

1305

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ГЦИ СИ «Воентест»
32 ГНИИ МО РФ



А.Ю. Кузин

«21» декабря 2006 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Система автоматизированная оценки защищенности технических средств от утечки информации по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок «Сигурд-М16»

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

г. Мытищи,
2007 г.

1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на систему автоматизированную оценки защищенности технических средств от утечки информации по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок «Сигурд-М16» (далее – систему) и устанавливает методы и средства первичной и периодической проверок, проводимых в соответствии с Правилами по метрологии Госстандарта ПР 50.2.006-94.

Межповерочный интервал – 1 год.

2 Операции поверки

При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

	Наименование операции	Номер пункта Методики	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Внешний осмотр	7.1	да	да
2	Опробова-	7.2	да	да
3	Определение метрологических характеристик	8		
3.1	Определение погрешности измерений напряженности электрического и магнитного полей, силы тока, наведенного электромагнитным полем	8.1	да	да
3.2	Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного синусоидального сигнала	8.2	да	да
3.3	Определение диапазона частот	8.3	да	да
3.4	Определение минимального уровня измеряемой напряженности электрического и магнитного полей и силы тока, наведенного электромагнитным полем	8.4	да	да
3.5	Определение динамического диапазона измерений напряженности электрического и магнитного полей, силы тока, наведенного электромагнитным полем	8.5	да	нет
3.6	Определение номинальных значений полос пропускания измерительного устройства	8.6	да	да

3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

№ пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.1, 8.3, 8.5	Установка измерительная К2П-70: диапазон частот от 20 Гц до 300 МГц, погрешность калибровки антенн не более ± 1 дБ
8.1, 8.3, 8.5	Установка измерительная П1-10: диапазон частот от 300 Гц до 1000 МГц, погрешность воспроизведения единицы напряженности электрического поля в установке с кольцевым конденсатором УЭК не более 12 %, в установке с плоским конденсатором – не более ± 6 %, в установке с дипольными антеннами УЭД –

№ пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
	не более $\pm 6 \%$
8.1, 8.3, 8.5	Ваттметр поглощаемой мощности МЗ-90: диапазон частот от 20 МГц до 17,85 ГГц, пределы измерений от 10^{-7} до 10^{-2} Вт, погрешность измерений $\pm (4 - 6) \%$
8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.6	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122: диапазон частот от 0,001 Гц до 1999999,999 Гц, погрешность установки частоты $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ Гц. $U_{\text{вых max}} = 2,5 \text{ В}$
8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.6	Генератор сигналов высокочастотный Г4-176А: диапазон частот от 100 кГц до 1280 МГц, погрешность установки частоты не более $\pm 1,5 \cdot 10^{-5}$ Гц. $U_{\text{вых max}} = 0,5 \text{ В}$
8.1, 8.2, 8.3, 8.5	Генератор сигналов высокочастотный Г4-211: диапазон частот от 1,07 до 4 ГГц, погрешность установки частоты не более $\pm 0,5 \%$, $R_{\text{вых max}} = 80 \text{ мВт}$
8.2, 8.3, 8.6	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-66: диапазон измеряемых частот от 10 Гц до 37,5 ГГц, относительная погрешность по частоте встроенного кварцевого генератора не более $\pm 5 \cdot 10^{-7}$ за год
8.1, 8.3, 8.5	Измерительная линия с согласованной нагрузкой для калибровки токосъемников: диапазон частот от 300 Гц до 300 МГц
8.1	Милливольтметр цифровой широкополосный ВЗ-59: диапазон частот от 10 Гц до 100 МГц, погрешность измерений $\pm (0,4 - 1,5) \%$
8.5	Селективный микровольтметр - измеритель промышленных радиопомех SMV-11: диапазон частот от 9 кГц до 30 МГц, погрешность измерений синусоидального сигнала не более $\pm 1 \text{ дБ}$
8.1, 8.3, 8.5	Антенна измерительная рупорная П6-49: диапазон частот от 1,0 до 17,44 ГГц, эффективная площадь от 100 до 10 см^2
8.1, 8.3, 8.5	Антенна измерительная рамочная активная П6-43: диапазон частот от 9 кГц до 30 МГц, коэффициент калибровки от 52 до 17 дБ (1/м)
8.1, 8.3, 8.5, 8.6	Вольтметр диодный компенсационный ВЗ-63: диапазон частот от 10 Гц до 1500 МГц; диапазон измерений (0,01 - 100) В, погрешность измерений $\pm (0,2 - 2) \%$;

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), ГОСТ12.2.007.0-75, ГОСТ12.1.019-79, ГОСТ12.2.091-94 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

4.2 Поверка системы должна осуществляться лицами не моложе 18 лет, изучившими эксплуатационную, нормативную и нормативно-техническую документацию на измерительную систему.

4.3 Лица, участвующие в поверке системы должны проходить обучение и аттестацию по технике безопасности и производственной санитарии при работе в условиях испытательных стендов.

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки системы необходимо соблюдение следующих требования к условиям внешней среды:

- температура окружающей среды (20 ± 5)°C;
- относительная влажность (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм рт ст.

5.2 При проведении поверки системы должны соблюдаться следующие условия:

- время непрерывной работы системы не более 10 часов.

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед поверкой электрических параметров система должна быть предварительно прогрета не менее 30 минут.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие системы следующим требованиям:

- наличие свидетельства о предыдущей поверке;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- наличие и прочность крепления органов коммутации, четкость фиксации их положений;
- чистота гнезд, разъемов и клемм;
- отсутствие механических и электрических повреждений.

