

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ЗАО ПФ «ЭЛВИРА»

_____ **А.В. Бельчиков**

«____» _____ **2009 г.**

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ГЦИ СИ –

Заместитель генерального директора

ФГУ «Ростест-Москва»

_____ **А.С. Евдокимов**

«____» _____ **2009 г.**

**Анализаторы спектра
СК4-БЕЛАН 140, СК4-БЕЛАН 240,
СК4-БЕЛАН 280, СК4-БЕЛАН 400**

**Методика поверки
ЕЛКБ.402240.001МП**

г. Москва
2009 год

Настоящая методика распространяется на анализаторы спектра СК4-БЕЛАН 140, СК4-БЕЛАН 240, СК4-БЕЛАН 280, СК4-БЕЛАН 400, (далее по тексту - анализаторы) и устанавливает методы и средства их поверки. Межповерочный интервал – 1 год.

1 Операции поверки

1.1 При первичной и периодической поверке анализаторов выполняются операции, указанные в табл.6.1.

1.2 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается и анализатор бракуется.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	6.1	Да	Да
Опробование	6.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик:			
Определение действительного значения частоты сигнала опорного генератора	6.4	Да	Да
Определение погрешности измерения частоты с помощью маркера	6.5	Да	Да
Определение погрешности установки полосы обзора	6.6	Да	Нет
Определение погрешности установки полосы пропускания	6.7	Да	Да
Определение погрешности установки коэффициента прямоугольности	6.8	Да	Да
Определение погрешности установки опорного уровня	6.9	Да	Да
Определение неравномерности АЧХ	6.10	Да	Да
Определение погрешности из-за нелинейности шкалы анализатора	6.11	Да	Да
Определение погрешности из-за переключения входного аттенюатора	6.12	Да	Да
Определение уровня гармонических искажений	6.13	Да	Да
Определение среднего уровня собственных шумов	6.14	Да	Да
Определение уровня комбинационных помех, обусловленных собственными гетеродинами анализатора	6.15	Да	Нет
Определение уровня комбинационных помех относительно входного сигнала	6.16	Да	Да
Определение уровня фазовых шумов	6.17	Да	Да
Определение интермодуляционных искажений третьего порядка	6.18	Да	Да
Определение девиации паразитной ЧМ	6.19	Да	Нет
Определение КСВН входа анализатора и выхода следящего генератора	6.20	Да	Нет

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2.

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и метрологические и основные технические характеристики средства поверки.
6.4-6.8; 6.12; 6.16; 6.19	Стандарт частоты Ч1-50; $F = 5 \text{ МГц}$, $\delta F = \pm 1 \times 10^{-10}$
6.4	Частотомер электронно-счетный вычислительный ЧЗ-64; диапазон частот 0,005 Гц – 1500 МГц, $\delta_{f,T} = \pm 5 \times 10^{-7} + 10^{-9} / \tau_{\text{счета}}$
6.5 - 6.8; 6.10; 6.12; 6.13; 6.16- 6.18; 6.19	Генератор сигналов E8257D; опция 540, диапазон частот 250 кГц – 40 ГГц, выходной уровень (-130 – + 20) дБмВт, погрешность установки уровня выходной мощности $\pm 1,4 \text{ дБ}$
6.9	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-90; (0,02 - 17,85) ГГц, Диапазон измерений ($10^{-5} - 10^{-2}$) Вт погрешность $\delta \pm 4\%$ (0,02-12) ГГц, $\delta \pm 6\%$ (12-17,85) ГГц,
6.9; 6.10	Ваттметр СВЧ R&S NRP с преобразователем измерительным NPR-Z55: диапазон частот (0 – 40) ГГц, динамический диапазон ($10^{-6} - 10^{-1}$) Вт, погрешность измерения мощности $\leq \pm 10 \%$
6.10	Вольтметр переменного тока диодный компенсационный ВЗ-49, диапазон частот 20 Гц...1000 МГц, пределы измерения 10 мВ ...100 В $\delta U \leq \pm (0,2 + 0,08/U)\%$
6.10	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110; Диапазон частот 0,1Гц...2МГц; $U_{\text{НОМ}} = 1\text{В}$; максимальное ослабление 85 дБ
6.9; 6.11	Комплект аттенуаторов TRI-50N, в диапазоне ослаблений (0...100) дБ аттестован с погрешностью установки ослабления $\pm 0,1 \text{ дБ}$ на частоте 50 МГц.
6.13	Фильтры нижних частот: (32-53) МГц, (86 – 152) МГц, (390 – 600) МГц, (620 – 1000) МГц из комплекта РЗ-34.
6.13	Фильтры с частотой среза 10,2 ГГц и 18 ГГц из комплекта Г4-111.
6.14; 6.15	Мера КСВН и полного сопротивления Э9-159 из набора мер КСВН и полного сопротивления ЭК9-140 2 разряда; $R_0 = 49,98 \text{ Ом}$
6.9; 6.11; 6.17; 6.18	Генератор сигналов Г4-201/1; (0,1 – 2560) МГц, выходной уровень (-145 – + 6) дБВ, входной сигнал опорной частоты ($10^7 \pm 20$) Гц, уровень входного сигнала (-130 ..+6) дБВ, уровень фазового на частоте 1 ГГц при отстройке $\pm 10 \text{ кГц}$ не более – 130 дБн/Гц, при отстройке $\pm 1 \text{ МГц}$ не более – 145 дБн/Гц
6.20	Анализатор электрических цепей векторный ZVA40 Диапазон частот 10 МГц – 40 ГГц Погрешность измерения обратных потерь не более $\pm 0,4 \text{ дБ}$.

2.2 Допускается применять другие средства измерений, обеспечивающие измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью.

2.3 Все средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о государственной поверке.

3 Требования к квалификации поверителей

3.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, аттестованные в качестве поверителя и имеющие практический опыт работ в области радиотехнических измерений не менее 2-х лет.

3.2 Перед проведением операций поверки поверителю необходимо изучить руководство по эксплуатации на данные анализаторы.

4 Условия поверки

5.1. При проведении поверки должны, соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80%;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм рт.ст.;
- напряжение сети 220 ± 22 В;
- частота сети (50 ± 1) Гц с содержанием гармоник до 5%.

