

13 Поверка

13.1 Общие сведения

13.1.1 Настоящий раздел составлен в соответствии с требованиями ПР50.2.006-94 "ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений" и устанавливает методы и средства поверки.

13.1.2 Модули подвергаются периодической поверке один раз в год при эксплуатации и хранении, а также первичной поверке при выпуске из производства и из ремонта.

13.1.3 Перед проведением поверки базовый блок с поверяемым модулем и используемое оборудование должны быть заземлены.

13.1.4 Поверитель должен быть аттестован в соответствии с ПР 50.2.012-94 и обладать навыками работы на персональном компьютере.

13.2 Средства поверки

13.2.1 При выполнении поверки применяются средства измерений, указанные в таблице 13.1.

Таблица 13.1

Наименование	Рекомендуемый тип	Используемые параметры	Пункт методики	Примечание
Частотомер электронно- счетный	ЧЗ-66	Диапазон частот		
		50 МГц-8,5 ГГц,		
		Разрешающая спо-		
		собность 1 Гц,		
		Относительная по-		
		грешность измере-		
		ния частоты		
		$\pm 1 \cdot 10^{-5}$, внешняя		
синхронизация				

Продолжение таблицы 13.1

Наименование	Тип или обозначение	Используемые параметры	Пункт методики	Примечание
Измеритель мощности вычислительный с блоком	СКЗ-45	Диапазон частот 50 МГц - 8,5 ГГц		
Компаратор частотный	Я7С-103А	погрешность измерения коэффициента АМ $\pm 2\%$		
Стандарт частоты	ЧК7-51	Формирование сигнала с частотой 10 МГц при частоте входного сигнала 5 МГц, вносимая относительная погрешность $\pm 1 \cdot 10^{-10}$		
Стандарт частоты	Ч1-81/3	Номинальное значение частоты выходного сигнала 5 МГц Относительная погрешность за 1 год $1 \cdot 10^{-9}$. Напряжение $(1 \pm 0,2)$ В на нагрузке 50 Ом		

Продолжение таблицы 13.1

Наименование	Тип или обозначение	Используемые параметры	Пункт методики	Примечание
Анализатор спектра	С4-85	Диапазон частот 50 МГц-22 ГГц, по- лоса пропускания 50 Гц-3 МГц, полоса обзора 50 МГц-20 ГГц, $P_{\min} = 5 \cdot 10^{-9}$ Вт, Погрешность изме- рения мощности $\pm 2,0$ дБ		
Генератор сигналов	ГЗ-118	Диапазон частот 10 Гц-20 кГц, по- грешность установ- ки частоты ± 2 %, выходное напряже- ние (0-5)В на на- грузке 600 Ом		
Осциллограф универсальный	С1-114/1	Полоса пропуска- ния 0- 50 МГц, коэффициент откло- нения 5 мВ/дел - 0,5 В/дел, вход- ное сопротивление 50 Ом, погреш - ность ± 5 %		

Продолжение таблицы 13.1

Наименование	Тип или обозначение	Используемые параметры	Пункт методики	Примечание
Вольтметр универсальный	В7-46	Диапазон напряжений постоянного тока 10 мкВ-100 В напряжений переменного тока 100мкВ-50 В, пределы измерений сопротивлений 0,1 Ом-20 МОм, погрешность измерения напряжений: постоянного 0,1% переменного 0,5%		

Продолжение таблицы 13.1

Наименование	Тип или обозначение	Используемые параметры	Пункт методики	Примечание
Генератор импульсов	Г5-56	Длительность импульса от 100 нс до 1 мс, частота следования 50 Гц-10 кГц, длительность фронта и среза 10 нс, амплитуда импульса 0-5 В, погрешность установки длительности $\pm 1\%$		

П р и м е ч а н и я

1. Вместо указанных в таблице 12.1 средств измерений разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Используемые средства измерений должны быть поверены в соответствии с ПР50.2.006-94.

13.3 Операции поверки

13.3.1 Состав и последовательность проведения операций, выполненных при поверке, приведены в таблице 13.2.

Таблица 13.2

Наименование операции	Проверяемая отметка	Допускаемая погрешность или предельное значение параметра	Первичная поверка	Периодическая поверка	Пункт методики
Внешний осмотр			да	да	13.5.2
Проверка функционирования			да	да	13.5.3
Определение метрологических характеристик модуля по частоте:					
- погрешности установки частоты	80, 1000, 2020 МГц 1980, 3600, 8170 МГц	$\pm 0,02$ ГГц $\pm 0,5$ %	да	да	13.5.4
- вносимая относительная погрешность в режиме ФАПЧ	100 МГц 1000 МГц 2000 МГц 3600 МГц 8150 МГц	$\pm 1 \cdot 10^{-8}$	да	да	13.5.5
Определение метрологических характеристик модуля по мощности:					
- максимального уровня мощности	от 100 до 8150 МГц	не менее 20 мВт	да	нет	13.5.6