7.1.2 Система, не удовлетворяющая данным требованиям, бракуется и направляется в ремонт.

7.2 Опробование

7.2.1 Включить систему и дать прогреться в течение 30 минут.

7.2.2 Выполнить процедуру диагностирования в соответствии с технической документацией на систему.

7.2.3 Система, не прошедшая процедуру диагностирования, бракуется и направляется в ремонт.

8 Определение метрологических характеристик

8.1 Определение погрешности измерений напряженности магнитного и электрического полей, силы тока, наводимого электромагнитными полями

При проведении первичной поверки системы выполняются операции согласно п.п. 8.1.1 – 8.1.6.

При проведении периодической поверки системы определение погрешности измерений напряженности магнитного и электрического полей, силы тока, наведенного ЭМП, осуществляется согласно п. 8.1.4 – 8.1.6 в случае, если рассчитанная по формулам (8), (9) и (12) погрешность не превышает установленных значений, при этом значения коэффициентов калибровки измерительных антенн и токосъемника полагаются равными значениям, определенным при первичной поверке.

Определение погрешности измерений напряженности магнитного и электрического полей, силы тока, наведенного полями, осуществляется в два этапа. На первом этапе произво-

дится калибровка измерительных антенн и токосъемников (8.1.1 – 8.1.3), на втором - непосредственные измерения (8.1.4 – 8.1.6).

8.1.1 Калибровка магнитных измерительных антенн

Калибровка магнитных измерительных антенн, входящих в состав системы, осуществляется при помощи измерительной установки К2П-70 методом образцовой (эталонной) антенны, в качестве которой используется антенна измерительная рамочная П6-43.

В рабочую зону ТЕМ-камеры установки К2П-70 в одну и ту же точку пространства последовательно устанавливаются поверяемая и эталонная антенны. Антенны располагать на согласованной поляризации.

В соответствии с Руководством по эксплуатации и Руководством пользователя установки К2П-70 определить коэффициенты калибровки $K_{ант,изм}$, дБ (m^{-1}), антенны АИР 3-2 (в автоматизированном режиме) на частотах 9, 10, 20, 50, 100, 200 и 500 кГц; 1, 2, 5, 10, 20 и 30 МГц.

8.1.2 Калибровка электрических измерительных антенн

Калибровка электрических антенн, входящих в состав системы, осуществляется методом образцового поля с известными и стабильными во времени характеристиками, формируемого в рабочей зоне кольцевого конденсатора установки воспроизведения электрического поля с кольцевым конденсатором УЭК (в диапазоне частот от 9 до 100 кГц), плоского конденсатора установки воспроизведения электрического поля с плоским конденсатором УЭП (в диапазоне частот от 200 кГц до 30 МГц), установки воспроизведения электрического поля с дипольными антеннами УЭД (от 50 МГц до 1,0 ГГц) из состава установки измерительной П1-10. В диапазоне частот свыше 1,0 ГГц калибровка электрических антенн осуществляется методом образцовой (эталонной) антенны в безэховом помещении. В качестве эталонной антенны использовать антенну измерительную рупорную П6-49.

В диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц коэффициент калибровки антенны АИ5-0 определить следующим образом.

Генератор Г4-153, вольтметр В3-59, частотомер ЧЗ-63, входящие в состав стойки генераторно-измерительной СГИ1 установки П1-10, заземлить, включить и прогреть в течение времени, указанного в их технических описаниях.

Собрать схему, представленную на рис. 1.

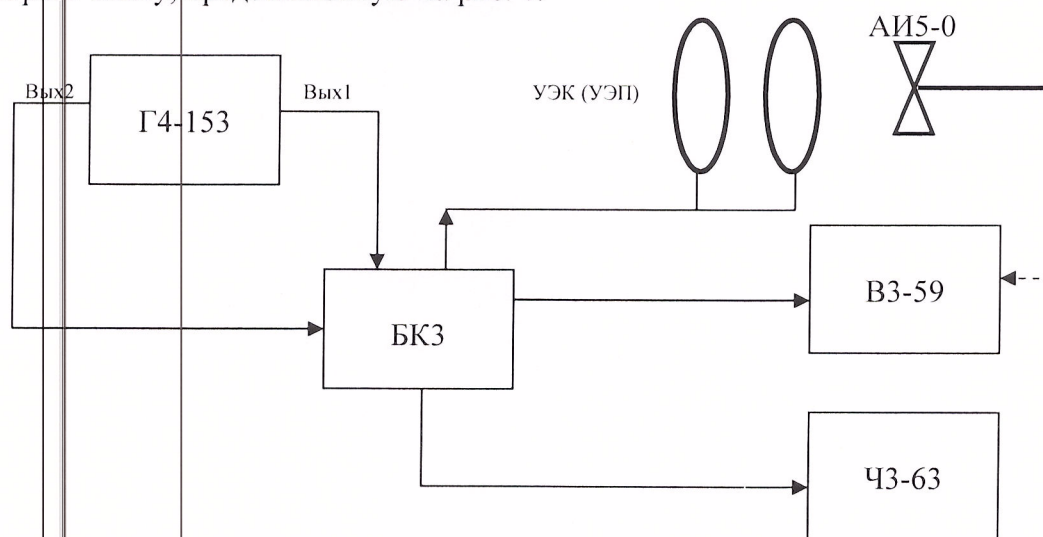


Рис. 1 Структурная схема измерений коэффициента калибровки антенны АИ5-0 в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц

Измерения на установках УЭП и УЭК проводятся в ручном режиме (блок интерфейсных плат унифицированный БИПУ в стойках генераторно-измерительной СГИ1 и измерительно-информационной СИИ1 не включать).

