – ПЭВМ;
- 5 – мультиметр 3458А³⁾;
- 6 – магазин сопротивлений Р4831-М1.

Рисунок 7 – Схема определения коэффициента калибровки на постоянном токе

- в поле «Frequency (Hz)» панели «Instrument Properties» в правой части диалогового окна ПО N1819 Power Analysis Manager установить частоту сигнала на входе преобразователя 0 Гц;

- установить на магазине сопротивлений Р4831-М1 значение сопротивления 50 Ом;
- установить на источнике питания 6611С режим стабилизации выходного напряжения, значение напряжения на выходе источника 0,32 В;

- измерить напряжение V_1 на выходе делителя мощности нагруженного на сопротивление 50 Ом при помощи мультиметра 3458А и мощность при помощи преобразователя измерительного $P_{и1}$;

- поменять местами мультиметр 3458А и поверяемый преобразователь измерительный;
- измерить напряжение V_2 на выходе делителя мощности при помощи мультиметра 3458А и мощность при помощи преобразователя измерительного $P_{и2}$;

- рассчитать мощность сигнала $P_{ип}$ измеренную при помощи преобразователя измерительного по формуле (5):

$$P_{ип} = \frac{P_{и1} + P_{и2}}{2}, \text{ мВт} \quad (5)$$

- рассчитать значение мощности сигнала по формулам (6):

$$P_1 = V_1^2 / R_n, \quad P_2 = V_2^2 / R_n \quad (6)$$

¹⁾ Только для U8481A (опция 200), (или U8485A (опция 200)).

²⁾ Выбирается, исходя из диапазона частот, в котором проводится определение коэффициента калибровки (см. таблицу 2).

³⁾ Для подключения использовать необходимые переходы (см. таблицу 2). При подключении мультиметра 3458А подключить в качестве нагрузки магазин сопротивлений Р4831 с установленным значением 50 Ом.

где R_n - значение сопротивления нагрузки (50 Ом);

- рассчитать мощность сигнала P_i измеренную при помощи мультиметра 3458А по формуле (5), где $P_{и1}=P_1$ и $P_{и2}=P_2$;

- определить коэффициент калибровки поверяемого преобразователя измерительного по формуле (7):

$$K_{k_i} = \frac{P_{ип}}{P_i}, \quad (7)$$

- повторить измерения и определение коэффициента калибровки преобразователя измерительного не менее трех раз;

- определить случайную составляющую погрешности измерений мощности $\Delta_{сл}^{1)}$ по формуле (8):

$$\Delta_{сл} = \frac{(K_k)_{\max} - (K_k)_{\min}}{\frac{1}{n} \sum (K_k)_i} \cdot \mu_n, \quad (8)$$

где n – число наблюдений;

μ_n – коэффициент, зависящий от числа наблюдений n (см. таблицу 9);

Таблица 9

Обозначение коэффициента	Значение числа наблюдений n							
	3	4	5	6	8	10	15	25
μ_n	1,0	0,73	0,58	0,48	0,37	0,31	0,22	0,18

- за величину коэффициента калибровки принять значение, рассчитанное по формуле (9):

$$K_{k_{cp}} = \frac{1}{n} \sum (K_k)_i, \quad (9)$$

где n – число наблюдений;

- определить составляющую погрешности измерений K_k за счет погрешности измерений КСВН по формуле (10):

$$\Delta_2 = \delta_{КСВН} \frac{K_{ин} - 1}{K_{ин} + 1}, \quad (10)$$

где $\delta_{КСВН}$ – относительная погрешность определения условного значения КСВН преобразователя измерительного ($\delta_{КСВН}$ соответствует значению погрешности измерений электрического сопротивления постоянному току мультиметром 3458А);

- рассчитать погрешность определения коэффициента калибровки по формуле (11):

$$\Delta = \pm \left(\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{сл}^2)} \right), \quad (11)$$

где Δ_1 – предел допускаемой погрешности измерений мощности постоянного тока при помощи мультиметра 3458А ($\Delta_1 = \sqrt{(2\delta_U)^2 + \delta_R^2}$, где δ_U – погрешность измерений напряжения постоянного тока мультиметром 3458А и δ_R – погрешность воспроизведения сопротивления постоянному току магазина сопротивления Р4831-М1);

- рассчитать значения границ доверительного интервала по формуле (12):

$$\Delta_k = \pm (K_{k_{cp}} + \Delta). \quad (12).$$

8.6.1.2 Рассчитанные значения коэффициентов калибровки на постоянном токе, погрешность определения коэффициента калибровки и значения границ доверительного интервала внести в протокол поверки и свидетельство о поверке преобразователя измерительного.