5 Подготовка к поверке.

5.1. Поверитель должен изучить руководства по эксплуатации поверяемого прибора и используемых при поверке средств измерений

5.2. Должно быть проверено соответствие условий поверки требованиям настоящей методики.

5.3. Перед включением приборов должно быть проверено выполнение требований безопасности.

5.4. Определение метрологических характеристик поверяемого прибора должно производиться по истечении времени установления рабочего режима, равного **30 мин.**

6 Проведение поверки

6.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- комплектности прибора в соответствии с руководством по эксплуатации;
- не должно быть механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления, все надписи на панелях должны быть четкими и ясными;
- все разъемы не должны иметь повреждений и должны быть чистыми;

При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

6.2. Далее в тексте выделены:

жирным шрифтом - обозначения кнопкой постоянного функционального назначения (смотри РЭ);

курсивом - обозначения пунктов меню, вызываемых программируемыми кнопками (смотри РЭ).

6.3. При опробовании проверяют работоспособность ЖКИ и кнопок управления: режимы, отображаемые на ЖКИ, при нажатии соответствующих кнопок, должны соответствовать руководству по эксплуатации.

Результаты опробования считают удовлетворительными, если все органы управления функционируют в соответствии с РЭ.

6.4. Определение действительного значения частоты сигнала опорного генератора 100 МГц выполняют методом прямых измерений с помощью частотомера ЧЗ-64 и рубидиевого стандарта частоты и времени Ч1-50, который используется в качестве опорного генератора. Схема соединения приборов представлена на рисунке 1.

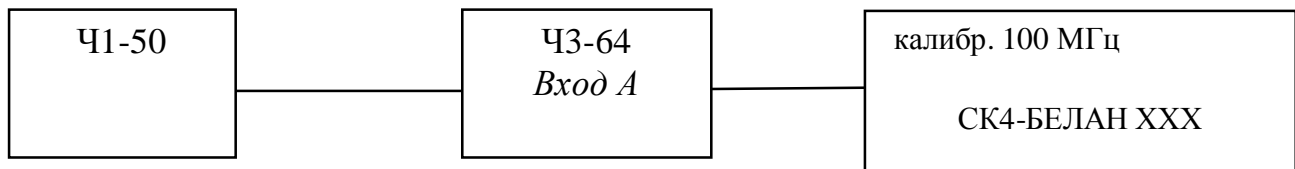


Рис. 1.

Подключить стандарт частоты ко входу "5 МГц" на задней панели частотомера ЧЗ-64 и перевести переключатель частотомера "Внут/Внеш" в положение "ВНЕШ". Выход опорного генератора анализатора "калибр. 100 МГц" соединить со входом "А" частотомера ЧЗ-64. Произвести измерения частоты частотомером при установленном времени счета частотомера 1 с.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если:

- при первичной поверке действительное значение частоты сигнала опорного генератора находится в пределах $100 \text{ МГц} \pm 10 \text{ Гц}$. При положительных результатах поверки, полученное действительное значение частоты сигнала опорного генератора, фиксируется в паспорте анализатора и в свидетельстве о поверке.

- при периодической поверке действительное значение частоты сигнала опорного генератора находится в пределах $\pm 1 \times 10^{-6}$ от указанного в паспорте значения частоты сигнала опорного генератора зафиксированного при предыдущей поверке.

6.5. Определение абсолютной погрешности измерения частоты с помощью маркера проводят по схеме рис. 2.

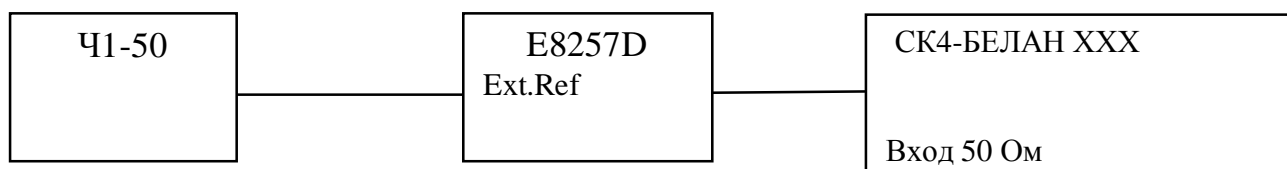


Рис. 2.

Значения измеряемых частот, полос обзора, при которых проводят измерения, и предельные значения погрешности приведены в таблице 3.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	Цен. Частота	из таблицы 3
ОБЗОР		из таблицы 3
ФПЧ	Фильтр ПЧ	из таблицы 3
	Ф. Видео	Авто
АМПЛ	Оп. Уровень	- 10 дБмВт
	Аттенюатор	Авто
	Масш./Дел.	10 дБ

3) Установить выходную частоту генератора сигналов равной центральной частоте (1500 МГц) анализатора, уровень выходного сигнала минус 20 дБмВт.

4) Нажать кнопку **ПОИСК** и значение частоты F_M , на которую установится маркер, занести в таблицу 3.

5) Повторить шаги 2...4 для других частот и комбинаций центральной частоты и полосы обзора согласно таблице 3.

Таблица 3

Частота сигнала, F, МГц	Полоса Обзора, МГц	Полоса пропускания, кГц	Минимальное значение: $F - \Delta_{FM}$, Гц	Измеренное значение, F_M , Гц	Максимальное значение, $F + \Delta_{FM}$, Гц
1500	1	10	1499996275,77		1500003724,23
	100	300	1499776275,77		1500223724,23
7000	1	10	6999990775,77		7000009224,23
	100	300	6999770775,77		7000229224,23
14000	1	10	13999986673,77		14000013326,23
	100	300	1399977666,77		14000222333,23
24000	1	10	23999973773,77		24000026226,23
	100	300	23999753773,77		24000246226,23
28000	1	10	27999969773,77		28000030226,23
	100	300	27999749773,77		28000250226,23
40000	1	10	39999957769,77		40000042230,23
	100	300	39999737769,77		40000262230,23

Результаты поверки считают удовлетворительными, если измеренные значения частоты находятся в пределах, указанных в таблице 3: $(F - \Delta_{FM}) < F_M < (F + \Delta_{FM})$.