Выход 1 «10V» и выход 2 «0,1V» генератора Г4-153 подключить к соответствующим разъемам блока коммутации БК3.

Выходы блока коммутации БК3 подключить к входам частотомера ЧЗ-63, вольтметра ВЗ-59 и кольцевого конденсатора УЭК.

Частоту выходного сигнала генератора Г4-153 установить равной 9 кГц, уровень сигнала 100 мВ.

На блоке коммутации БК3 нажать клавишу «Г4-153» и подать сигнал установленного уровня и частоты на входы вольтметра ВЗ-59 и частотомера ЧЗ-63.

В соответствии с Руководствами по эксплуатации вольтметра ВЗ-59 и частотомера ЧЗ-63 измерить уровень и частоту выходного сигнала генератора Г4-153. При необходимости провести подстройку частоты и уровня выходного сигнала генератора при помощи кнопок управления, расположенных на лицевой панели генератора Г4-153.

Напряженность электрического поля, воспроизводимого в кольцевом конденсаторе УЭК, рассчитать по формуле:

$$E = U \cdot K_{EU}, \quad (1)$$

где E – напряженность электрического поля между обкладками кольцевого конденсатора, В/м;

U – уровень выходного сигнала генератора, измеренный вольтметром ВЗ-59, В;

K_{EU} – коэффициент преобразования УЭК, записанный в свидетельстве о поверке, $K_{EU} = 2,558 \text{ м}^{-1}$.

Выход антенны АИ5-0 подключить к соответствующему разъему развязывающего устройства УР-1.6, выход развязывающего устройства подключить к входу вольтметра ВЗ-59 стойки измерительно-информационной СГИ1. Блок питания стабилизированный, входящий в состав антенны АИ5-0 включить в сеть. В рабочую зону кольцевого конденсатора УЭК поместить поверяемую антенну АИ5-0. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны АИ5-0.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-0 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3).

$$K^*_{AI} = \frac{E}{U_{AI}}, \quad (2)$$

где K^*_{AI} – коэффициент калибровки антенны АИ5-0, м^{-1} ;

E – напряженность электрического поля между обкладками конденсаторов, рассчитанная по формуле (1), В/м;

U_{AI} – уровень сигнала на выходе антенны АИ5-0, измеренный вольтметром ВЗ-59, В.

Провести пересчет коэффициента калибровки K^*_{AI} в логарифмические единицы (дБ (м^{-1})) по формуле:

$$K_{AI} = 20 \lg K^*_{AI}. \quad (3)$$

Аналогичные измерения и расчеты провести на частотах 10; 20; 50; 100 кГц.

Выход блока коммутации БК3 подключить к плоскому конденсатору УЭП.

Частоту выходного сигнала генератора Г4-153 установить равной 200 кГц, уровень - 100 мВ.

На блоке коммутации БК3 нажать клавишу «Г4-153» и подать сигнал установленного уровня и частоты на входы вольтметра ВЗ-59 и частотомера ЧЗ-63.

В соответствии с Руководствами по эксплуатации вольтметра ВЗ-59 и частотомера ЧЗ-63 измерить уровень и частоту выходного сигнала генератора Г4-153. При необходимости провести подстройку частоты и уровня выходного сигнала генератора при помощи кнопок управления, расположенных на лицевой панели генератора Г4-153.

Напряженность электрического поля, воспроизводимого в плоском конденсаторе УЭП, рассчитать по формуле:

$$E = U \cdot K_{UE}, \quad (4)$$

где E – напряженность электрического поля между обкладками плоского конденсатора, В/м;

U – уровень выходного сигнала генератора, измеренное вольтметром ВЗ-59, В;

K_{UE} – коэффициент преобразования УЭП, записанный в свидетельстве о поверке, м⁻¹.

Значение коэффициента K_{UE} выбрать из таблицы 3.

Таблица 3.

Частота, МГц	$K_{UE}, \text{м}^{-1}$
0,2	1,88
0,5	1,89
1	1,89
2	1,90
5	1,91
10	1,90
20	1,93
30	1,96

Выход антенны АИ5-0 подключить к соответствующему разъему развязывающего устройства УР-1.6, выход развязывающего устройства подключить к входу вольтметра ВЗ-59 стойки измерительно-информационной СГИ1. Блок питания стабилизированный, входящий в состав антенны АИ5-0 включить в сеть. В рабочую зону плоского конденсатора УЭП поместить поверяемую антенну АИ5-0. Антенну установить на диэлектрическом штативе на согласованной поляризации.

Измерить уровень сигнала на выходе антенны АИ5-0.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-0 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3).

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны АИ5-0 на частотах 500 кГц, 1; 2; 5; 10; 20; 30 МГц.

В диапазоне частот от 50 МГц до 1,0 ГГц коэффициент калибровки антенны АИ5-0 определить следующим образом.

Установку электрического поля с дипольными антеннами УЭД подготовить к работе согласно техническому описанию и инструкции по эксплуатации на нее.

Излучающую антенну П6-21А и приемную антенну АБ1 из состава УЭД установить на расстоянии 5 м друг от друга и 2 м от подстилающей поверхности в положение, соответствующее горизонтальной поляризации.

На вход антенны П6-21А с генератора Г4-159 (из состава УЭД) подать сигнал частотой 50 МГц и уровнем 0,5 В.

