



**АНТЕННА ШИРОКОПОЛОСНАЯ
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ РУПОРНАЯ
П6-160
КНПР.464653.058**

Руководство по эксплуатации

КНПР.464653.058 РЭ

Содержание

Лист

1	Нормативные ссылки	3
2	СОКРАЩЕНИЯ.....	3
3	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, УРОВЕНЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА.	4
4	ОПИСАНИЕ АНТЕННЫ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ	4
4.1	Назначение антенны.....	4
4.2	Состав антенны (комплект поставки).....	5
4.3	Метрологические и технические характеристики.....	5
4.4	Устройство и работа антенны	5
5	ПОДГОТОВКА АНТЕННЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ	6
5.1	Эксплуатационные ограничения, меры безопасности, уровень подготовки обслуживающего персонала.....	6
5.2	Подготовка к работе и порядок работы.....	6
5.3	Использование антенны.....	7
5.4	Проведение измерений.	7
5.5	Проведение измерений.	7
5.5.1	<i>Измерение коэффициента усиления антенны</i>	8
5.5.2	<i>Измерение эффективной площади антенн.</i>	9
5.5.3	<i>Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля</i>	10
5.5.4	<i>Создание электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.</i>	11
6	ПОВЕРКА АНТЕННЫ	12
7	ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	12
8	КОНСЕРВАЦИЯ/РАСКОНСЕРВАЦИЯ	13
8.1	Общие указания	13
8.2	Меры безопасности при консервации/расконсервации.....	13
8.3	Консервация	13
8.4	Расконсервация.	13
9	РЕМОНТ АНТЕНН	13
10	ХРАНЕНИЕ	14
11	ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ.....	14
12	ТАРА И УПАКОВКА	15
13	МАРКИРОВКА И ПЛОМБИРОВАНИЕ	15
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Формулы пересчёта величин.....	16

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для пояснения принципа действия антенны широкополосной измерительной рупорной П6-160 (далее - антенна, изделие), и устанавливает порядок её эксплуатации и поверки.

При проведении измерений или использовании антенны в качестве передающего устройства необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с СВЧ - излучениями. СВЧ - излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

При изучении и работе с антенной следует руководствоваться формуляром на конкретную антенну, настоящим руководством по эксплуатации, графиком зависимости коэффициента усиления от частоты, полученным по результатам поверки антенны.

Антенна широкополосная измерительная рупорная П6-160 внесена в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, номер в Государственном реестре средств измерений 90098-23, и допущена к применению в Российской Федерации.

Авторские права на изделие принадлежат: АО «СКАРД-Электроникс».

— все конструктивные и схематические решения, примененные в изделиях, являются интеллектуальной собственностью АО «СКАРД - Электроникс».

— любое копирование, или применение использованных в изделии схемотехнических и конструктивных решений, а также использование изделия в качестве базовой технологии для разработки аналогичных изделий не допускается.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем РЭ использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ Р 53112-2008 - Комплексы для измерений параметров побочных электромагнитных излучений и наводок. Технические требования и методы испытаний;
- ГОСТ CISPR 16-1-4-2023 - Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к аппаратуре для измерения параметров промышленных радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений;
- ГОСТ CISPR 25 - Совместимость технических средств электромагнитная. Транспортные средства, суда и встроенные двигатели внутреннего сгорания. Характеристики радиопомех. Нормы и методы измерений для защиты бортовых приемников;
- ГОСТ 13317-89 - Элементы соединения СВЧ трактов электронных измерительных приборов. Присоединительные размеры;
- ГОСТ 12.3.019-80 - Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности;
- ГОСТ 14192-96 - Маркировка грузов;
- ГОСТ 18680-73 - Детали пломбирования. Общие технические условия;
- ГОСТ 22261-94 - Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия;
- МПТ №2510 от 31.07.2020 - Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке;
- ГОСТ Р 2.601-2019 - Эксплуатационные документы;
- ГОСТ Р 51288-99 - Средства измерения электрических и магнитных величин. Эксплуатационные документы;
- САНПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 - Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.
- ГОСТ IEC 61010-1-2014 - Межгосударственный стандарт. Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования;
- ГОСТ 26104-89 - Средства измерений электронные. Технические требования в части безопасности. Методы испытаний.

2 СОКРАЩЕНИЯ

- КО - контрольный осмотр;
- КСВН - коэффициент стоячей волны по напряжению;
- МП - методика поверки
- НМ - нормы расхода материалов;

- ПВХ - поливинилхлорид;
- РЭ - руководство по эксплуатации;
- СВЧ - сверхвысокая частота, сверхвысокочастотный (прибор/компонент);
- ТО - техническое обслуживание;
- ФО - формуляр.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, УРОВЕНЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА.

3.1 При проведении измерений или использовании антенны в качестве передающей необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с СВЧ - излучениями. СВЧ - излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

3.2 При работе с антенной совместно с генераторами сигналов должны использоваться защитные элементы (экраны, поглотители и т.п.) для ограничения воздействия электромагнитных полей в рабочей зоне до допускаемых уровней.