6.6. Определение погрешности установки полос обзора проводят по схеме рис.2. Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	из таблицы 4
ОБЗОР		из таблицы 4
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	Авто
	<i>Ф. Видео</i>	Авто
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	- 10 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	Авто
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

3) Установить уровень выходного сигнала минус 20 дБмВт.

4) Установить выходную частоту генератора такую, чтобы пик сигнала установился на первое деление слева шкалы дисплея. Зафиксировать по генератору это значение частоты F1.

5) Установить выходную частоту генератора такую, чтобы пик сигнала установился на первое справа деление шкалы дисплея. Зафиксировать по генератору это значение частоты F2.

Таблица 4

Центральная частота, МГц	Полоса обзора, Span, кГц	F1	F2	$\delta_{ПО}$	Центральная частота, МГц	Полоса обзора, Span, МГц	F1	F2	$\delta_{ПО}$
100	0,05				7000	1			
	0,2					5			
	4					20			
	20					80			
	300					400			
	500					12000	10		
3000	10				50				
	30				200				
	500				5000				
	10000				24000				

6) Рассчитать погрешность установки полосы обзора по формуле:

$$\delta_{ПО} = 100\% \times [1 - (F2 - F1)/(Span \times 0,8)]$$

7) Повторить шаги 2 ...6 всех частот и для каждой полосы обзора таблицы 4.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если все измеренные значения погрешности $\delta_{ПО}$ не выходят за пределы $\pm 10\%$.

6.7. Определение погрешности установки полос пропускания проводят по схеме рис.2. Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	50 МГц
ОБЗОР		из таблицы 5
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	из таблицы 5
	<i>Ф. Видео</i>	Авто
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	- 10 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	Авто
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

3) Установить на генераторе частоту выходного сигнала 50 МГц и уровень выходного сигнала минус 10 дБмВт.

4) На анализаторе нажать клавишу **ПОИСК**, и изменяя уровень сигнала генератора, установить показания маркера анализатора минус $(10 \pm 0,05)$ dBm.

5) На анализаторе нажать клавишу **МРК** и включить дельта-маркер.

6) Переместить дельта-маркер влево и вправо до уменьшения уровня на 3 дБ относительно установленного, определяя соответствующие этим положениям значения частот f_1 и f_2 . Значения частот f_1 и f_2 занести в таблицу 5

7) Относительную погрешность полос пропускания δ_{Π} , в процентах определить по формуле :

$$\delta_{\Pi} = ((f_2 - f_1)/\Pi - 1) * 100\%$$

где: Π – номинальное значение полосы пропускания

Таблица 5

полосы пропускания на уровне минус 3 дБ						
RBW, Гц	1	3	10	30	100	300
Span, Гц	3	10	30	100	300	1000
ΔF						
δ_{RBW}						
RBW, кГц	1	3	10	30	100	300
Span, кГц	3	10	30	100	300	1000
ΔF						
δ_{RBW}						
полосы пропускания на уровне минус 6 дБ						
RBW, кГц*	0,2	9	120	1000	3000	
Span, кГц	0,6	30	300	3000	10000	
ΔF						
δ_{RBW}						

8) Установить другие значения полос пропускания RBW и обзора Span в соответствии с комбинациями, приведенными в таблице 5, и повторить шаги 4 ... 6.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность установки полос пропускания находится в пределах $\pm 10\%$.

6.8. Определение погрешности установки коэффициента прямоугольности проводят по схеме рис.2.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	50 МГц
ОБЗОР		из таблицы 6
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	из таблицы 6
	<i>Ф. Видео</i>	Авто
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	- 10 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	Авто
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

3) Установить на генераторе частоту выходного сигнала 50 МГц и уровень выходного сигнала минус 15 дБмВт.

4) На анализаторе нажать клавишу **ПОИСК**, и изменяя уровень сигнала генератора, установить показания маркера анализатора минус (10±0,05) dBm.

6) Нажать клавишу **Поиск** и переместить маркер влево и вправо до уменьшения уровня на 3 дБ относительно установленного, определяя соответствующие этим положениям значения частот f_1 и f_2 . Значение полосы $\Delta F_{-3} = f_2 - f_1$ занести в таблицу 6.

7) Нажать клавишу **Поиск** и переместить маркер влево и вправо до уменьшения уровня на 60 дБ относительно установленного, определяя соответствующие этим положениям значения частот f_1 и f_2 . Значение полосы $\Delta F_{-60} = f_2 - f_1$ занести в таблицу 6.

8) Действительное значение коэффициента прямоугольности $K_{пр}$ определить по формуле:

$$K_{пр} = \Delta F_{-60} / \Delta F_{-3}$$

9) Определить значение коэффициента прямоугольности для остальных полос пропускания в соответствии с таблицей 6, повторяя шаги 4 ... 8.

Таблица 6

RBW	Span	Измеренные значения на частоте 50 МГц		
		ΔF_{-3}	ΔF_{-60}	$K_{пр}$
30 Гц	0,18 кГц			
300 Гц	1,8 кГц			
30 кГц	180 кГц			
300 кГц	1,8 МГц			

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если коэффициент прямоугольности не более 6 по отношению к уровню минус 3 дБ.

6.9 Определение абсолютной погрешности установки опорного уровня проводится методом прямых измерений известного значения мощности анализатором спектра. Измерения проводятся на частоте 50 МГц по схеме с жёстким соединением представленной на рис.3.