Уровень сигнала на выходе приемной антенны измерить вольтметром диодным компенсационным ВЗ-63 (вместо МЗ-22, входящего в состав УЭД).

Напряженность формируемого электрического поля определить по формуле:

$$E = U \cdot k_{AB}, \quad (5)$$

где U – напряжение на выходе антенны АБ 1, измеренное вольтметром ВЗ-63;

k_{AB} – коэффициент преобразования антенны АБ 1, указанное в свидетельстве о поверке ПИ-10, 1/м.

Вместо антенны АБ 1 в ту же точку пространства установить поверяемую антенну АИ5-0 в положение, соответствующее горизонтальной поляризации. Выход антенны АИ5-0 подключить к соответствующему разъему развязывающего устройства УР-1.6, выход развязывающего устройства через согласующий элемент из состава ВЗ-63 подключить к входу вольтметра ВЗ-63. Блок питания стабилизированный, входящий в состав антенны АИ5-0 включить в сеть. Измерить уровень сигнала на выходе антенны АИ5-0.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-0 на фиксированной частоте рассчитать по формулам (2) и (3) при условии, что значение напряженности поля соответствует рассчитанному по формуле (5).

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны АИ5-0 на частотах от 100 до 1000 МГц с шагом 100 МГц, используя генератор Г4-160 и вибраторы из состава УЭД соответствующего диапазона частот.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-0 в диапазоне частот свыше 1,0 ГГц определяют методом эталонной антенны в условиях безэховой экранированной или полубезэховой камеры. В качестве эталонной антенны использовать антенну измерительную рупорную П6-49.

Собрать схему измерений согласно рис. 2.

Выход генератора Г4-176А подключить к входу измерительной рупорной антенны П6-49. На расстоянии 3 м установить антенну измерительную рупорную П6-49 (расстояние отсчитывается от раскрывов антенн), выход которой нагружен на ваттметр М3-90. Антенны разместить в положения, соответствующие вертикальной поляризации.

На вход передающей антенны с генератора подать сигнал уровнем 0,7 В и частотой 1100 МГц. Мощность выходного сигнала приемной антенны P_1 , Вт, измерить с помощью ваттметра.

Вместо эталонной антенны установить поверяемую антенну АИ5-0 и аналогично вышеописанному измерить мощность сигнала P_2 , Вт, на ее выходе.

Коэффициент калибровки антенны АИ5-0 $K_{ант2}$, дБ (m^{-1}), рассчитать по формуле:

$$K_{ант2} = 20 \lg \left(\sqrt{\frac{\rho \cdot 4\pi}{R \cdot G_2 \cdot \lambda^2}} \right), \text{ где} \quad (6)$$

$$G_2 = G_1 \cdot 10^{\frac{P_2 - P_1}{10}},$$

где ρ , Ом, - волновое сопротивление свободного пространства, $\rho = 120\pi$ Ом;

R , Ом, - входное сопротивление измерителя, $R = 50$ Ом;

G_2 – коэффициент усиления по мощности поверяемой антенны;

λ , м, - длина волны;

G_1 – коэффициент усиления по мощности эталонной антенны;

P_1 - уровень сигнала на выходе эталонной антенны, дБ (мВт);

P_2 - уровень сигнала на выходе поверяемой антенны, дБ (мВт).

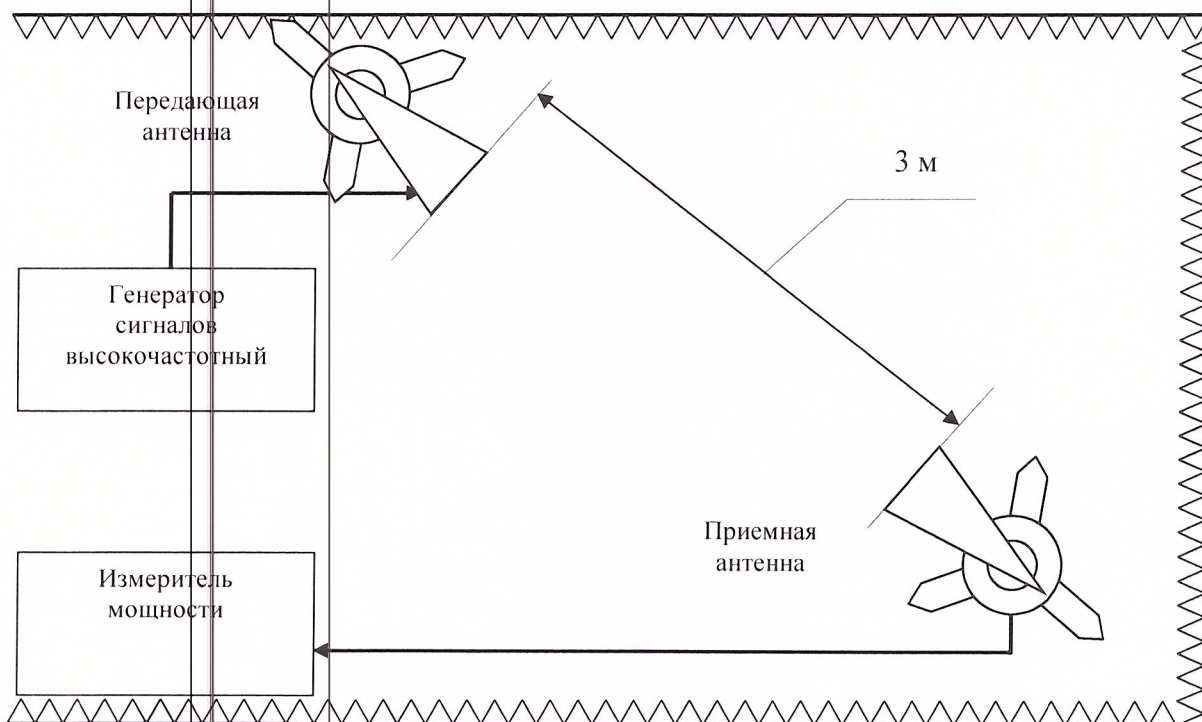


Рис. 2. Схема определения коэффициента калибровки антенны АИ5-0 в диапазоне частот от 1,1 до 2,0 ГГц