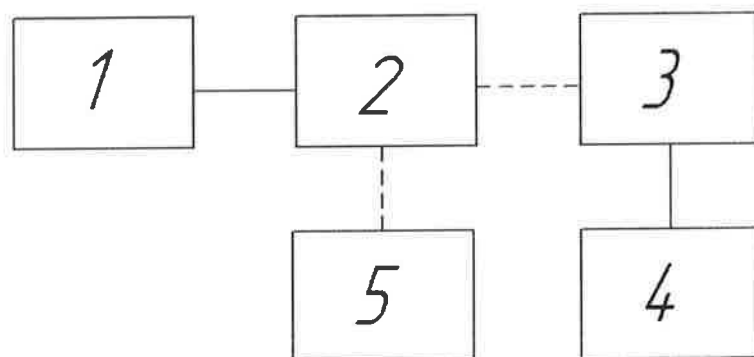
¹⁾ Значение $\Delta_{сл}$ не должно превышать $\pm 0,21$ %.

8.6.2 Определение коэффициента калибровки преобразователей измерительных в диапазоне частот от 9 кГц до 26,5 ГГц

8.6.2.1 Определение коэффициента калибровки в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц проводить в следующей последовательности:

- запустить на ПЭВМ с установленным программным пакетом Agilent IO Libraries Suite ПО Agilent Connection Expert. Программный пакет Agilent IO Libraries Suite находится в открытом доступе на сайте фирмы-производителя (agilent.com или <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsx?nid=-33002.977662.00&lc=rus&cc=RU>);

- подключить поверяемый преобразователь измерительный к ПЭВМ через USB порт;
 - выполнить установку нуля и калибровку поверяемого преобразователя измерительного в ПО N1918 согласно РЭ преобразователя;
 - установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт;
 - собрать схему, представленную на рисунке 8. Для определения коэффициента калибровки в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц использовать в указанной схеме вольтметр высокочастотный 92ЕА (см. таблицу 2).



1 – генератор сигналов¹⁾;

2 – делитель мощности¹⁾;

3 – поверяемый преобразователь измерительный;

4 – ПЭВМ;

5 – вольтметр высокочастотный 92ЕА (эталонный ваттметр поглощаемой мощности²⁾).

Рисунок 8 – Схема определения коэффициента калибровки от 9 кГц до 26,5 ГГц

- в поле «Frequency (Hz)» панели «Instrument Properties» в правой части диалогового окна ПО N1819 Power Analysis Manager установить частоту сигнала на входе преобразователя 10 МГц при поверке преобразователей с опцией 100 (или 9 кГц при поверке преобразователей с опцией 200);

- установить частоту сигнала генератора 10 МГц при поверке преобразователей с опцией 100 (или 9 кГц при поверке преобразователей с опцией 200);

- установить мощность сигнала генератора 1 мВт;

- измерить напряжение V_1 на выходе делителя мощности при помощи вольтметра высокочастотного 92ЕА и мощность при помощи преобразователя измерительного $P_{и1}$;

- поменять местами вольтметр высокочастотный 92ЕА и поверяемый преобразователь измерительный;

- измерить напряжение V_2 на выходе делителя мощности при помощи вольтметра высокочастотного 92ЕА и мощность при помощи преобразователя измерительного $P_{и2}$;

- рассчитать мощность сигнала $P_{ип}$ измеренную при помощи преобразователя измерительного по формуле (5);

¹⁾ Выбирается, исходя из диапазона частот, в котором проводится определение коэффициента калибровки (см. таблицу 2).