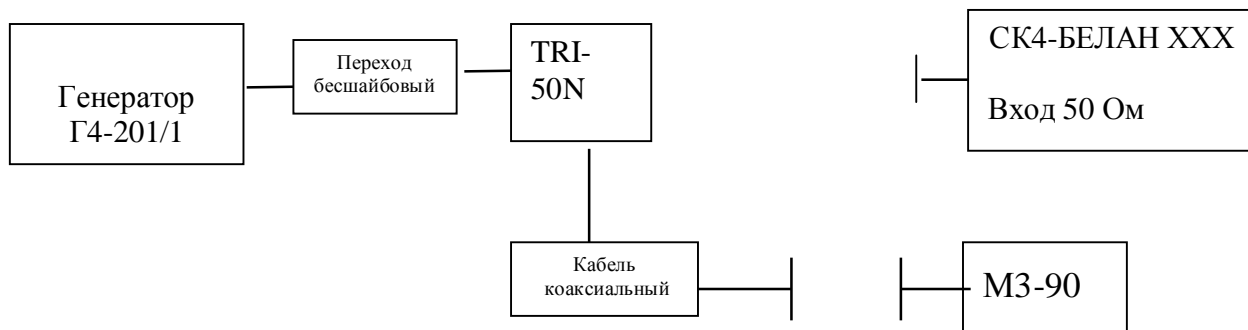


Рис. 3.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Вход аттенюатора TRI-50N соединить с входом генератора с помощью бесшайбового коаксиального перехода III(B) - III(B) - вариант 1 по ГОСТ 13317-89..
- 2) Провести калибровку используемого ваттметра МЗ-90 в соответствии с его РЭ; и установить нулевые показания ваттметра.
- 3) На аттенюаторе установить ослабление равное нулю.
- 3) Нажимают на лицевой панели анализатора клавишу **ПОИСК**
- 4) На анализаторе спектра установить следующие параметры:

ЧАСТ	Цен. Частота	50 МГц
ОБЗОР		5 кГц
ФПЧ	Фильтр ПЧ	1 кГц
	Ф. Видео	10 Гц
АМПЛ	Оп. Уровень	Из таблицы 7
	Аттенюатор	Авто
	Масш./Дел.	10 дБ

- 5) Частоту генератора сигналов Г4-201/1 установить равной 50 МГц, уровень выходного сигнала установить в соответствии с таблицей 7. К концу кабеля подключить ваттметр МЗ-90.
- 6) Зафиксировать показание измерительного блока Я2М-66 $P_{изм+10}$ в мВт в таблице 7.
- 7) Рассчитать действительное значение уровня входного сигнала $P_{д+10}$ в дБмВт по формуле:

$$P_{д0} = 10 \times \log P_{изм+10}$$

- 8) Отключить конец кабеля от ваттметра и подключить ко входу анализатора.
- 9) Нажать на лицевой панели анализатора клавишу **ПОИСК**
- 10) Зафиксировать показания маркера $P_{м+10}$ в дБмВт.
- 11) Определить абсолютную погрешность установки опорного уровня Δ_{RL+10} в дБ (при уровне +10 дБм) по формуле:

$$\Delta_{RL0} = P_{м0} - P_{д0}$$

Значения $P_{м+10}$, $P_{д+10}$ и Δ_{RL+10} занести в соответствующие графы табл.7.

12) Отключить конец кабеля от входа анализатора.

13) Повторить шаги 5 – 12 для опорного уровня 0, - 10, дБмВт

14) Дальнейшее уменьшение входного уровня достигают введением ослабления аттенюатора.

15) Отключить конец кабеля от ваттметра и подключить ко входу анализатора.

16) Установить ослабление внешнего аттенюатора $A=10$ дБ, опорный уровень на анализаторе – 20 дБмВт.

13) Зафиксировать показание маркера P_{M-20} и вычислить абсолютную погрешность установки опорного уровня Δ_{RL-20} по формуле:

$$\Delta_{RL} = P_{M-20} - (P_{д-10} - A) \quad (10)$$

Значение Δ_{RL-20} занести в соответствующие графы табл.7.

14) Устанавливая ослабление внешнего аттенюатора с шагом 10 дБ аналогично определить погрешность установки опорного уровня для остальных значений опорного уровня в соответствии с таблицей 7.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если все значения абсолютной погрешности установки опорного уровня (в последнем столбце табл.7) находятся в пределах: $\pm 0,5$ дБ.

Таблица 7

Уровень Г4-201/1, dBV	Опорный уровень, dBm	A, дБ	Показания маркера P_M , дБм	$P_{изм}$, мВт	$P_{д}$, дБм	Δ_{RL} , дБ
-3	+10	0	P_{M+10}	$P_{изм+10}$	$P_{д+10}$	
- 13	0	0	P_{M0}	$P_{изм0}$	$P_{д0}$	
-23	-10	0	P_{M-10}	$P_{изм-10}$	$P_{д-10}$	
-23	-20	10	P_{M-20}	$P_{изм-20}$	$P_{д-20}$	
	-30	20	P_{M-30}	$P_{изм-30}$	$P_{д-30}$	
	- 40	30	P_{M-40}	$P_{изм-40}$	$P_{д-40}$	
	- 50	40	P_{M-50}	$P_{изм-50}$	$P_{д-50}$	
	- 60	50	P_{M-60}	$P_{изм-60}$	$P_{д-60}$	
	- 70	60	P_{M-70}	$P_{изм-70}$	$P_{д-70}$	
	- 80	70	P_{M-80}	$P_{изм-80}$	$P_{д-80}$	
	- 90	80	P_{M-90}	$P_{изм-90}$	$P_{д-90}$	
	- 100	90	P_{M-100}	$P_{изм-100}$	$P_{д-100}$	

6.10. Определение неравномерности АЧХ анализатора в диапазоне частот проводится методом прямых измерений известного значения мощности анализатором спектра по схемам представленным на рис. 4, 5 (кроме СК4-БЕЛАН 140), и 6.

В схеме рис.4 сигнал от генератора подается сначала на вход преобразователя ваттметра поглощаемой мощности МЗ-90, а затем на вход анализатора с помощью высокочастотного коаксиального кабеля.