Продолжение таблицы 13.2

Наименование операции	Проверяемая отметка	Допускаемая погрешность или предельное значение параметра	Первичная поверка	Периодическая поверка	Пункт методики
- основной погрешности установки мощности в режиме АРМ	от 13 до 0 дБм на 1000 и 3600 МГц; от 100 до 8150 МГц на 13 и 0 дБм	± 2 дБ	да	да	13.5.7
Определение метрологических характеристик модуля по модуляции:					
- основной абсолютной погрешности установки коэффициента АМ (М)	М = 3 % М = 10 % М = 30 % М = 50 % при частоте модуляции 0,05; 1 и 3 кГц на частотах 100, 2000 и 8150 МГц	$\pm 6,6$ % $\pm 8,0$ % $\pm 12,0$ % $\pm 16,0$ %	да	да	13.5.8
- параметров радиопараметров радиопульсов в режиме ИМ	На частотах 100, 1000, 2000, 3600 и 8150 МГц; длительность импульса: 300 нс при частоте следования 0,05; 1; 10 кГц; 500 мкс при частоте следования 1 кГц	Фронт и срез не более 50 нс, ослабление в паузе не менее 60 дБ, неравномерность вершины не более 10 %	да	да	13.5.9

Продолжение таблицы 13.2

Наименование операции	Проверяемая отметка	Допускаемая погрешность или предельное значение параметра	Первичная поверка	Периодическая поверка	Пункт методики
- отличия мощности во время импульса от мощности в режиме НГ	На частотах 100, 1000, 2000, 3600 и 8150 МГц; длительность импульса 500 мкс при частоте следования 1 кГц	± 2 дБ	да	нет	13.5.10

13.4 Условия поверки и подготовка к ней

13.4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды, град С 20 ± 5

относительная влажность воздуха, % ,

при температуре 25° С 30 - 80

атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) 84 - 106

(630-795)

13.4.2 Подготовьте модуль к поверке в соответствии с разделом 6 и подразделом 7.3.

13.5 Проведение поверки

13.5.1 Поверка проводится в соответствии с перечнем операций, указанным в таблице 13.2.

13.5.2 При внешнем осмотре проверьте соответствие модуля следующим требованиям:

- комплектность модуля должна соответствовать таблице 4.1;
- на правой боковой крышке модуля вверху и внизу должны быть пломбы завода-изготовителя;
- внешний вид модуля должен соответствовать требованиям подраздела 6.4.
- надписи на передней панели должны соответствовать таблице 7.1;

Модули, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

13.5.3 Проверку функционирования проводите в соответствии с указаниями подраздела 6.5 с применением для оценки исправности модуля средств поверки.

Неисправные модули также бракуются и направляются в ремонт.

13.5.4 Определение основной погрешности установки частоты проводите путем измерения частоты генерируемых колебаний с помощью электронно-счетного частотомера. Приборы соедините в соответствии с рисунком 13.1.

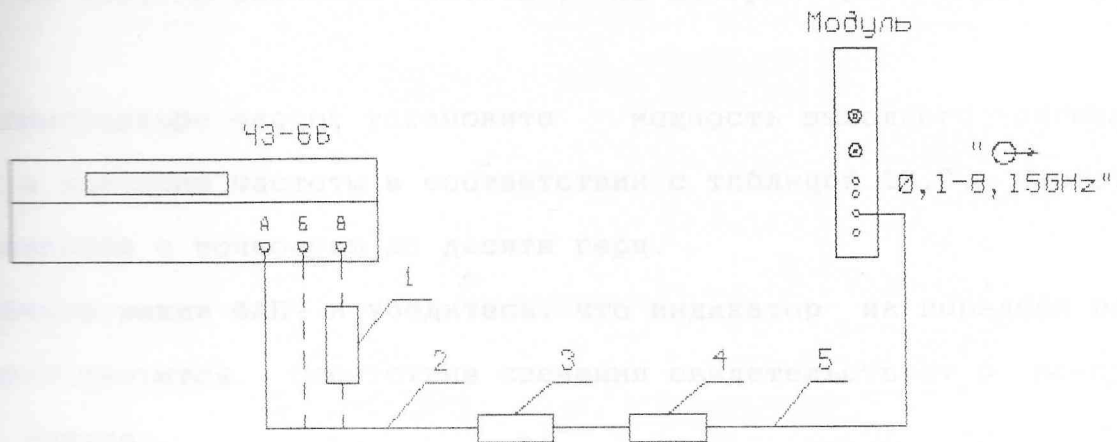
Время счета частотомера установите равным 1 с. Мощность выходного сигнала модуля установите равной 13 дБм (20 мВт).