3.3 ЗАПРЕЩАЕТСЯ проведение измерений при отсутствии или неисправности заземления аппаратуры, используемой совместно с антенной.

3.4 Эксплуатация и обслуживание антенны должна осуществляться персоналом, прошедшим специальную подготовку и изучившим требования безопасности по ГОСТ 22261, ГОСТ 12.2.091, ГОСТ 26104, инструкцию по правилам и мерам безопасности и прошедшие инструктаж на рабочем месте.

3.5 Обслуживающий персонал должен иметь группу по электробезопасности не ниже третьей согласно «Межотраслевым правилам по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок «ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00».

3.6 Для предохранения работающего персонала от воздействия опасных и вредных производственных факторов необходимо:

- соединить корпусные клеммы всех средств измерения с шиной заземления;
- пользоваться инструментом только с изолированными ручками;
- производить пайку, осмотр и ремонт только при отключенном напряжении питания.
- отсоединять и присоединять кабели питания при выключенном напряжении питания;
- отключать напряжения питания при уходе с рабочего места и после окончания работы.

4 ОПИСАНИЕ АНТЕННЫ И ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ

4.1 Назначение антенны.

Антенна предназначена:

- совместно с измерительными приемными устройствами (селективным микровольтметром, анализатором спектра и т.д.) применяется для измерения плотности потока энергии электромагнитного поля, параметров антенных устройств для приёма энергии электромагнитных полей в рабочем диапазоне частот.
- совместно с генераторами сигналов (усилителем мощности) – для возбуждения электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

Антенны могут использоваться для работы в лабораторных, заводских и полевых условиях в качестве рабочих средства измерений.

Антенна применяется для измерения параметров поля излучения антенных систем, параметров электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств и параметров материалов. Рекомендована для метрологических приложений и экспериментальных исследований.

Может использоваться для работы в лабораторных, заводских и полевых условиях.

4.2 Состав антенны (комплект поставки)

Состав антенны (комплект поставки) приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Комплект поставки антенны П6-160

№ п/п	Наименование	Обозначение	Количество
1	Широкополосная измерительная рупорная антенна П6-160	КНПР.464653.058	1
Эксплуатационная документация			
2	Формуляр	КНПР.464653.058ФО	1
3	Руководство по эксплуатации*	КНПР.464653.058РЭ	1
4	Методика поверки*	МП П6-160-2023	1
Прочие изделия			
5	Короб транспортировочный*	-	1

*Поставляется по согласованию с Заказчиком.

4.3 Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование параметра	Значение
Диапазон частот, ГГц	от 0,2 до 2,8 включ.
Диапазон коэффициента усиления антенны не менее, дБ:	от 2 до 16
Предел погрешности коэффициента усиления антенн, дБ	±2,0
КСВН входа, не более:	2,0

Примечание: Коэффициент усиления антенны (K_u) для заданной частоты определяется по значениям табличной части Свидетельства о Поверке, или графику (приложение А), либо по таблице (приложение Б) Формуляра, придаваемым к антенне, и действительны при проведении измерений в дальней зоне. K_u уточняется по результатам периодической поверки антенны.

Таблица 3 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Поляризация антенны	линейная
Импеданс, Ом	50
Максимальная непрерывная подводимая мощность, Вт	1000
Максимальная импульсная подводимая мощность, Вт	2000
Габаритные размеры антенны, не более, мм	980×720×548
Масса антенны, не более, кг	12,5
Рабочие условия эксплуатации:	
– температура окружающего воздуха, °С	от - 40 до + 50
– относительная влажность при температуре 35 °С, %, не более	98
– атмосферное давление, мм рт. ст.	от 630 до 800

4.4 Устройство и работа антенны

Конструктивно представляет собой пирамидальный рупор, выполненный на базе Н - образного волновода с ножевыми пластинами экспоненциальной формы, являющимися продолжением выступов Н - образного волновода.

Антенна имеет один коаксиальный СВЧ - вход с волновым сопротивлением 50 Ом (соединитель N - типа).

Конструкция рупора в диапазоне частот обеспечивает малый коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) и монотонную частотную зависимость коэффициента усиления.

Принцип действия рупора основан на преобразовании плотности потока энергии электромагнитного поля в соответствующую ей высокочастотную мощность в тракте. Для измерения характеристик электромагнитных полей рупор подключается к входу измерительного устройства (анализатору спектра, измерительному приёмнику, измерителю мощности), или иного приёмного измерительного устройства. Для передачи ВЧ энергии

электромагнитного поля антенна подключается к выходу генератора или усилителя ВЧ.

Общий вид антенны П6-160 представлен на рис. 1.