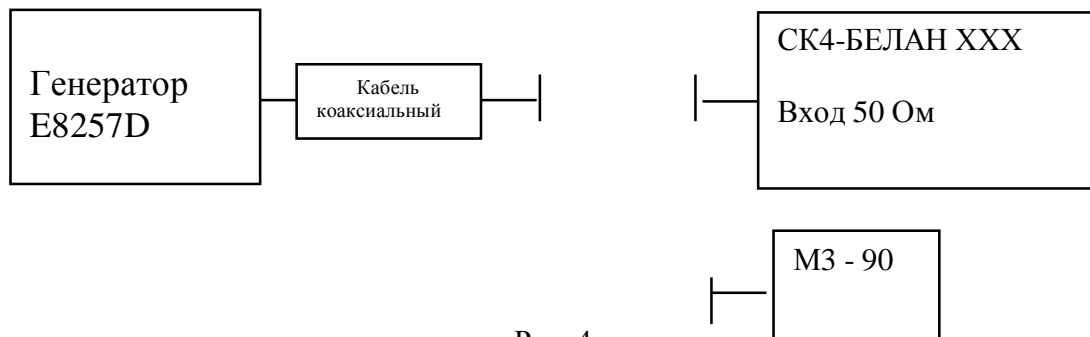


Рис. 4

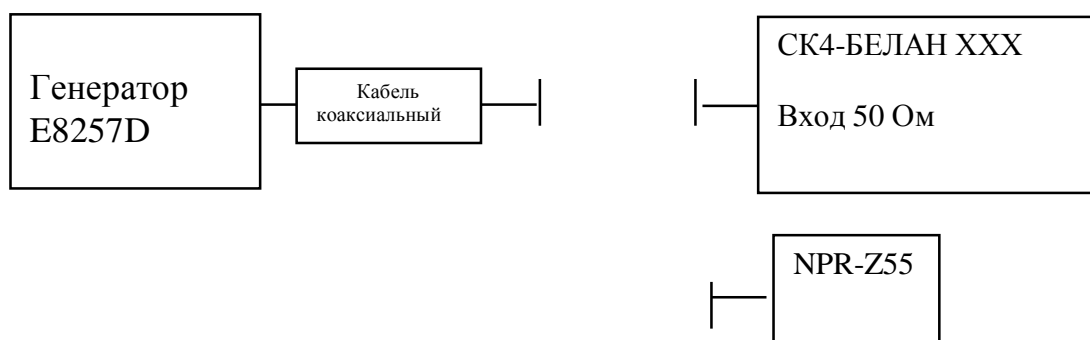


Рис. 5.

В схеме рис.6 тройник ТП-121 из комплекта калибратора напряжений В1-16 следует подключать к анализатору через отрезок Э2-146 из комплекта нагрузок ЭК9-140 (с целью достижения жесткого соединения).

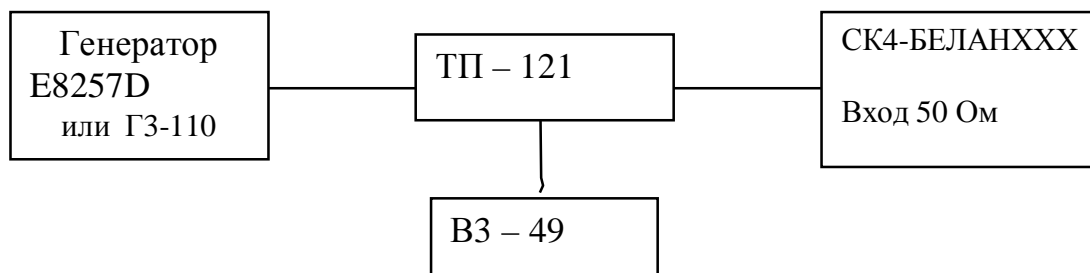


Рис. 6.

Выполнить следующие операции.

- 1) При выключенной СВЧ мощности генератора откалибровать используемый ваттметр в соответствии с его РЭ; установить первый (самый чувствительный) предел измерения.
- 2) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
Этот шаг выполнять после подключения каждого следующего калибратора.
- 3) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры (общие для всех частот):

ЧАСТ ОБЗОР	Цен. Частота	из таблицы 8 10 кГц
ФПЧ	Фильтр ПЧ	Авто
	Ф. Видео	Авто
АМПЛ	Оп. Уровень	- 10 дБмВт
	Аттенюатор	Авто
	Масш./Дел.	10 дБ

4) Установить значения центральной частоты в диапазоне частот 100 МГц ...17,85 ГГц. в соответствии с таблицей 8.

5) Установить на генераторе значение частоты, равное центральной частоте анализатора, значение выходной мощности минус 20 дБмВт; включить сигнал и постепенно его увеличивая довести до значения минус 10 дБмВт по дисплею анализатора.

6) Отключить мощность генератора. Отключить кабель СВЧ от анализатора и подключить его к преобразователю измерителя мощности. Установить нулевые показания ваттметра.

7) Включить мощность на генераторе. Через 5 сек зафиксировать показания измерительного блока ваттметра Р_{изм} в мВт.

8) Отключить мощность генератора. Отключить кабель СВЧ от преобразователя измерителя мощности и подключить его к анализатору. Включить мощность на генераторе.

9) На анализаторе нажать кнопку **ПОИСК** и зафиксировать значение уровня маркера Р_м в дБмВт.

10) Выключить мощность на генераторе.

11) Вычислить действительное значение мощности, падающей на вход анализатора, Р_д в единицах дБмВт по формуле и занести полученное значение в таблицу 8:

$$P_d = 10 \times \log P_{изм}$$

Повторить шаги 4 ... 11 для всех значений центральной частоты в таблице 8 в диапазоне частот поверяемого анализатора. Калибровка ваттметра повторяется по необходимости.

12) Установить значения центральной частоты в диапазоне частот свыше 18 ГГц в соответствии с таблицей 8.

13) Установить на генераторе значение частоты, равное центральной частоте анализатора, значение выходной мощности минус 20 дБмВт; включить сигнал и постепенно его увеличивая довести до значения минус 10 дБмВт по дисплею анализатора.

14) Отключить мощность генератора. Установить нулевые показания ваттметра.

15) Включить мощность на генераторе. Через 5 сек зафиксировать показания измерительного блока ваттметра Р_{изм} в мВт.

16) На анализаторе нажать кнопку **ПОИСК** и зафиксировать значение уровня маркера Р_м в дБмВт.

17) Выключить мощность на генераторе.

18) Вычислить действительное значение мощности, падающей на вход анализатора, Р_д в единицах дБмВт по формуле и занести полученное значение в таблицу 8:

$$P_d = 10 \times \log P_{изм}$$

19) Повторить шаги 12 ... 18 для всех значений центральной частоты в таблице 8 в диапазоне частот поверяемого анализатора. Калибровка ваттметра повторяется по необходимости.

Таблица 8.