Измерения проводите на крайних частотах поддиапазонов, соответствующих запасу по краям диапазона, и одной промежуточной частоте.

Основную погрешность установки частоты δf в процентах вычислите по формуле

$$\delta f = \frac{f_{\text{изм}} - f_{\text{уст}}}{f_{\text{уст}}} \cdot 100 \quad (13.1)$$

Результаты операции поверки считают удовлетворительными, если на каждой установленной частоте основная погрешность, вычисленная по формуле (13.1), находится в пределах, указанных в таблице 13.2.



- 1 - СВЧ смеситель ДЛИ2.245.012 из комплекта ЧЗ-66 в диапазоне 2-8,15ГГц
- 2 - кабель ВЧ ЯНТИ.685661.016 в диапазоне частот до 120 МГц или кабель соединительный ВЧ ЕЭ4.852.793 из комплекта модуля в диапазоне частот выше 100 МГц
- 3 - переход коаксиальный ЯНТИ.434541.027
- 4 - аттенюатор фиксированный ЕЭ2.260.142-03
- 5 - кабель коаксиальный ЯНТИ.685661.021-01 из комплекта модуля

Рисунок 13.1 - Схема подключения приборов для определения погрешности установки частоты

13.5.5 Определение относительной погрешности по частоте, вносимой модулем в режиме ФАПЧ, проводите на крайних и одной промежуточной частотах обоих поддиапазонов. Приборы подключите в соответствии с рисунком 13.2.

На модуле установите мощность выходного сигнала равной 10 дБм (20 мВт) и значение частоты, на которой производится поверка.

На синтезаторе частот установите мощность выходного сигнала 1,0 мВт и значение частоты в соответствии с таблицей 13.3. Частота устанавливается с точностью до десяти герц.

Включите режим ФАПЧ и убедитесь, что индикатор на передней панели модуля светится. Отсутствие свечения свидетельствует о неисправности модуля.

Таблица 13.3

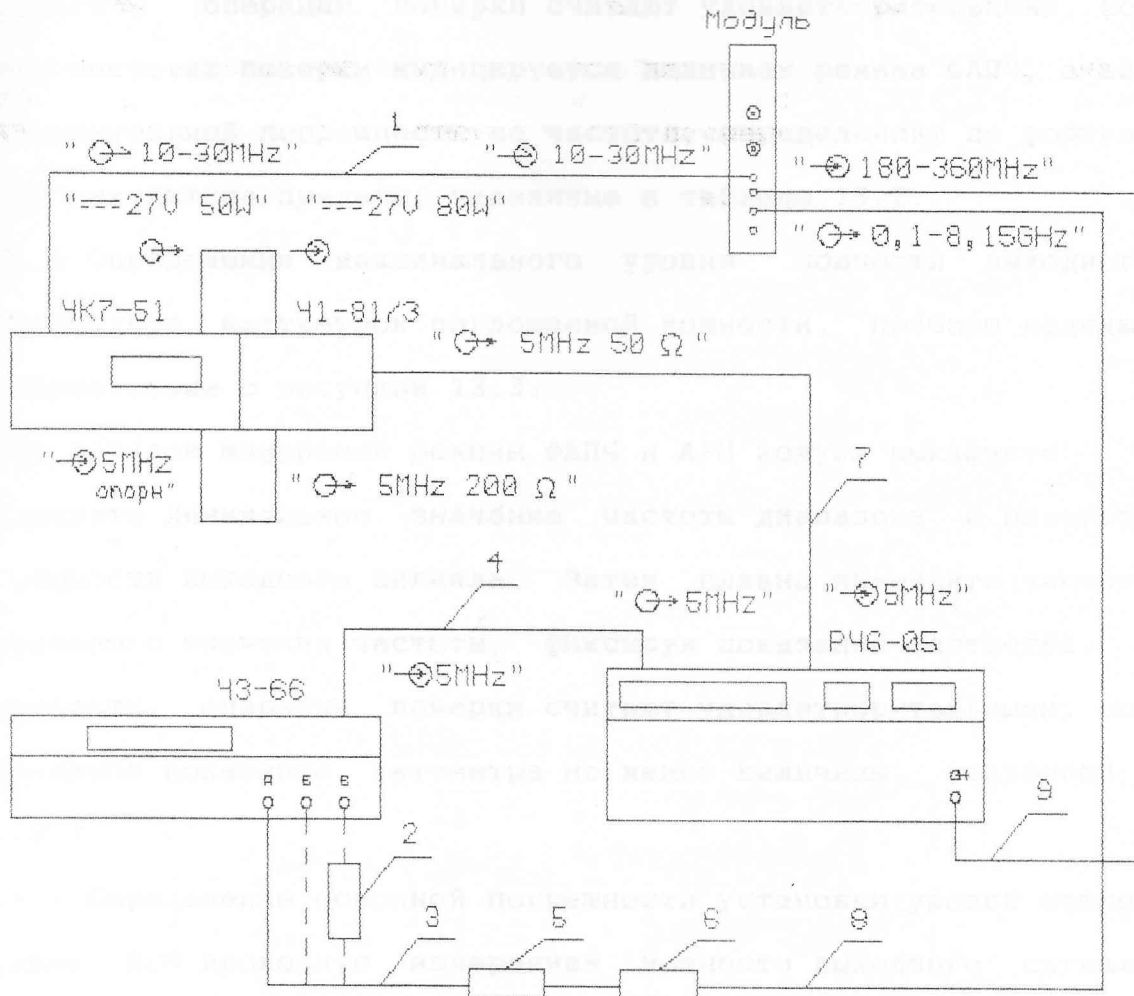
Частота поверки, МГц	Частота синтезатора, МГц
100	180,600000
1000	216,600000
2000	202,000000
2376	239,600000
3620	145,600000
8150	326,800000