Аналогично определить коэффициент калибровки антенны на частотах от 1,2 до 2,0 ГГц с дискретностью 0,1 ГГц. В качестве источника сигнала использовать генератор сигналов высокочастотный Г4-211.

8.1.3 Калибровка измерительных токоємников

Коэффициенты калибровки измерительных токоємников определяются при помощи образцовой измерительной линии, содержащей генераторы Г3-122 и Г4-176А, измеритель (вольтметр диодный компенсационный В3-63) и согласованную нагрузку сопротивлением 50 Ом.

Последовательно измеряются падение напряжения на согласованной нагрузке и напряжение, создаваемое токоємником на входном сопротивлении измерителя во всем диапазоне частот токоємника.

Для токоємника типа ТИ2-3 измерения проводятся на частотах калибровки магнитных антенн и от 50 до 300 МГц с дискретностью 50 МГц.

Коэффициент калибровки токоємника $K_{тс}$, дБ (Ом^{-1}), рассчитывается для каждого значения частоты входного сигнала по формуле:

$$K_{тс} = U_{сн} - U_{тс} - R_n, \quad (7)$$

где $U_{сн}$, дБВ, - напряжение на согласованной нагрузке;

$U_{тс}$, дБВ, - напряжение, создаваемое токоємником на входе измерителя;

R_n , дБОм, - сопротивление нагрузки, равное 50 Ом.

Погрешность определения коэффициентов калибровки измерительных антенн в диапазоне частот от 9 кГц до 1 ГГц не должна превышать ± 1 дБ, в диапазоне частот от 1 ГГц до 2 ГГц не должна превышать $\pm 1,5$ дБ. Погрешность определения коэффициентов калибровки измерительных токоємников не должна превышать $\pm 1,5$ дБ.

Непосредственные измерения напряженности магнитного и электрического полей, силы тока, наводимого электромагнитными полями, осуществляются на частотах калибровки измерительных антенн и токоємников.

Перед началом непосредственных измерений согласно Руководству оператора системы занести в соответствующие графы меню программы «Сигурд-интерфейс» результаты калибровки измерительных антенн и токоємников.

8.1.4 Определение основной погрешности измерений напряженности магнитного поля

Погрешность измерений напряженности магнитного поля определяется с помощью вольтметра диодного компенсационного В3-59, измерительной рамочной антенны П6-43 и установки К2П-70, в ТЕМ-камере которой формируется стабильное электромагнитное поле. Напряженность магнитного поля последовательно измеряется системой и вольтметром В3-59, вход которого нагружен на измерительную антенну П6-43.

Антенны устанавливать на согласованной поляризации.

Изменяя частоту входного сигнала в пределах от 10 кГц до 30 МГц фиксировать показания вольтметра В3-59.

Напряженность магнитного поля H_1 , дБА/м, рассчитать по формуле:

$$H_1 = \rho + E_1, \text{ где}$$

$$E_1 = U_{\text{вых}1} + \text{Кант}_1, \quad (8)$$

где ρ , дБОм – волновое сопротивление свободного пространства, $\rho = 51,5$ дБ (Ом);

$U_{\text{вых}1}$ - напряжение на выходе антенны П6-43, дБ (А);

Кант_1 - коэффициент калибровки антенны П6-43, дБ (м^{-1}).

Согласно Руководству оператора системы измерить напряженность магнитного поля H_2 , дБ (А/м).

Погрешность измерений системой магнитного поля δ_H , дБ, рассчитывается по формуле:

$$\delta_H = H_1 - H_2 . \quad (9)$$

Анализатор спектра и ПЭВМ из состава системы, а также вольтметр ВЗ-59 располагать вне рабочей зоны ТЕМ-камеры.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерений напряженности магнитного поля находится в пределах ± 3 дБ.

8.1.5 Определение основной погрешности измерений напряженности электрического поля

Определение основной погрешности измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот от 9 до 100 кГц методом «образцового поля», формируемого в рабочей зоне кольцевого конденсатора установки воспроизведения электрического поля с кольцевым конденсатором УЭК, плоского конденсатора установки воспроизведения электрического поля с плоским конденсатором УЭП (в диапазоне частот от 200 кГц до 30 МГц), установки воспроизведения электрического поля с дипольными антеннами УЭД (от 50 МГц до 1,0 ГГц) из состава установки измерительной ПИ-10. В диапазоне частот свыше 1,0 ГГц определение основной погрешности измерений напряженности электрического поля осуществляется методом образцового (эталонного) средства измерений в безэховом помещении. В качестве образцового (эталонного) средства измерений использовать антенну измерительную рупорную П6-49 совместно с измерителем мощности МЗ-90.