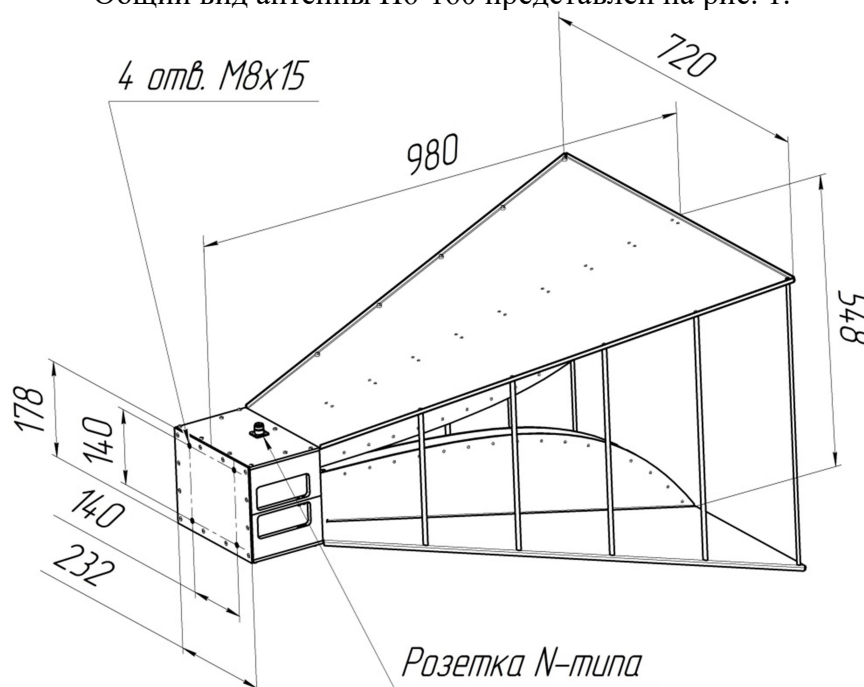


Рисунок 1 – Общий вид антенны измерительной рупорной П6-160

5 ПОДГОТОВКА АНТЕННЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

5.1 Эксплуатационные ограничения, меры безопасности, уровень подготовки обслуживающего персонала

5.1.1 Перед началом эксплуатации антенны необходимо изучить Руководство по эксплуатации и Формуляр.

5.1.2 При работе с антенной персонал должен владеть основами работы с антенно-фидерной техникой. В процессе работы с антенной запрещается её использование для решения нефункциональных задач.

5.1.3 Персонал обязан строго выполнять правила техники электробезопасности.

5.1.4 При проведении измерений или использовании антенны в качестве передающей соблюдайте правила техники безопасности при работе с СВЧ-излучениями. СВЧ-излучения могут представлять опасность для жизни и здоровья человека.

5.1.5 При выполнении работ по монтажу антенны и в процессе использования ЗАПРЕЩАЕТСЯ оказывать механические воздействия, приводящие к изменению габаритных размеров, а также целостности и исправности антенны.

5.1.6 КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ использование измерительных кабелей, оборудованных соединителями, имеющими несовместимый стандарт резьбового и канального соединения с антенной.

5.2 Подготовка к работе и порядок работы

1) используя элементы крепления, установите антенну на опору в месте эксплуатации (опора в комплект антенны не входит);

2) установите необходимую поляризацию;

3) вращением антенны установите необходимые углы азимута и элевации;

4) присоедините к СВЧ входу антенны измерительный кабель (в комплект антенны не входит).;

5) соедините клемму заземления антенны и измерительный прибор с шиной заземления.

Антенна готова к работе.

5.3 *Использование антенны*

5.3.1 *Режим приёма*

1) присоедините свободный разъем измерительного кабеля к входному разъему вашего измерительного прибора (селективный микровольтметр, анализатор спектра). В случае несоответствия сечений разъемов кабеля и измерительного прибора используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора.

2) включите ваш измерительный прибор. В соответствии с инструкцией по эксплуатации вашего прибора подготовьте его к работе и приступайте к проведению измерений.

5.3.2 *Режим передачи*

1) присоедините свободный разъем измерительного кабеля к выходному разъему вашего генератора или усилителя ВЧ (в случае несоответствия сечений разъемов кабеля и измерительного прибора используйте прецизионный СВЧ переход из состава комплекта вашего измерительного прибора).

2) включите ваш генератор или усилитель ВЧ. В соответствии с инструкцией по эксплуатации вашего прибора подготовьте его к работе и приступайте к использованию антенны в качестве излучающей в определённом диапазоне частот и мощности.

5.4 *Проведение измерений.*

При подготовке к измерениям следует убедиться в полной исправности и работоспособности антенн. Аппаратура, необходимая для проведения измерений (измерительные генераторы, измерители мощности, анализаторы спектра и т.д.) должна быть прогрета в течение времени, указанного в руководстве по эксплуатации.

Измерения проводить на согласованной поляризации электромагнитного поля.