Для определения вносимой относительной погрешности по частоте измерьте частоту выходного сигнала модуля $f_{изм}$ электронно-счетным частотомером. Время счета установите равным 1 с (разрешающая способность 1 Гц).

Относительную погрешность по частоте, вносимую модулем в режиме ФАПЧ, определите по формуле

$$\delta f_{вн} = \frac{f_{изм} - f_{уст}}{f_{уст}} \cdot 100, \quad (13.2)$$

где $f_{уст}$ - установленное значение частоты.



- 1 - кабель соединительный ЯНТИ.685671.489-01
- 2 - СВЧ-смеситель ДЛИ.245.012 из комплекта ЧЗ-66 в диапазоне частот 2 - 8,25 ГГц
- 3 - кабель ВЧ ЯНТИ.685661.016 в диапазоне частот до 120 МГц или кабель соединительный ВЧ ЕЭ4.852.793 в диапазоне частот выше 100 МГц
- 4,7 - кабель соединительный ЯНТИ.685661.032 из комплекта модуля
- 5 - переход коаксиальный ЯНТИ.434541.027
- 6 - аттенуатор фиксированный ЕЭ2.260.142-03
- 8 - кабель коаксиальный ЯНТИ.685661.021-01 из комплекта модуля
- 9 - кабель СВЧ ЯНТИ.685671.412

Рисунок 13.2 - Схема подключения приборов для определения вносимой относительной погрешности частоты в режиме ФАПЧ

Результаты операции поверки считают удовлетворительными, если на всех частотах поверки индицируется наличие режима ФАПЧ, а величина относительной погрешности по частоте, определенная по формуле (13.2), не выходит за пределы, указанные в таблице 13.2.

13.5.6 Определение максимального уровня мощности выходного сигнала проводите ваттметром поглощаемой мощности. Приборы подключите в соответствии с рисунком 13.3.

Перед началом измерений режимы ФАПЧ и АРМ модуля выключите.

Установите минимальное значение частоты диапазона и измерьте уровень мощности выходного сигнала. Затем плавно изменяйте частоту до максимального значения частоты, фиксируя показания ваттметра.

Результаты операции поверки считают удовлетворительными, если минимальное показание ваттметра не менее величины, указанной в таблице 13.2.

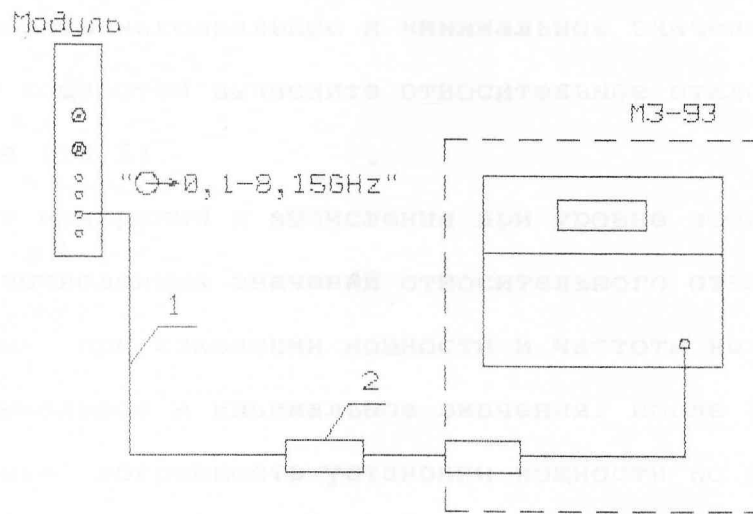
13.5.7 Определение основной погрешности установки уровня мощности в режиме АРМ проводите измерением мощности выходного сигнала модуля с помощью ваттметра поглощаемой мощности. Приборы подключите в соответствии с рисунком 13.3.