Для проверки погрешности измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот от 9 кГц до 1000 МГц между обкладками кольцевого и плоского конденсаторов УЭК и УЭП, а также рабочей зоне УЭД формируется образцовое электромагнитное поле с напряженностью E , дБ (мкВ/м), рассчитанной по формулам (1), (4), (5). Напряженность электрической компоненты формируемого поля измеряют с помощью системы и измерительной антенны АИ5-0 (E_1 , дБ (мкВ)/м).

Погрешность измерений напряженности электрического поля δ_E , дБ, рассчитать по формуле:

$$\delta_E = E - E_1 . \quad (10)$$

Измерения проводят на частотах калибровки антенны АИ5-0.

Для проверки погрешности измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот от 1,1 до 2,0 ГГц в рабочей зоне безэховой камеры формируется электромагнитное поле с известными и стабильными во времени характеристиками. В качестве излучающего элемента применяется антенна П6-49, формирователя - генераторы сигналов высокочастотные Г4-176А и Г4-211. В качестве измерителя напряженности использовать антенну П6-49 совместно с измерителем мощности МЗ-90.

Напряженность формируемого поля последовательно измеряется поверяемой системой и измерителем мощности с измерительной антенной.

Напряженность поля E_1 , дБ (мкВ/м), измеряемую ваттметром МЗ-90 совместно с измерительной антенной П6-49, рассчитать по формуле:

$$E_1 = 20 \lg \sqrt{P \cdot \frac{\rho}{S}} , \quad (11)$$

где P , Вт, - мощность сигнала на выходе приемной антенны П6-49;

S , м², - эффективная площадь антенны П6-49;

ρ - волновое сопротивление свободного пространства.

Погрешность измерений напряженности электрического поля δ_E , дБ, рассчитать по формуле (9).

Измерения проводят на частотах калибровки антенны АИ5-0.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерений напряженности электрического поля в диапазоне частот системы находится в пределах ± 3 дБ.

8.1.6 Определение основной погрешности измерений силы тока, наведенного электромагнитными полями

Определение основной погрешности измерений силы тока, наведенного электромагнитными полями, осуществляется при помощи образцовой измерительной линии, содержащей генератор, измеритель (вольтметр диодный компенсационный ВЗ-63) и согласованную нагрузку сопротивлением 50 Ом.

Вольтметром измеряется падение напряжения на нагрузке, далее производится расчет силы тока в измерительной линии по формуле:

$$I_{л1} = U_n - R_n, \quad (12)$$

где $I_{л1}$, дБмкА, - сила тока в измерительной линии;

U_n , дБмкВ, - падение напряжения на нагрузке, измеряемое вольтметром ВЗ-63;

R_n , дБОм, - сопротивление нагрузки.

Сила тока в измерительной линии $I_{л2}$ измеряется поверяемой системой.

Погрешность измерения силы поверяемой системой тока вычисляется по формуле:

$$\delta_1 = I_{л1} - I_{л2}. \quad (13)$$

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерений силы тока, наводимого электромагнитным полем, находится в пределах ± 3 дБ.

8.2 Определение абсолютной погрешности измерений частоты входного синусоидального сигнала

Определение абсолютной погрешности измерения частоты входного синусоидального сигнала осуществляется методом сравнения показаний анализатора спектра (результатов измерений частоты входного сигнала, представленные в меню «Результаты измерений» программы «Сигурд-интерфейс») с показаниями образцового средства измерений.

В качестве образцового средства измерений используется частотомер электронно-счетный ЧЗ-66.

Собрать схему согласно рис. 3.

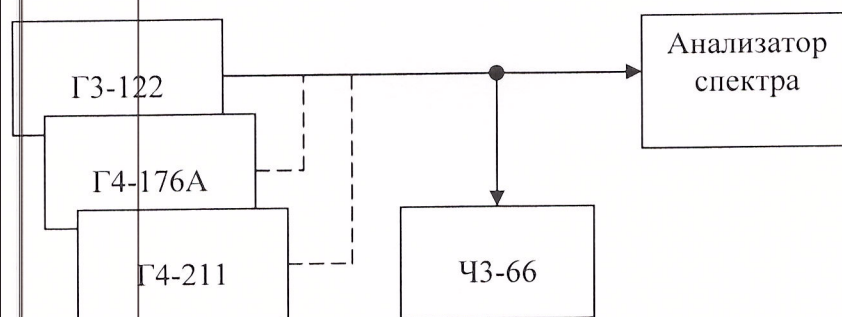


Рис. 3.

Полосу обзора ΔF анализатора спектра установить в пределах от 5 до 160 кГц, полосу пропускания $f_{пр}$ установить равной 100 Гц.

С выхода генератора ГЗ-122 на вход анализатора спектра подать сигнал уровнем 10 мВ и частотой $f_f = 9$ кГц. Частоту выходного сигнала генератора измерить анализатором спектра ($f_{компл}$), входящим в состав поверяемой системы и частотомером ЧЗ-66 ($f_{изм}$).

Погрешность измерения частоты Δ_f , Гц, синусоидального сигнала рассчитать по формуле:

$$\Delta_f = f_{компл} - f_{изм}. \quad (14)$$

Аналогичные измерения провести на частотах выходного сигнала генератора, указанных в табл. 3 при соответствующих настройках анализатора спектра, также указанных в табл. 4.

Для каждого измерения рассчитать погрешность согласно формуле (14).

Таблица 4.