При измерении коэффициента усиления антенны и эффективной площади соблюдать следующие условия:

Для проведения измерений антенны должна быть установлены в помещении или на открытой площадке без металлических отражающих предметов, размеры которого удовлетворяют условию Дальней Зоны излучения по расстоянию l [м] между приёмной и передающей антеннами не менее:

$$l \geq \frac{2(D_1 + D_2)^2}{\lambda} \quad (1)$$

где D_1, D_2 – наибольшие размеры раскрывов передающей и приёмной антенн, м;

λ – длина волны, м;

или на открытой площадке размером [м] 20,0х8,0 удалённой от отражающих предметов.

5.5 *Проведение измерений.*

При подготовке к измерениям следует убедиться в полной исправности и работоспособности антенн и оборудования. Аппаратура, необходимая для проведения измерений (измерительные генераторы, измерители мощности, анализаторы спектра и т.д.) должна быть прогрета в течение времени, указанного в руководстве по эксплуатации.

Измерения проводить на согласованной поляризации электромагнитного поля.

При измерении коэффициента усиления антенны и эффективной площади соблюдать следующие условия:

Для проведения измерений антенны должна быть установлены в помещении или на открытой площадке без металлических отражающих предметов, размеры которого удовлетворяют условию Дальней Зоны излучения по расстоянию l [см] между приёмной и передающей антеннами не менее:

$$l \geq \frac{2(D_1 + D_2)^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где D_1, D_2 – наибольшие размеры раскрывов передающей и приёмной антенн, см;

λ – длина волны, см.

5.5.1 Измерение коэффициента усиления антенны

Присоедините эталонную антенну к измерительному прибору в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 3.

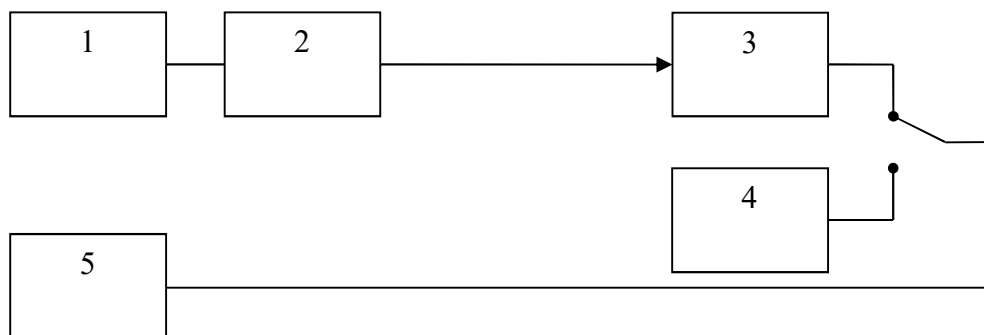


Рисунок 3 - Схема измерений коэффициента усиления антенн методом замещения

- 1 – генератор сигналов высокочастотный;
- 2 – излучающая антенна;
- 3 – эталонная антенна;
- 4 – испытываемая антенна;
- 5 – анализатор спектра (измерительный прибор).

Измерительный прибор (приёмник) подготовить к работе в режиме измерений уровней сигналов согласно РЭ прибора. Вход приёмника нагружать поочередно на вход эталонной антенны и испытываемой антенны. Перед началом измерений произвести геометрическую юстировку антенн.

Выход генератора сигналов высокочастотных подключить к входу излучающей антенны. Генератор установить в режим непрерывной генерации. Частоту выходного сигнала генератора и частоту приёмника установить равными текущей частоте измерений.

Зафиксировать уровень сигнала $A_{эм}$ [дБм] с выхода эталонной антенны по показаниям измерительного прибора. Изменить частоту выходного сигнала генератора и частоту измерительного прибора для измерений в следующей частотной точке.

Провести измерения для каждой частотной точки текущего диапазона измерений.

В точку расположения эталонной антенны установить испытываемую антенну и подключить к измерительному прибору. Произвести юстировку геометрической оси передающей и испытываемой антенн.

Настройку приёмника и генератора произвести аналогично, как и при проведении измерений уровня сигнала эталонной антенны. Зафиксировать уровень сигнала $A_{исп}$ [дБм] с выхода испытываемой антенны по показаниям измерительного прибора. Провести измерения для каждой частотной точки текущего поддиапазона измерений.

Измерения уровня сигнала $A_{исп}$ с выхода испытываемой антенны проводить поочередно в каждом частотном поддиапазоне.

Коэффициент усиления испытываемой антенны для каждой частотной точки вычислить по формуле:

$$G_{исп} = A_{исп} - A_{эм} + G_{эм}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

где $G_{эм}$ – коэффициент усиления эталонной антенны в данной частотной точке, дБ.

5.5.2 Измерение эффективной площади антенн.

Измерение эффективной площади антенны производится методом замещения:
Соедините приборы по схеме, приведённой на рисунке 4.