Перед началом измерений режим ФАПЧ выключите и включите режим АРМ.

Затем включите диапазон 0,1 - 2 ГГц и установите частоту, указанную в таблице 13.2. Установите максимальное значение мощности (13 дБм) и, уменьшая мощность ступенями через 1 дБ до минимального значения (0 дБм), произведите измерение мощности выходного сигнала. По результатам измерений для каждого установленного значения мощности $P_{уст}$ вычислите относительное отклонение мощности δ_1 по формуле

$$\delta_1 = \frac{P_{изм} - P_{уст}}{P_{уст}}, \quad (13.3)$$

где $P_{изм}$ - измеренная мощность выходного сигнала в милливаттах.



- 1 - кабель коаксиальный ЯНТИ.685661.021-01 из комплекта модуля
 2 - переход коаксиальный ЯНТИ.434541.027 из комплекта модуля

Рисунок 13.3 - Схема подключения приборов для определения максимального уровня и основной погрешности установки мощности в режиме АРМ

Аналогичные измерения и вычисления проведите в поддиапазоне 2.

После этого установите уровень мощности 13,0 дБм (20 мВт).

Частоту выходного сигнала модуля изменяйте от минимального до максимального значения (или от максимального до минимального значения) с дискретностью перестройки 100 МГц. На каждой частоте полного диапазона частот модуля измерьте мощность выходного сигнала и из полученного ряда выберите максимальное и минимальное значения мощности. Для этих значений мощностей вычислите относительное отклонение мощности δ по формуле (13.3).

Повторите измерения и вычисления при уровне мощности 0 дБм.

Из всех вычисленных значений относительного отклонения мощности, полученных при изменении мощности и частоты выходного сигнала, выберите максимальное и минимальное значения. После этого рассчитайте относительную погрешность установки мощности по формуле

$$\delta_P = \pm \sqrt{(\delta_1)^2 + (\delta_2)^2 + (\delta_3)^2 + (\delta_4)^2}, \quad (13.4)$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ — составляющие относительной погрешности, вычисляемые по формулам из таблицы 13.4.

В формуле (13.4) знак плюс относится к положительному значению относительного отклонения мощности, а знак минус — к отрицательному.

Для определения основной погрешности установки мощности в децибелах используйте формулу

$$\delta_{P_{дБ}} = 10 \lg (1 \pm \delta_P) \quad (13.5)$$

С целью упрощения расчетов в таблице 13.4 приведены значения составляющих $\delta_2, \delta_3, \delta_4$, вычисленные для типовых значений параметров используемых средств измерений и испытуемого модуля.

Результаты операции поверки считают удовлетворительными, если основная погрешность установки мощности, вычисленная по формуле (13.5), не выходит за пределы, указанные в таблице 13.2.

Таблица 13.4

Формулы для состав- ления относительной погрешности	Формулы для коэффициента отражения	Типовые значения	
		КСВн	погрешности
$\delta_1 = \frac{P_{\text{изм}} - P_{\text{уст}}}{P_{\text{уст}}}$	$\Gamma_{\Gamma} = \frac{K_{\Gamma} - 1}{K_{\Gamma} + 1}$	$K_{\Gamma} = 2,0$	-
$\delta_2 = \pm 2 \cdot \Gamma_{\Gamma} \cdot \Gamma_{\text{в}} $	$\Gamma_{\text{в}} = \frac{K_{\text{в}} - 1}{K_{\text{в}} + 1}$	$K_{\Gamma} = 1,3$	$\delta_2 = 0,086$
$\delta_3 = \pm 2 \cdot \Gamma_{\Gamma} \cdot \Gamma_{\text{н}} $	$\Gamma_{\text{н}} = \frac{K_{\text{н}} - 1}{K_{\text{н}} + 1}$	$K_{\text{н}} = 1,4$	$\delta_3 = 0,11$
$\delta_4 = \frac{\delta_3}{100}$			$\delta_4 = 0,06$