ΔF	от 5 до 160 кГц	от 140 кГц до 33 МГц	от 27 до 1010 МГц	от 990 до 2010 МГц
f _{пр}	100 Гц 300 Гц 1 кГц 3 кГц	1 кГц 3 кГц 10 кГц 30 кГц	30 кГц 100 кГц 300 кГц	30 кГц 100 кГц 300 кГц
f _г	9 кГц 50 кГц 150 кГц	150 кГц 1 МГц 30 МГц	30 МГц 500 МГц 1000 МГц	1000 МГц 1500 МГц 2000 МГц
Тип генератора	Г3-122	Г4-176А	Г4-176А	Г4-176А, Г4-211

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность измерений частоты синусоидального сигнала не превышает 100 Гц, 300 Гц, 1 кГц, 3 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 30 кГц, 100 кГц, 300 кГц для установленных полос пропускания 100 Гц, 300 Гц, 1 кГц, 3 кГц, 10 кГц, 30 кГц, 30 кГц, 100 кГц, 300 кГц, соответственно.

8.3 Определение диапазона рабочих частот

Определение диапазона рабочих частот осуществляется по результатам проверки погрешности измерений напряженности электромагнитного поля и силы тока, наведенного полем и абсолютной погрешности измерений частоты синусоидального сигнала. При этом на экране ПЭВМ системы должен наблюдаться сигнал, а погрешность измерений не должна превышать допустимых значений.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если диапазон частот системы при измерении напряженности магнитного поля составляет от 9 кГц до 30 МГц, напряженности электрического поля - от 9 кГц до 2000 МГц, силы тока - от 9 кГц до 300 МГц.

8.4 Определение минимального уровня измеряемой напряженности поля и силы тока, наведенного электромагнитными полями и динамического диапазона измерений напряженности поля и силы тока

Минимальный уровень измеряемой напряженности поля и силы тока, наведенного электромагнитными полями, осуществляется в экранированном помещении и определяется методом прямых измерений напряженности поля и силы тока при отсутствии сигнала на входе системы.

Полосу пропускания анализатора спектра поверяемой системы установить равной 100 Гц. Центральную частоту анализатора спектра последовательно устанавливать равной 10, 100 и 500 кГц, 1, 10, 30, 100 и 500 МГц, 1 и 2 ГГц. Отстройка от центральной частоты (установка SPAN) 300 Гц.

К входу анализатора спектра подключить магнитную антенну, входящую в состав системы. Измерить напряженность магнитного поля $H_{изм}$ на частотах 10, 100 и 500 кГц, 1, 10 и 30 МГц.

Минимальный уровень измеряемой напряженности магнитного поля $H_{мин}$, дБ(мкА/м), рассчитать по формуле:

$$H_{мин} = H_{изм} + 3 \text{ дБ.} \quad (15)$$

К входу анализатора спектра подключить электрическую антенну, входящую в состав системы. Измерить напряженность электрического поля $E_{изм}$ на частотах 10, 100 и 500 кГц, 1, 10, 30, 100 и 500 МГц, 1 и 2 ГГц.

Минимальный уровень измеряемой напряженности электрического поля рассчитать по формуле:

$$E_{min} = E_{изм} + 3 \text{ дБ.} \quad (16)$$

К входу анализатора спектра подключить токосъемник, входящий в состав системы. Измерить напряжение $U_{изм}$, дБ(мкВ) на выходе токосъемника на частотах 10, 100 и 500 кГц, 1, 10, 30, 100 и 300 МГц.

Минимальное значение силы тока I_{min} , дБ(мкА), измеряемой системой рассчитать по формуле:

$$I_{min} = U_{изм} + K_k + 3 \text{ дБ,} \quad (17)$$

где K_k , дБОм⁻¹, - коэффициент калибровки токосъемника на соответствующей частоте.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если минимальный уровень измеряемой напряженности магнитного поля не более минус 30 дБ(мкА/м), минимальный уровень измеряемой напряженности электрического поля не более 18 дБ(мкВ/м), минимальный уровень измеряемой силы тока не более 15 дБ(мкА).

8.5 Определение динамического диапазона измерений напряженности магнитного и электрического полей, силы тока, наведенного электромагнитным полем

Определение динамического диапазона измерений напряженности магнитного поля осуществляется методом образцового (эталонного) средства измерений, в качестве которого используется селективный микровольтметр SMV-11 и измерительная рамочная активная антенна П6-43.

Измерения проводятся на частотах 9 кГц, 1 МГц, 30 МГц.

В ТЕМ-ячейке установки К2П-70 формируется электромагнитное поле, магнитную компоненту которого измеряют вольтметром SMV-11 с нагруженной на него антенной П6-43. Регулируя уровень выходного сигнала возбуждающего генератора установки К2П-70, добиться показаний вольтметра, соответствующих напряженности магнитного поля 15 дБ(мкА/м) (расчет напряженности поля осуществляется по формуле (8)). Уровень выходного сигнала генератора, при котором напряженность поля в точке приема равна 15 дБ(мкА/м) – U_{min} .

Увеличивая уровень выходного сигнала генератора добиться показаний анализатора спектра, соответствующих напряженности магнитного поля 90 дБ (мкА/м). Уровень выходного сигнала генератора, при котором напряженность поля в точке приема равна 90 дБ (мкА/м) – U_{max} .

На выходе генератора устанавливают аттенуатор общим ослаблением 75 дБ.

Не изменяя настроек генератора, в месте стояния образцовой антенны устанавливают магнитную антенну поверяемой системы и с помощью системы измеряют напряженность магнитного поля.

Погрешность измерений напряженности поля рассчитать по формуле (10).

Если погрешность измерений не превышает установленных значений, то измеренное системой значение напряженности магнитного поля H_{min} определяет нижнюю границу динамического диапазона.