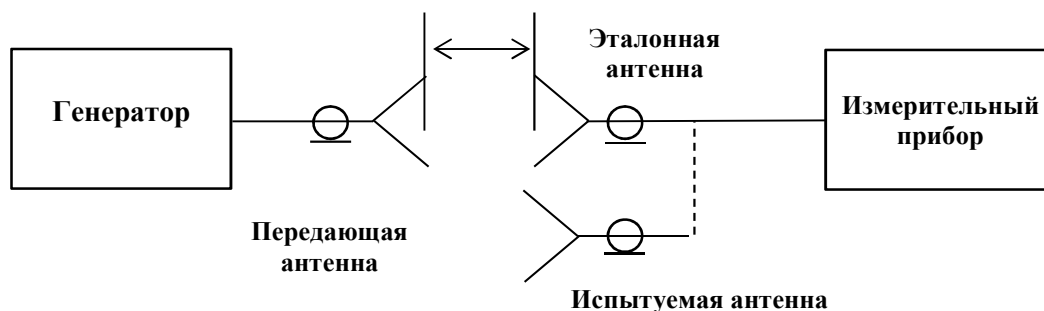


Рисунок 4 – Схема соединения приборов при измерении эффективной площади.

В качестве передающей антенны (вспомогательной антенны) может быть использована антенна любого типа данного диапазона.

- установите в качестве приёмной антенны эталонную (П6-160) или испытуемую антенну, присоединяя их к измерительному прибору непосредственно или с помощью одного и того же кабеля. Произведите геометрическую юстировку антенн.
- поворачивайте приёмную и передающую антенны по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного прибора. Произведите отсчёт мощности $P'_{\text{пр}}$ в микроваттах, принятой испытуемой антенной, или мощность $P_{\text{пр}}$ в микроваттах, принятой эталонной антенной.
- определите эффективную площадь $A_{\text{эф}}$ в квадратных сантиметрах испытуемой антенны по формуле:

$$A_{\text{эф}} = \frac{P'_{\text{пр}}}{P_{\text{пр}}} A_{\text{эф}}^0, \quad (3)$$

где $A_{\text{эф}}^0$ – эффективная площадь эталонной антенны, определяемая по графику, или по значениям частоты и коэффициента усиления (G), приведённым в табличной части Свидетельства о поверке, придаваемым к антенне см^2 .

$$A_{\text{эф}}^0 = \frac{\lambda^2}{4\pi} G \quad (4)$$

- погрешность определения эффективной площади вычисляется по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\delta_P^2 + \delta_A^2 + \delta_{\text{отр}}^2}, \quad (5)$$

где δ_P – погрешность измерения отношения мощностей измерительным прибором;

δ_A – погрешность аттестации измерительной антенны по эффективной площади;

$\delta_{\text{отр}}$ – максимальная погрешность за счёт рассогласования.

- предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{\text{отр}}$ и $\delta''_{\text{отр}}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{\text{ип}}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{\text{ип}}|)^2} - 1; \quad (6)$$

$$\delta''_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma|^2)(1-|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{\text{ип}}|)^2}{(1-|\Gamma|^2)(1+|\Gamma_0| \cdot |\Gamma_{\text{ип}}|)^2} - 1, \quad (7)$$

где $|\Gamma|$, $|\Gamma_0|$, $|\Gamma_{\text{ип}}|$ – модули коэффициентов отражения измерительной антенны, испытуемой антенны и измерительного прибора соответственно.

В качестве $\delta_{\text{отр}}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{\text{отр}}$ и $\delta''_{\text{отр}}$.

5.5.3 Измерение плотности потока энергии электромагнитного поля

Присоедините измерительную антенну к измерительному прибору с помощью кабеля, либо непосредственно, в зависимости от условий измерения, в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 5.

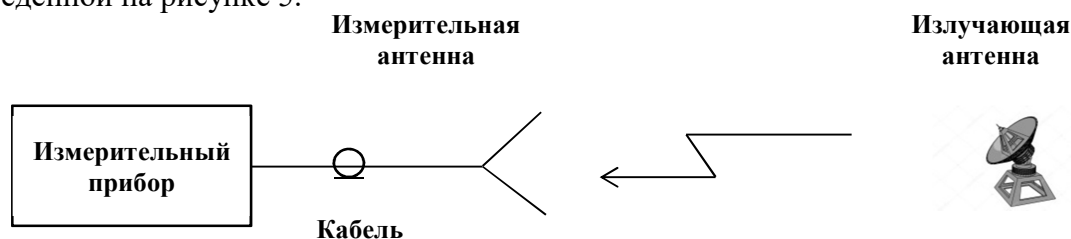


Рисунок 5 – Схема соединения приборов при измерении плотности потока энергии

– поворачивайте измерительную антенну по азимуту, углу места и поляризации до получения максимального показания измерительного прибора и произведите отсчёт мощности P в микроваттах.

Если антенна присоединяется к измерительному прибору кабелем, то действительное значение мощности P_0 в микроваттах, принятой антенной, определяется с учётом ослабления кабеля по формуле:

$$P_0 = P 10^{0,1N} \quad (8)$$

где N – величина ослабления кабеля в децибелах.