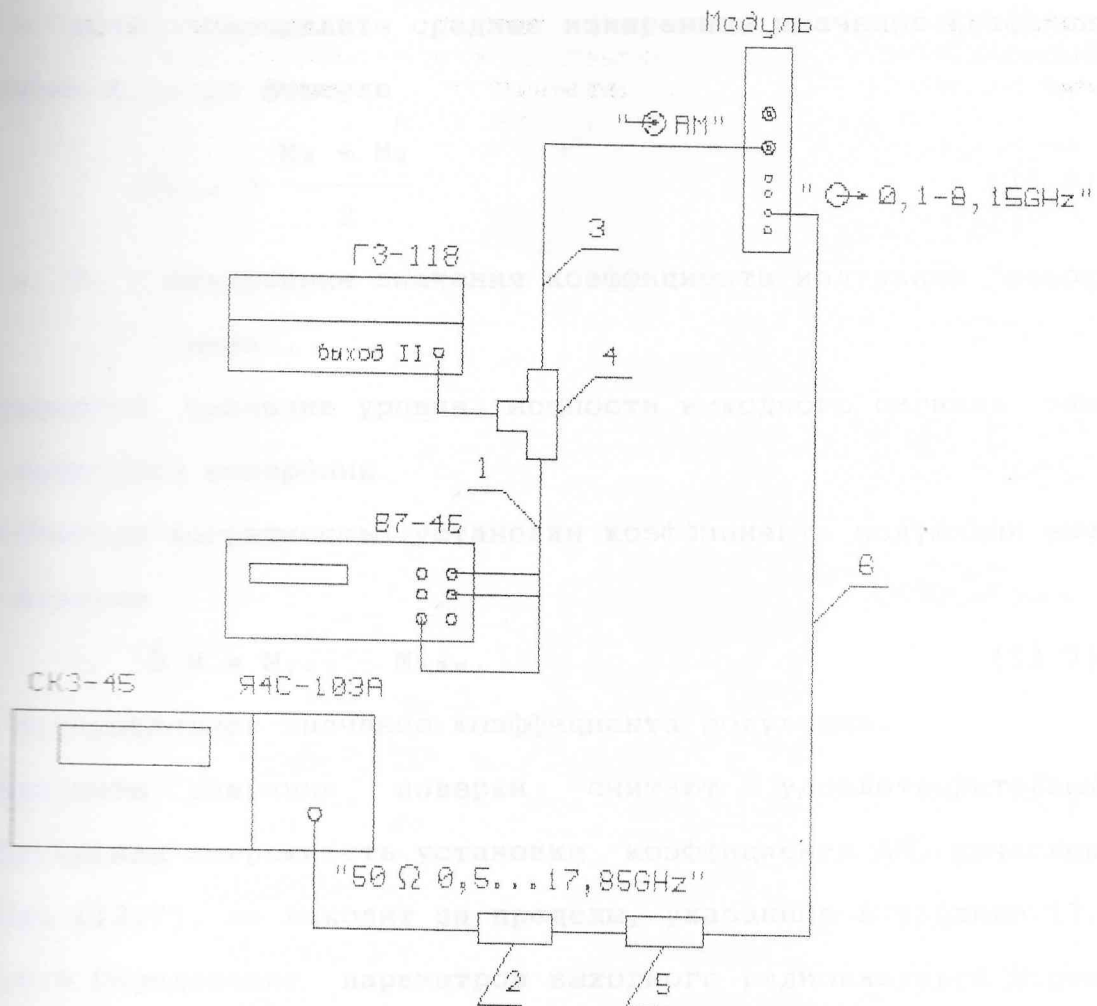
В таблице используются следующие обозначения:

- $P_{\text{уст}}$ - установленная мощность выходного сигнала в милливаттах,
- $P_{\text{изм}}$ - измеренная мощность выходного сигнала в милливаттах,
- K_{Γ} - КСВн выхода генератора,
- $K_{\text{в}}$ - КСВн входа ваттметра,
- $K_{\text{н}}$ - КСВн нагрузки,
- δ_3 - погрешность ваттметра в процентах.

13.5.8 Определение абсолютной погрешности установки коэффициента АМ проводите измерителем модуляции на крайних частотах поддиапазонов 1 и 2. Приборы подключите в соответствии с рисунком 13.4.

Режим ФАПЧ выключите, режим АРМ включите и установите уровень мощности выходного сигнала 10 дБм. Уровень сигнала на разъеме "АМ" модуля установите равным $(3 \pm 0,1)$ В и включите режим амплитудной модуляции.

Последовательно устанавливайте значение частоты модулирующего сигнала 0,05; 1,0 и 3,0 кГц и на каждой частоте значение коэффициента модуляции 3, 10, 30 и 50 %.



- 1 - кабель ЕХ4.850.192-01 из комплекта генератора ГЗ-118
- 2 - переход коаксиальный ЯНТИ.434541.026 из комплекта модуля
- 3 - кабель соединительный ЯНТИ.685661.032 из комплекта модуля
- 4 - тройник СР-50-95П из комплекта синтезатора РЧ6-04
- 5 - аттенюатор фиксированный ЕЭ2.260.142-02 из комплекта модуля
- 6 - кабель соединительный ЯНТИ.685661.021-01 из комплекта модуля

Рисунок 13.4 - Схема подключения приборов для определения абсолютной погрешности коэффициента АМ

Измерителем модуляции измерьте значения коэффициента модуляции "вверх" и "вниз". Определите среднее измеренное значение коэффициента модуляции $M_{изм}$ по формуле

$$M_{изм} = \frac{M_{в} + M_{н}}{2}, \quad (13.6)$$

где $M_{в}$ и $M_{н}$ - измеренные значения коэффициента модуляции "вверх" и "вниз".