Center frequency	Рм, дБмВт	Ризм, мВт	Рд, дБмВт	$\delta_p(F)$, дБ	Допустимые пределы погрешности
9 кГц					± 0,5 дБ
100 кГц					
500 кГц					
1 МГц					
5 МГц					
20 МГц					
100 МГц					
500 МГц					
1,0 ГГц					
2,0 ГГц					
3,3 ГГц					± 1,5 дБ
3,4 ГГц					
4,0 ГГц					
5,0 ГГц					
6,0 ГГц					
7,0 ГГц					
8,0 ГГц					
9,0 ГГц					
10,0 ГГц					
11,0 ГГц					
11,1 ГГц					± 3,0 дБ
12,0 ГГц					
13,0 ГГц					
14,0 ГГц					
15,0 ГГц					
16,0 ГГц					
17,0 ГГц					
18,0 ГГц					
20,0 ГГц					
22,0 ГГц					
24,0 ГГц					± 4,0 дБ
26,0 ГГц					
27,9 ГГц					
28,0 ГГц					
30,0 ГГц					
32,0 ГГц					
34,0 ГГц					
36,0 ГГц					
38,0 ГГц					
40,0 ГГц					

20) Установить значения центральной частоты в диапазоне частот 3 Гц – 20 МГц в соответствии с таблицей 8. При частоте ниже 1 МГц использовать вместо генератора E8257D генератор сигналов низкочастотный ГЗ-110.

21) Изменяя уровень сигнала генератора, поддерживать показания маркера анализатора минус $(0 \pm 0,05)$ dBm и определить по вольтметру ВЗ-49 напряжение $U_{вх}$ [В] на входе поверяемого анализатора.

22) Вычислить действительное значение мощности, падающей на вход анализатора, P_M в единицах дБмВт по формуле и занести полученное значение в таблицу 8:

$$P_M = 10 \times \lg (U_{вх}^2 / 0,05)$$

23) Повторить шаги 20 ... 22 для всех значений центральной частоты в таблице 8 в диапазоне частот поверяемого анализатора.

24) Вычислить погрешность измерения на всех частотах $\delta_p(F)$ по формуле и занести эти значения в соответствующую графу таблицы 8:

$$\delta_p(F) = P_M - P_d$$

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если все измеренные значения погрешности δ_p не выходят за пределы, приведенные в последнем столбце таблицы 8.

6.11 Определение погрешности из-за нелинейности логарифмической шкалы анализатора проводят путем сравнения изменения показаний маркера с известным изменением входного уровня (с помощью внешнего образцового комплекта аттенюаторов TRI-50N). Измерения проводят по схеме рис.7.

Измерения проводят в следующей последовательности.

1) При выключенном ВЧ сигнале генератора нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**

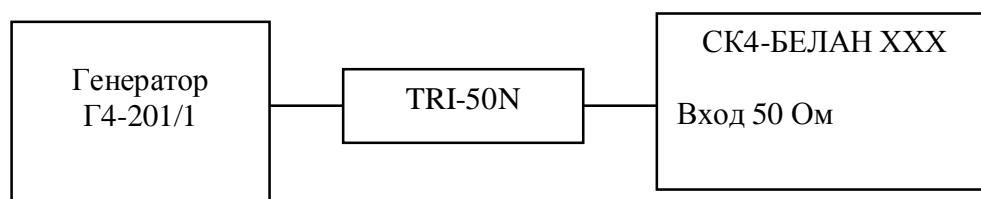


Рис. 7

2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	Цен. Частота	50 МГц
ОБЗОР		10 кГц
ФПЧ	Фильтр ПЧ	1 кГц
	Ф. Видео	10 Гц
АМПЛ	Оп. Уровень	0 дБмВт
	Аттенюатор	Авто
	Масш./Дел.	10 дБ

3) Установить на аттенуаторе ВМ 577А ослабление 0 дБ.

4) Установить на генераторе уровень, соответствующий 0 дБмВт, включить мощность СВЧ и отрегулировать уровень по экрану анализатора так, чтобы максимум сигнала оказался на верхней линии экрана.

5) На анализаторе нажать клавишу **ПОИСК**, и изменяя уровень сигнала генератора, установить показания маркера анализатора минус (0±0,05) дБмВт.

- изменяя ступенями по 10 дБ ослабление А внешнего аттенуатора считать показания маркера М,

- рассчитать погрешность Δ_{LOG} по формуле $\Delta_{\text{LOG}} = A + M$, - и занести значения М и Δ_{LOG} в таблицу 9

Таблица 9

A_i	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
М	0										
Δ_{LOG}	0										

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если все измеренные значения погрешности из-за нелинейности логарифмической шкалы анализатора Δ_{LOG} не выходят за пределы ±0,5 дБ.

6.12. Определение погрешности из-за переключения входного аттенуатора проводится по схеме рис.2.

Измерения проводят в следующей последовательности.

1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**

2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	из таблицы 10
ОБЗОР		10 кГц
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	1 кГц
	<i>Ф. Видео</i>	100 Гц
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	-20 дБмВт
	<i>Аттенуатор</i>	0 дБ
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

3) Установить на генераторе частоту из таблицы 10 и уровень выходного напряжения минус 20 дБмВт. Включить сигнал.

4) Нажать кнопку **ПОИСК** и изменяя уровень сигнала генератора, установить показания маркера анализатора минус (0±0,05) дБм.

5) Зафиксировать показания маркера M_0 .

6) Нажать кнопку **АМПЛ**, и установить значение аттенуатора анализатора 10 дБ.

7) Зафиксировать показания маркера M_{10} .

8) Рассчитать погрешность из-за переключения входного аттенуатора по формуле:

$$\Delta_{M10} = M_0 - M_{10}$$

9) Полученное значение Δ_{M10} внести в таблицу 10 со своим знаком.

- 10) Нажать кнопку **АМПЛ**, и установить значение аттенюатора анализатора 20 дБ.
- 11) Зафиксировать показания маркера M_{20} .
- 12) Рассчитать погрешность из-за переключения входного аттенюатора по формуле:

$$\Delta_{M20} = M_{10} - M_{20}$$

Таблица 10.