– подсчитайте плотность потока энергии ρ в раскрыве антенны в микроваттах на квадратный сантиметр по формуле:

$$\rho = \frac{P_0}{A_{\text{эф}}^0}, \quad (9)$$

где $A_{\text{эф}}^0 = \frac{G_{\text{лин}} \cdot \lambda^2}{4\pi}$ – эффективная площадь антенны, определяемая для каждой частоты, см²;

$G_{\text{лин}} = 10^{0,1G}$ – КУ антенны в линейном масштабе;

Погрешность измерения плотности потока энергии δ_ρ вычисляется по формуле, если антенна присоединяется к измерительному прибору с помощью кабеля:

$$\delta_\rho = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_K^2 + \delta_G^2 + \delta_{\text{отр}}^2} \quad (10)$$

если антенна присоединяется непосредственно к измерительному прибору, то погрешность измерения плотности потока энергии вычисляется по формуле:

$$\delta_\rho = \pm 1,1 \sqrt{\delta_P^2 + \delta_G^2 + \delta_{\text{отр}}^2} \quad (11)$$

где δ_P – погрешность измерения мощности измерительным прибором;

δ_K – погрешность аттестации кабеля по ослаблению;

δ_G – погрешность измерения коэффициента усиления антенны;

$\delta_{\text{отр}}$ – максимальное значение погрешности за счёт рассогласования.

Если измерительный прибор соединяется с антенной кабелем, то предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{\text{отр}}$ и $\delta''_{\text{отр}}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{\text{ин}}|^2)}{(1-\sigma+|\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| \cdot |\Gamma_1|^2)^2} - 1; \quad (12)$$

$$\delta''_{\text{отр}} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1-|\Gamma_{\text{ин}}|^2)}{(1+\sigma+|\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| \cdot |\Gamma_1|^2)^2} - 1, \quad (13)$$

$$\text{где } \sigma = |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_1| + |\Gamma_1| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| + \frac{1}{K} |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{\text{ин}}| \quad (14)$$

$|\Gamma_A|$ – модуль коэффициента отражения антенны;
 $|\Gamma_{ип}|$ – модуль коэффициента отражения измерительного прибора;
 $|\Gamma_1|$ – модуль коэффициента отражения кабеля, который считается одинаковым с обоих концов кабеля;

K – ослабление кабеля в относительных единицах.

Модуль коэффициента отражения $|\Gamma|$ связан с КСВ $K_{св}$ соотношением:

$$|\Gamma| = \frac{K_{св} - 1}{K_{св} + 1}. \quad (15)$$

Величины КСВ антенны, кабеля и измерительного прибора указаны в их эксплуатационных документах. В качестве $\delta_{отр}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$.

Если измерительный прибор соединяется с антенной непосредственно, то предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$ вычисляются по формуле:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1 - |\Gamma_A|^2)(1 - |\Gamma_{ип}|^2)}{(1 - |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2} - 1; \quad (16)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1 - |\Gamma_A|^2)(1 - |\Gamma_{ип}|^2)}{(1 + |\Gamma_A| \cdot |\Gamma_{ип}|)^2} - 1. \quad (17)$$

В качестве $\delta_{отр}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$.

5.5.4 Создание электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии.

Рассчитайте мощность P в ваттах, которую следует подвести к излучающей антенне, чтобы на расстоянии l от неё создать заданную плотность энергии ρ в ваттах на квадратный метр по формуле:

$$P = \frac{\rho \lambda^2 l^2}{S_{эф}}, \quad (18)$$

где λ – длина волны, м;

Выполните соединения в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 6.

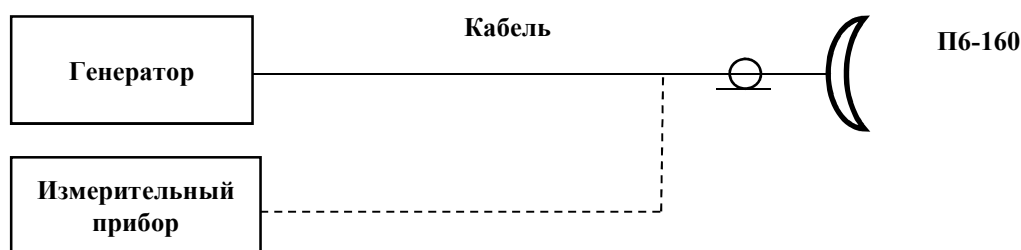


Рисунок 6 – Схема соединения приборов для создания электромагнитного поля с заданной плотностью потока энергии

- присоедините измерительный прибор к выходу кабеля, присоединённого к генератору, и установите требуемую мощность P ;
- отсоедините кабель от измерительного прибора и присоедините к антенне. При этом на расстоянии l от антенны будет создано поле плотностью потока энергии ρ ;
- погрешность плотности потока энергии δ_s вычисляется по формуле:

$$\delta_s = \pm 1,1 \sqrt{\delta_p^2 + \delta_G^2 + (2\delta_l)^2 + (2\delta_\lambda)^2 + \delta_{отр}^2}, \quad (19)$$

где δ_p – погрешность измерения мощности измерительным прибором;

δ_G – погрешность измерения коэффициента усиления антенны;

δ_l – погрешность определения расстояния;

δ_λ – погрешность определения длины волны

$\delta_{отр}$ – максимальное значение погрешности за счёт рассогласования.