Установите значение уровня мощности выходного сигнала равным 13 дБм и повторите измерения.

Абсолютную погрешность установки коэффициента модуляции вычислите по формуле

$$\Delta M = M_{уст} - M_{изм}, \quad (13.7)$$

где M - установленное значение коэффициента модуляции.

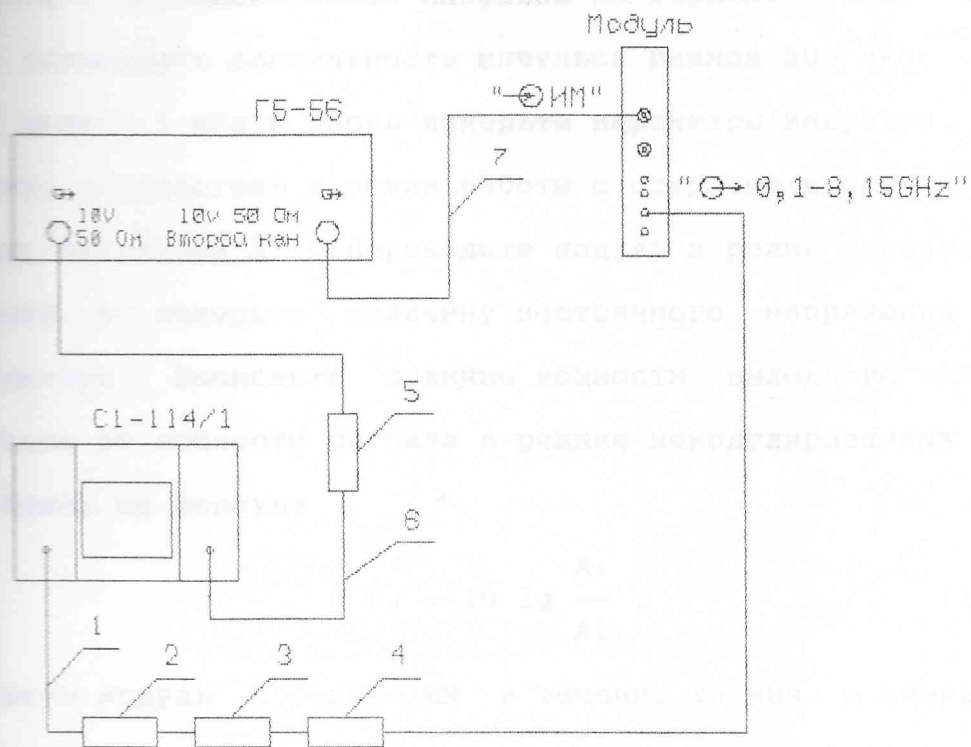
Результаты операции поверки считают удовлетворительными, если абсолютная погрешность установки коэффициента АМ, вычисленная по формуле (13.7), не выходит за пределы, указанные в таблице 13.2.

13.5.9 Определение параметров выходного радиоимпульса в режиме ИМ и отличия мощности выходного сигнала во время импульса от мощности сигнала в режиме немодулированных колебаний проводите с помощью осциллографа на крайних частотах рабочего диапазона. Приборы подключите в соответствии с рисунком 13.5.

Включите режим АРМ и установите уровень мощности выходного сигнала, равный 13 дБм (20 мВт). Включите режим импульсной модуляции и установите требуемую частоту.

Осциллограф переведите в режим внешней синхронизации.

На выходе генератора импульсов установите импульсы положительной полярности с амплитудой от 4 до 5 В и длительностью 300 нс.



- 1 - кабель ВЧ ЯНТИ.685661.016
- 2 - переход коаксиальный ЯНТИ.434541.025 из комплекта модуля
- 3 - детектор коаксиальный ДК901 ЯНТИ.467732.004ТУ
- 4 - аттенюатор фиксированный ЕЭ2.260.142-02 из комплекта модуля
- 5 - делитель 1/100 ЕХ2.727.203 из комплекта генератора Г3-118
- 6,7 - кабель соединительный ЯНТИ.685661.032 из комплекта модуля

Рисунок 13.5 - Схема подключения приборов для определения параметров радиоимпульса в режиме ИМ

Последовательно устанавливая частоту следования импульсов равной 1 и 10 кГц, проведите измерения длительностей фронта и среза импульсов и неравномерности импульса на вершине.

Затем установите длительность импульса равной 500 мкс, частоту следования равной 1 кГц и вновь измерьте параметры импульса.