Ослабление входного аттенюатора А, дБ		Действительные значения погрешности из-за переключения входного аттенюатора на частотах, дБ				
		100 МГц	3,2 ГГц	14 ГГц	24 ГГц	40 ГГц
До изменения	После изменения	$\Delta_{МА}$	$\Delta_{МА}$	$\Delta_{МА}$	$\Delta_{МА}$	$\Delta_{МА}$
0	10					
10	20					
20	30					
30	40					
40	50					
50	60					
60	70					
Пределы допускаемой абсолютной погрешности		$\pm 0,5$ дБ	$\pm 1,5$ дБ	$\pm 1,5$ дБ	$\pm 1,5$ дБ	$\pm 2,0$ дБ

- 13) Полученное значение Δ_{M20} внести в таблицу 10 со своим знаком.
- 14) Повторять шаги 10...13, устанавливая следующие по таблице 6.10 значение ослабления внутреннего входного аттенюатора и занося соответствующие показания $\Delta_{МА}$ в таблицу 10 со своим знаком.
- 10) Повторить шаги 3...14 для всех частот из таблицы 10.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если все измеренные значения погрешности из-за переключения входного аттенюатора находятся в пределах указанных в таблице 10.

6.13. Определение уровня гармонических искажений проводится по схеме рис.8 для частот, указанных в табл.11.



Рис. 8

Перед проведением измерений выполнить следующие операции.

- 1) Подключить фильтр соответствующего диапазона.
- 2) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 3) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	Цен. Частота	из таблицы 11
ОБЗОР		10 кГц
ФПЧ	Фильтр ПЧ	1 кГц
	Ф. Видео	100 Гц
АМПЛ	Оп. Уровень	-30 дБмВт
	Аттенюатор	0 дБ
	Масш./Дел.	10 дБ

4) Установить на генераторе частоту 45 МГц и уровень сигнала минус 30 дБмВт (при необходимости включить на выход генератора аттенюатор 10 – 20 дБ).

5) Нажать кнопку **ПОИСК** и изменяя уровень сигнала генератора, установить показания маркера анализатора минус (-30±0,05) dBm.

6) Установить на анализаторе центральную частоту равной удвоенной частоте основного сигнала, для того чтобы отобразить на экране дисплея вторую гармонику.

Таблица 11.

Параметры генератора		Параметры гармоники			
Тип фильтра	Частота, МГц	Частота, МГц	Рм, дБмВт	$\delta = R_m + 30$; дБ	допустимое значение, не более
(32-53) МГц	45	90			-70 дБн
(86 – 152) МГц	105	210			
(390 – 600) МГц	495	990			
(620 – 1000) МГц	995	1990			
с частотой среза 10,2 ГГц	7500	15000			-90 дБн
с частотой среза 18 ГГц	12000	24000			

7) Нажать кнопку **ПОИСК** и записать соответствующее показание маркера Рм и отклонение δ от минус 30 дБмВт в таблицу 11.

8) Установить следующее из таблицы 11 значение частоты на генераторе и анализаторе и соответствующий фильтр. Выполнить шаги 4 –7.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если гармонические искажения второго порядка (δ) не превышают указанные значения в таблице 11.

6.14. Определение среднего уровня собственных шумов осуществляется измерением их уровня на дисплее в отсутствии входной мощности. Для этого ко входу анализатора подключить меру Э9-159 (50 Ом).

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	Цен. Частота	из таблицы 12
ОБЗОР		100 Гц
ФПЧ	Фильтр ПЧ	1 кГц
	Ф. Видео	100 Гц

АМПЦ

Оп. Уровень

-20 дБмВт
для частот 10 и 99 кГц
-70 дБмВт
остальные частоты

Аттенюатор

0 дБ

Масш./Дел.

10 дБ

3) Нажать кнопку **ПОИСК** и записать соответствующее показание маркера R_m в таблицу 12;

4) Повторить шаги 2 ... 3 для остальных частот указанных в таблице 12.

Таблица 12

Центральная частота	Измеренное значение R_m , дБмВт	Допустимое значение $R_{ш}$, дБмВт
10 кГц		-105
99 кГц		
111 кГц		-115
1 МГц		
50 МГц		
200 МГц		
1,0 ГГц		
2,0 ГГц		
3,3 ГГц		
3,4 ГГц		-110
5,0 ГГц		
6,0 ГГц		
7,4 ГГц		
8,8 ГГц		
11,0 ГГц		
11,1 ГГц		-105
13,0 ГГц		
15,0 ГГц		
17,0 ГГц		
18,0 ГГц		
20,0 ГГц		
22,0 ГГц		
24,0 ГГц		
26,0 ГГц		
28,0 ГГц		
30,0 ГГц		
32,0 ГГц		
34,0 ГГц		
36,0 ГГц		
38,0 ГГц		
40,0 ГГц		

При наличии негармонических искажений на центральных частотах, допускается незначительное изменение её значения, для устранения ошибки при измерении уровня шума.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если измеренные пиковые значения P_m не превышают значения $P_{ш}$, приведенные в последнем столбце таблицы 12.

6.15 Определение уровня комбинационных помех обусловленных собственными гетеродинами анализатора проводится при подключении меры Э9-159 (50) Ом ко входу анализатора.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	10 МГц
ОБЗОР		10 МГц
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	10 кГц
	<i>Ф. Видео</i>	1 кГц
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	-50 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	0 дБ
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

- 3) Нажать кнопку **ПОИСК** и зафиксировать показание маркера.

4) Используя кнопку **ЧАСТ** установить следующие значения шага для изменения центральной частоты:

- 10 МГц – до частоты 3,3 ГГц включительно,
- 100 МГц - в диапазоне от 3,3 до 40 ГГц.

- 5) Показания маркера выше «-100 дБмВт» фиксировать.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если не было зафиксировано ни одного пикового значения выше минус 100 дБмВт.

6.16 Определение уровня собственных комбинационных помех относительно уровня входного сигнала проводится методом прямых измерений по схеме рис.2

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	из таблицы 12
ОБЗОР		10 кГц
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	100 Гц
	<i>Ф. Видео</i>	100 Гц
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	0 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	0 дБ
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

- 4) Установить на генераторе частоту из таблицы 6.12 и уровень сигнала 0 дБмВт
- 5) Нажать кнопку **ПОИСК** и зафиксировать показания маркера уровня входного сигнала P_M .
- 5) С помощью маркера, зафиксировать уровень комбинационных помех $P_{КП}$ – отдельные пики (если такие наблюдаются).
- 6) Провести аналогичные измерения уровня помех на частотах указанных в таблице 12

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если не было зафиксировано ни одной комбинационной помехи уровнем выше минус 70 дБмВт относительно уровня входного сигнала.