П р и м е ч а н и е – *Величины в формуле (19) должны быть выражены в линейном масштабе. Для представления результата вычислений в децибелах логарифмируйте его.*

Предельные значения погрешности за счёт рассогласования $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$ вычисляются по формулам:

$$\delta'_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_A|^2)(1+|\Gamma_r|\cdot|\Gamma_{ип}|)^2}{(1-|\Gamma_{ип}|^2)(1+|\Gamma_r|\cdot|\Gamma_A|)^2} - 1 \quad (20)$$

$$\delta''_{отр} = \frac{(1-|\Gamma_r|^2)(1-|\Gamma_r|\cdot|\Gamma_{им}|)^2}{(1-|\Gamma_{им}|^2)(1+|\Gamma_r|\cdot|\Gamma_A|)^2} - 1 \quad (21)$$

где $|\Gamma_A|$, $|\Gamma_{ип}|$, $|\Gamma_r|$ – модули коэффициентов отражения, измерительного прибора и генератора соответственно.

В качестве $\delta_{отр}$ берётся большее по абсолютной величине из значений $\delta'_{отр}$ и $\delta''_{отр}$.

6 ПОВЕРКА АНТЕННЫ

6.1 Первичной поверке подлежат антенны до ввода в эксплуатацию и после ремонта. При эксплуатации антенны подлежат периодической поверке. Интервал между поверками 2 года.

6.2 Поверка антенны осуществляется в соответствии ПР 50.2.006 по методике поверки МП П-160-2023.

7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

7.1 В зависимости от этапов эксплуатации проводят следующие виды технического обслуживания:

- контрольный осмотр;
- техническое обслуживание №1.

7.2 Контрольный осмотр (КО) проводят перед, и после использования антенны по назначению и после транспортирования.

7.3 При контрольном осмотре проведите визуальную проверку:

- состояния разъёмов антенны и кабеля;
- отсутствия механических повреждений изделий комплекта антенны.

7.4 Техническое обслуживание №1 (ТО-1) проводится один раз в год перед проведением калибровки антенны, а так же при постановке антенны на хранение и снятии с хранения.

7.5 При ТО-1 проведите работы по пункту 7.3 (КО).

7.6 Проведите очистку:

- поверхностей изделий ветошью;
- от пыли, загрязнений и окислений СВЧ соединители спиртом этиловым ректифицированным техническим ГОСТ 18300-87;

– не допускается производить чистку соединителей металлическими предметами, так как можно повредить соединитель. Запрещено чистить соединители сильными растворителями, например, ацетоном, так как можно повредить пластиковую диэлектрическую опору. Чистке подвергаются внешние контактные поверхности и резьбы внешних проводников;

– запрещается чистить ватным тампоном гнездовые контакты центральных проводников, так как частицы ваты могут застревать между его ламелями;

– чистку гнездовых контактов производить промывкой спиртом этиловым ректифицированным техническим с последующей продувкой сжатым воздухом.

7.7 Произведите смазку трущихся деталей крепления антенны смазкой ОКБ 122-7 ГОСТ 18179-72. Излишки смазки удалите ветошью.

8 КОНСЕРВАЦИЯ/РАСКОНСЕРВАЦИЯ

8.1 Общие указания

8.1.1 Консервацию (расконсервацию) изделий в помещении проводить при температуре воздуха не менее 15 °С.

8.1.2 Помещение для консервации должно быть защищено от проникновения агрессивных газов и пыли.

8.2 Меры безопасности при консервации/расконсервации.

8.2.1 К работе по консервации (расконсервации) антенн допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и производственной санитарии при выполнении погрузочно-разгрузочных, окрасочных, консервационных работ и обученные обращению с легковоспламеняющимися жидкостями.

8.2.2 Материалы, применяемые при консервационных работах, должны храниться в отдельной таре с соответствующими надписями в специально отведенном месте.

8.2.3 Помещение для консервации должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

8.2.4 ЗАПРЕЩАЕТСЯ по окончании оставлять консервационные материалы на месте консервации.

8.3 Консервация

8.3.1 К консервации допускаются полностью укомплектованное исправное изделие, прошедшее ТО-1.

8.3.2 Проверьте состояние лакокрасочных покрытий наружных поверхностей, при необходимости, восстановите их.

8.3.3 Произведите консервацию неокрашенных металлических частей изделия смазкой ПВК (пушечная).