²⁾ В качестве эталонного ваттметра поглощаемой мощности в диапазонах частот до 18 ГГц использовать ваттметр МЗ-54, в диапазонах частот выше 18 ГГц использовать ваттметр МЗ-22А с преобразователями измерительными (см. таблицу 2) и коаксиально-волноводными переходами. Допускается замена делителей мощности и ваттметров поглощающей мощности ваттметрами проходными или калибраторами мощности соответствующего диапазона частот и типа коаксиального соединителя.

- рассчитать входное сопротивление преобразователя измерительного по формулам (13):

$$R_{н1} = 50 \text{ Ом} \cdot K_{СТУ}, R_{н2} = 50 \text{ Ом} / K_{СТУ} \quad (13)$$

где $K_{СТУ}$ – измеренное значение КСВН входа преобразователя измерительного на частоте 10 МГц (или 9 кГц), (см. п. 8.4);

- рассчитать значение мощности сигнала по формулам (6), где $R_{н1}$ и $R_{н2}$ рассчитаны по формулам (13);

- рассчитать мощность сигнала P_i измеренную при помощи вольтметра высокочастотного 92ЕА по формуле (5), где $P_{и1}=P_1$ и $P_{и2}=P_2$;

- определить коэффициент калибровки преобразователя измерительного по формуле (7);

- повторить измерения и определение коэффициента калибровки преобразователя измерительного не менее трех раз;

- определить случайную составляющую погрешности измерений мощности $\Delta_{сл}^{1)}$ по формуле (8);

- за величину коэффициента калибровки принять значение, рассчитанное по формуле (9);

- определить составляющую погрешности измерений K_k за счет погрешности измерений КСВН по формуле (10), где $\delta_{КСВН}$ – относительная погрешность определения значения КСВН преобразователя измерительного ($\delta_{КСВН}$ соответствует значению погрешности измерений КСВН анализатора цепей векторного Е8363В).

- определить погрешность рассогласования Δ_p по формуле (14):

$$|\Delta_p| = 2|\Gamma_o| \cdot |\Gamma_{ип}|, \quad (14)$$

где $|\Gamma_o|$ – модуль эффективного коэффициента отражения выхода делителя мощности, $|\Gamma_{ип}|$ – модуль коэффициента отражения преобразователя измерительного;

- модуль коэффициента отражения $|\Gamma|$ определять по формуле (15):

$$|\Gamma| = \frac{K-1}{K+1}, \quad (15)$$

где K – значение КСВН;

- рассчитать погрешность определения коэффициента калибровки по формуле (16):

$$\Delta = \pm \left(\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{сл}^2} + \gamma \Delta_p \right), \quad (16)$$

где Δ_1 – предел допускаемой погрешности вольтметра высокочастотного 92ЕА,

γ – коэффициент зависящий от отношения $\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{сл}^2}}$ (см. таблицу 10);

Таблица 10

$\frac{3\Delta_p}{\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{сл}^2}}$	0	0,5	1	2	3	4	8	20	∞
γ	0	0,17	0,46	0,67	0,76	0,78	0,88	0,96	1,0

- рассчитать значения границ доверительного интервала по формуле (12);

- измерения и расчеты коэффициентов калибровки и погрешностей определения коэффициента калибровки повторить при значениях частоты сигнала генератора указанных в таблице 7.

8.6.2.2 Определение коэффициента калибровки в диапазоне частот от 30 МГц до 26,5 ГГц проводить в следующей последовательности:

¹⁾ Значение $\Delta_{сл}$ не должно превышать $\pm 0,21$ %.

- запустить на ПЭВМ с установленным программным пакетом Agilent IO Libraries Suite ПО Agilent Connection Expert. Программный пакет Agilent IO Libraries Suite находится в открытом доступе на сайте фирмы-производителя (agilent.com или <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsx?nid=-33002.977662.00&lc=rus&cc=RU>);

- подключить поверяемый преобразователь измерительный к ПЭВМ через USB порт;
- выполнить установку нуля и калибровку поверяемого преобразователя измерительного в ПО N1918 согласно РЭ преобразователя;

- установить единицы измерений мощности преобразователем измерительным – Ватт;
- собрать схему, представленную на рисунке 8. Для определения коэффициента калибровки в диапазоне частот от 30 МГц до 26,5 ГГц использовать в указанной схеме эталонный ваттметр поглощаемой мощности (см. таблицу 2);