Из схемы измерений исключить аттенуатор и измерить напряженность поля.

Погрешность измерений напряженности поля рассчитать по формуле (10).

Если погрешность измерений не превышает установленных значений, то измеренное системой значение напряженности магнитного поля H_{max} определяет верхнюю границу динамического диапазона.

Динамический диапазон D , дБ, измерений напряженности магнитного поля рассчитать по формуле:

$$D = H_{\max} - H_{\min} \quad (18)$$

Результаты поверки считают удовлетворительными, если динамический диапазон измерений напряженности магнитного поля не менее 75 дБ.

Динамический диапазон измерений напряженности электрического поля и силы тока, наводимого электромагнитным полем, осуществляется аналогичным образом при применении эталонов, средств измерений и вспомогательного оборудования, используемых в п.п. 8.1.5 и 8.1.6.

Уровень выходного сигнала выставляется таким образом, чтобы в точке приема обеспечить напряженность электрического поля, равную 20 дБ(мкВ/м) и силу тока в линии, равную 38 дБ(мкА).

Измерение напряженности электрического поля проводить на частотах 9 кГц, 1 и 100 МГц, 1 и 2 ГГц.

Измерение силы тока проводить на частотах 9 и 100 кГц, 1, 100 и 300 МГц.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если динамический диапазон измерений напряженности электрического поля и силы тока, наведенного полем, не менее 75 дБ.

8.6 Определение номинальных значений полос пропускания измерительного устройства

Определение номинальных значений полос пропускания измерительного устройства (анализатора спектра) осуществляют методом постоянного входа при помощи генератора сигналов низкочастотного прецизионного Г3-122, генератора сигналов высокочастотного Г4-176А, частотомера электронно-счетного ЧЗ-66, вольтметра диодного компенсационного ВЗ-63.

Измерения проводятся согласно схеме, представленной на рис. 4.

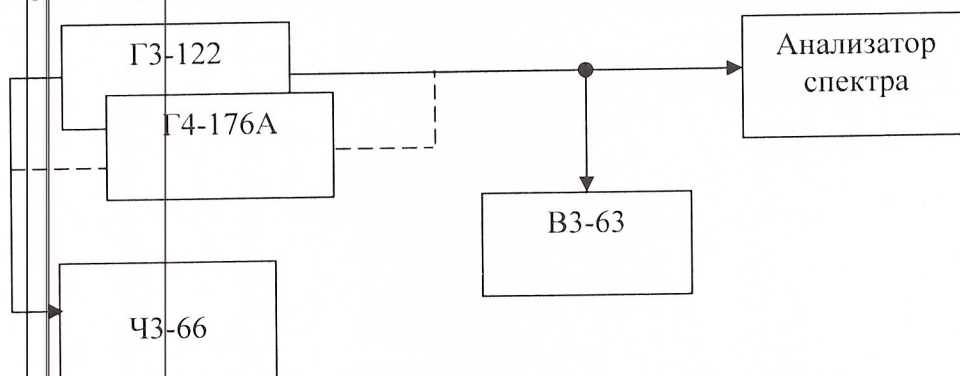


Рис. 4

На поверяемом анализаторе спектра установить следующие настройки: ширина полосы пропускания $f_{\text{пр}} = 100$ Гц, центральная частота $f_{\text{ц}} = 50$ кГц, отстройка от центральной частоты (установка SPAN) $\Delta f_s = 300$ Гц.

С выхода генератора Г3-122 на вход поверяемого анализатора спектра подать сигнал частотой 50 кГц и уровнем 10 мВ.

Контролируя частоту и уровень выходного сигнала генератора с помощью частотомера и вольтметра, регулировками генератора, расположенными на его лицевой панели, поддерживать их постоянными.

Поверяемым анализатором спектра измерить частоту и уровень входного сигнала.

Уменьшая и увеличивая частоту выходного сигнала генератора относительно резонансной (50 кГц), с помощью частотомера фиксировать частоты f_1 и f_2 , на которых уровень измеряемого анализатором спектра сигнала уменьшится на 3 дБ по отношению к уровню, измеренному на резонансной частоте.

Полосу пропускания $f_{\text{пр.изм}}$, Гц, рассчитать по формуле:

$$f_{\text{пр.изм}} = f_2 - f_1 \quad (19)$$

Аналогично измерить полосы пропускания поверяемого анализатора спектра при соот-

ветствующих настройках и частоте входного сигнала, приведенных в табл. 5.
Таблица 5.

$f_{пр}$	100 Гц	300 Гц	1 кГц	3 кГц	10 кГц	30 кГц	100 кГц	300 кГц
$f_r, f_{ц}$	50 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	50 МГц	100 МГц	300 МГц	500 МГц
Δf_s	300 Гц	900 Гц	3 кГц	9 кГц	30 кГц	90 кГц	300 кГц	900 кГц

Результаты поверки считают удовлетворительными, если значения полос пропускания равны 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30; 100; 300 кГц.

9 Оформление результатов проведения поверки

9.1 Положительным результатом поверки считают соответствие полученных метрологических и технических характеристик системы установленным значениям.

9.2 При положительных результатах поверки оформляется Свидетельство о поверке с указанием полученных метрологических и технических характеристик.

9.3 При отрицательных результатах поверки систему настраивают и направляют на повторную поверку или в ремонт.

Начальник отдела
ГЦИ СИ "Воентест" 32 ГНИИИ МО РФ

Научный сотрудник
ГЦИ СИ "Воентест" 32 ГНИИИ МО РФ




И.М. Малай

М.С. Шкуркин