6.17 Определение уровня фазовых шумов $P_{фш}$ анализатора проводится методом прямых измерений по схеме рис.7 исключив из неё аттенюатор программируемый VM 577A.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	1 ГГц
ОБЗОР		40 кГц
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	1 кГц
	<i>Ф. Видео</i>	100 Гц
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	-10 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	0 дБ
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

- 3) На генераторе установить частоту 1 ГГц и напряжение минус 10 дБмВт.
- 4) Нажать кнопку **ПОИСК**
- 5) Нажать кнопки: **Маркер**, *Дельта*, - и переместить Δ -маркер на ± 10 кГц от пика сигнала. Значение Δ -маркера по уровню Δ_p использовать для вычисления уровня фазовых шумов $P_{фш}$ с учётом поправки на полосу пропускания 1 Гц по формуле:

$$P_{фш} = \Delta_p - 10 \times \lg(1000)$$

- 6) Установить полосу обзора 4 МГц, полосу пропускания 100 кГц.
- 7) Нажать кнопку **ПОИСК**
- 8) Нажать кнопки: **Маркер**, *Дельта*, - и переместить Δ -маркер на ± 1 МГц от пика сигнала. Значение Δ -маркера по уровню Δ_p использовать для вычисления уровня фазовых шумов $P_{фш}$ по формуле указанной выше.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если вычисленное значение спектральной плотности мощности фазовых шумов $P_{фш}$ не более минус 125 дБн/Гц при отстройке на ± 10 кГц и не более минус 140 дБн/Гц при отстройке на ± 1 МГц и.

6.18 Определение интермодуляционных искажений 3-го порядка проводится по схеме рис.9 путем измерения относительного уровня помех на частотах: $(2 \times f_1 - f_2)$ и $(2 \times f_2 - f_1)$ при подаче на анализатор двух сигналов примерно одинаковой мощности с частотами f_1 и f_2 . Измерения проводятся на частотах 100, 500, 1000 и 2000 МГц.



Рис. 9.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	Цен. Частота	из таблицы 13
ОБЗОР		1 МГц
ФПЧ	Фильтр ПЧ	3 кГц
	Ф. Видео	50 Гц
АМПЛ	Оп. Уровень	-15 дБмВт
	Аттенюатор	0 дБ
	Масш./Дел.	10 дБ

3) Установить на генераторах сигналов напряжение минус 20 дБмВт и частоты $f_1=100,0$ МГц – на одном и $f_2 =100,1$ МГц – на другом.

4) Отключить мощность одного из генераторов. Органами регулировки второго генератора установить уровень на входе анализатора на верхнюю линию шкалы. Выключить этот генератор, включить другой и его уровень установить аналогичным образом.

5) Включить мощность обоих генераторов. Нажать **PEAK, MKR, Delta**, - и переместить Δ -маркер на 100 кГц левее меньшей частоты и на 100 кГц правее большей частоты. Зафиксировать меньшее по модулю Δ значение Δ -маркера. Это значение соответствует уровню интермодуляционных искажений 3-го порядка.

5) Повторить шаги 2 ...4 для частот 500, 1000 и 2000 МГц. Результаты измерений занести в таблицу 13.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если действительные значения интермодуляционных искажений не превышают допустимые значения, приведенные в последнем столбце таблицы 13.

Таблица 13

Частоты на генераторах		Интермодуляционные искажения 3-го порядка	
E8257D	Г4-201/1	Δu , дБ	Допустимые значения
100,0 МГц	100,1 МГц		-60 дБн
500,0 МГц	500,1 МГц		
1000,0 МГц	1000,1 МГц		
2000,0 МГц	2000,1 МГц		

6.19. Определение девиации паразитной ЧМ проводится по схеме представленной на рисунке 2 путем использования в качестве ЧМ дискриминатора ПЧ фильтра анализатора спектра.

Измерения проводят в следующей последовательности.

- 1) Нажать на лицевой панели анализатора кнопку **НАЧ. УСТ.**
- 2) Установить на поверяемом анализаторе следующие параметры:

ЧАСТ	<i>Цен. Частота</i>	3 ГГц
ОБЗОР		1 кГц
ФПЧ	<i>Фильтр ПЧ</i>	30 Гц
	<i>Ф. Видео</i>	100 Гц
АМПЛ	<i>Оп. Уровень</i>	-20 дБмВт
	<i>Аттенюатор</i>	0 дБ
	<i>Масш./Дел.</i>	10 дБ

3) подключить ко входу поверяемого анализатора сигнал с генератора E8257D, с установленными значениями частоты 3 ГГц и уровня минус 20 дБмВт.

3) Установить нулевой обзор и нажать кнопку **ПОИСК**.

4) Регулируя выходной уровень генератора, установить линию сигнала на верхнюю линию шкалы экрана анализатора.

5) Нажать **ПОИСК** и плавно изменять частоту генератора в меньшую сторону до тех пор, пока дельта – маркер не установится на минус 5 дБ. Отметить это значение частоты А.

6) Продолжать изменять частоту генератора, пока уровень сигнала не уменьшится еще на 2 дБ (показания дельта – маркера должны составить минус 7 дБ). Записать это значение частоты В.

7) Выбрать однократную развёртку и маркером измерить максимальный размах сигнала С (между соседними максимумом и минимумом).

8) Вычислить значение девиации паразитной ЧМ $\Delta_{ПЧМ}$ по формуле:

$$\Delta_{ПЧМ} = (A - B) \times C / 2$$

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если полученное значение девиации паразитной ЧМ не более 1 Гц.

6.20. Определение КСВН входа анализатора проводят с помощью анализатора электрических цепей векторного ZVA40.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если измеренные значения КСВН в диапазоне частот анализатора не превышают 2,0.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты измерений, полученные в процессе поверки, заносят в протокол произвольной формы.

7.2 При положительных результатах поверки на прибор выдается "Свидетельство о поверке" установленного образца.

7.3 При отрицательных результатах поверки на прибор выдается "Извещение о непригодности" установленного образца с указанием причин непригодности.