- в поле «Frequency (Hz)» панели «Instrument Properties» в правой части диалогового окна ПО N1819 Power Analysis Manager установить частоту сигнала на входе преобразователя 30 МГц;

- установить частоту сигнала генератора 30 МГц. Установить мощность сигнала на выходе делителя мощности 1 мВт, (значение мощности (P_o) контролировать при помощи эталонного ваттметра);

- поменять местами эталонный ваттметр поглощаемой мощности и поверяемый преобразователь измерительный;

- снять показание измеренного при помощи поверяемого преобразователя измерительного значения мощности $P_{ин}$;

- определить коэффициент калибровки поверяемого преобразователя измерительного по формуле (7), где $P_i = 1$ мВт;

- повторить измерения и определение коэффициента калибровки преобразователя измерительного не менее трех раз;

- выполнить расчеты по формулам (8) и (9);

- определить составляющую погрешности измерений K_k за счет погрешности измерений КСВН по формуле (10), где $\delta_{КСВН}$ – относительная погрешность определения значения КСВН преобразователя измерительного ($\delta_{КСВН}$ соответствует значению погрешности измерений КСВН анализатора цепей векторного E8363B).

- выполнить расчеты по формулам (14) и (15);

- рассчитать погрешность определения коэффициента калибровки по формуле (16), где Δ_1 – предел допускаемой погрешности эталонного ваттметра;

- рассчитать значения границ доверительного интервала по формуле (12);

- измерения и расчеты коэффициентов калибровки и погрешностей определения коэффициента калибровки повторить при значениях частоты сигнала генератора указанных в таблице 7.

8.6.2.3 Рассчитанные значения коэффициентов калибровки в диапазоне частот от 9 кГц до 26,5 ГГц, погрешность определения коэффициента калибровки и значения границ доверительного интервала внести в протокол поверки и свидетельство о поверке преобразователя измерительного.

8.7 Определение допускаемой относительной погрешности установки выходной мощности встроенного калибратора

8.7.1 Определение допускаемой относительной погрешности установки выходной мощности встроенного калибратора проводить по схеме, приведенной на рисунке 9.

где $R_{н1}$ – значения входного сопротивления преобразователя на частоте 50 МГц, рассчитанные по формулам (13), $K_{сту}$ – измеренное значение КСВН входа преобразователя измерительного на частоте 50 МГц.

8.7.13 Установить режим «Trigger mode» на преобразователе измерительном путем ввода команды «INIT:CONT OFF» в поле команд диалогового окна программы (рисунок 3). Для подтверждения введенной команды нажимать на программную клавишу «Send & Read».

8.7.14 В поле команд диалогового окна программы (рисунок 3) ввести команду «READ?», для подтверждения введенной команды нажать на программную клавишу «Send & Read» и снять показания выходной мощности встроенного калибратора преобразователя измерительного P_i .

8.7.15 Рассчитать относительную погрешность установки выходной мощности встроенного калибратора 1 мВт по формуле (18):

$$\delta_i = \frac{P_{вхi} - P_i}{P_{вхi}} \cdot 100\% \quad (17)$$

8.8 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности установки выходной мощности встроенного калибратора находятся в пределах $\pm 0,52\%$.

9 Оформление результатов поверки

9.1 При положительных результатах поверки на преобразователь измерительный выдается свидетельство установленной формы.

9.2 Свидетельстве о поверке оформляется в соответствии с приложением 1 к «Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. N 1815». В свидетельстве о поверке в поле «поверено (наименование величин, диапазонов, на которых поверено СИ)» должны быть указаны величины, погрешность измерения которых контролировалась в процессе проведения поверки. При невозможности уместить требуемый текст в указанное поле, в нем должно быть сделано примечание «см. на обороте» и значение данного поля должно быть приведено на второй (обратной) стороне свидетельства о поверке.

Подраздел 9.2 (Измененная редакция, Изм. № 1)

9.3 В случае отрицательных результатов поверки поверяемый преобразователь измерительный признается непригодным к применению, свидетельство о поверке аннулируется, на преобразователь измерительный выписывается извещение о непригодности к применению.

Подраздел 9.3 (Измененная редакция, Изм. № 1)

Начальник НИО-6



В.И. Добровольский