Включите осциллограф в режим работы с открытым входом и измерьте амплитуду импульсов A_1 . Переведите модуль в режим немодулированных колебаний и измерьте величину постоянного напряжения A_2 на выходе детектора. Вычислите отличие мощности выходного сигнала во время импульса от мощности сигнала в режиме немодулированных колебаний в децибелах по формуле

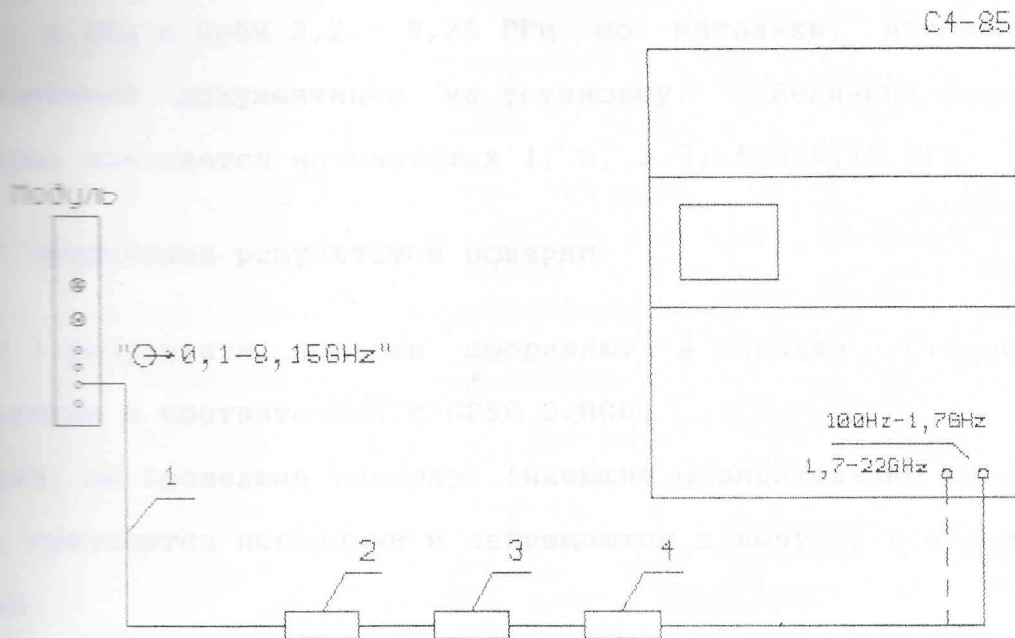
$$\delta P_{\text{и}} = 10 \lg \frac{A_1}{A_2}, \quad (13.8)$$

Выведите модуль в режим ИМ в течение 30 мин и вновь проведите аналогичные измерения и вычисления по формуле (13.8).

Определение подавления сигнала в паузе между импульсами проводите с помощью анализатора спектра. Приборы подключите в соответствии с рисунком 13.6.

Первоначально включите режим АРМ, установите уровень выходного сигнала равный 13 дБм (20 мВт) и анализатором спектра измерьте величину выходного сигнала в режиме немодулированных колебаний. Затем включите режим ИМ и по шкале анализатора спектра измерьте ослабление сигнала в паузе в децибелах.

Результаты операции проверки считают удовлетворительными, если на проверяемых частотах выходного сигнала длительность фронта и среза радиосигнала, ослабление сигнала в паузе и неравномерность его вершины не превышает требований, установленных в таблице 13.2, а отличие мощности выходного сигнала в импульсе от мощности сигнала в режиме НГ не выходит за пределы, установленные в таблице 13.2.



- 1 - кабель коаксиальный ЯНТИ.685661.021-01 из комплекта модуля
- 2 - аттенюатор фиксированный ЕЭ2.260.142-02 из комплекта модуля
- 3 - аттенюатор фиксированный ЕЭ2.260.142-03 из комплекта модуля
- 4 - переход коаксиальный ЯНТИ.434541.026 из комплекта модуля

Рисунок 13.6 - Схема подключения приборов для определения подавления сигнала в паузе между импульсами

13.6 Поверка фиксированных аттенюаторов

13.6.1 Поверку фиксированных аттенюаторов 10 и 20 дБ из комплекта калиброванного проводите установкой для измерения ослабления П-18/1 с использованием вставных блоков ПрбЧ 0,1 - 1200 МГц, ПбЧ 1,7 - 4 ГГц и ПрбЧ 3,2 - 8,26 ГГц по методике, изложенной в эксплуатационной документации на установку. Величина ослабления аттенюаторов измеряется на частотах 1; 2; 3,2; 5 и 8,15 ГГц.

13.7 Оформление результатов поверки

13.7.1 Результаты поверки оформляют в порядке, установленном на предприятии в соответствии с ПР50.2.006.

Модули, не прошедшие поверку (имеющие отрицательные результаты поверки), признаются негодными и запрещаются к выпуску в обращение и применение.