8.3.4 Просушите изделие обдувом теплым (не более 90 °С) воздухом.

8.3.5 Оберните каждую сборочную единицу изделия пленкой ПВХ и уложите в специальные гнезда укладочного ящика.

8.3.6 Расфасуйте высушенный силикагель в мешки весом не более 0,05 кг и равномерно распределите по объему укладочного ящика.

8.3.7 На законсервированное изделие повесить табличку с указанием даты консервации.

8.3.8 Укладочный ящик упакуйте в картонную коробку в соответствии с разделом 12 настоящего руководства.

8.1.1 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

8.4 Расконсервация.

8.4.1 Снять с неокрашенных металлических поверхностей консервационную смазку, промыть растворителем или уайт - спиритом, затем техническим спиртом протереть чистой ветошью.

8.4.2 Проветрить изделие и упаковку, включив вентиляцию на время не менее 30 мин.

8.4.3 Провести ТО-1.

8.4.4 Сделайте соответствующую запись в формуляре изделия.

9 РЕМОНТ АНТЕНН

9.1 Ремонт антенны производит предприятие изготовитель.

9.2 Характерные неисправности и методы устранения представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Характерные неисправности и методы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
Режим приёма		
При соединении антенны с прибором с помощью измерительного кабеля нет	Недостаточный уровень ВЧ сигнала на входе измерительной антенны.	Проверить установки параметров на анализаторе спектра или проверить антенну по тестовому сигналу или

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
отклика сигнала ВЧ на анализаторе.		сигналу с известным достаточным уровнем.
	Поврежден СВЧ кабель из комплекта измерительного прибора	Проверить измерительный кабель, в случае неисправности заменить.
	Нет совпадения оптической и электрической оси антенны с источником сигнала	Необходимо направить измерительную антенну таким образом, чтобы оптическая и электрическая ось совпали, при этом необходимо учитывать направления поляризации источника.
Режим передачи		
При соединении антенны с генератором (усилителем мощности) ВЧ с помощью измерительного кабеля нет отклика сигнала ВЧ на приёмном устройстве.	Недостаточный уровень ВЧ сигнала на входе измерительной антенны.	Проверить установки параметров на генераторе (усилителе мощности) ВЧ, или проверить установки параметров на приёмном устройстве.
	Поврежден СВЧ кабель из комплекта измерительного прибора	Проверить измерительный кабель, в случае неисправности заменить.
	Нет совпадения оптической и электрической оси антенны с источником сигнала	Необходимо направить измерительную антенну таким образом, чтобы оптическая и электрическая ось совпали, при этом необходимо учитывать направления поляризации источника.

10 ХРАНЕНИЕ

10.1 На хранение ставится полностью укомплектованное изделие.

10.2 Установлены следующие сроки хранения изделия:

- в складских условиях до 10 лет;
- в полевых условиях до 5 лет.

10.3 При постановке изделия на краткосрочное хранение на срок не более 3-х месяцев в складских условиях проведите очередное ТО-1.

10.4 При постановке изделия на длительное хранение (более 3-х месяцев) либо на краткосрочное хранение в полевых условиях проведите очередное ТО-1 и консервацию.

10.5 При хранении в неотапливаемом помещении хранение осуществляется в тарных ящиках, накрытых брезентом при следующих условиях:

- диапазон температуры окружающего воздуха от 213 °К (минус 60 °С) до 323 °К (плюс 50 °С);
- относительная влажность воздуха 98 % при температуре 35 °С.

10.6 Складское хранение изделия в отапливаемых хранилищах осуществляется при следующих условиях:

- диапазон температуры окружающего воздуха от 278 °К (плюс 5 °С) до 313 °К (плюс 40 °С);
- относительная влажность воздуха 80 % при температуре плюс 25 °С;
- в помещении для хранения не должно быть пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию.

11 ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

11.1 Транспортирование упакованных в тарные ящики изделий производится всеми видами транспорта при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков и пыли.

11.2 Тарные ящики с упакованными изделиями должны быть укреплены на транспортных средствах так, чтобы была исключена возможность их смещений и соударений.

11.3 Положение ящиков определяется надписью «ВЕРХ». В случае транспортирования изделия на открытых автомашинах ящики должны быть накрыты брезентом. Погрузка и выгрузка должны производиться с соблюдением мер предосторожности, определенных на каждом ящике.

11.4 Изделие должно транспортироваться в условиях, не превышающих заданных предельных условий: температура воздуха от минус 60 до плюс 50 °С, относительная влажность воздуха до 98 % при температуре 35 °С.

12 ТАРА И УПАКОВКА

12.1 При упаковке все сборочные единицы комплекта изделия должны быть очищены от пыли и грязи и насухо протерты. Затем сборочные единицы согласно описи укладки укладываются в укладочный ящик в специальные гнезда.

12.2 Техническая документация укладывается в укладочный ящик в пакете из ПВХ поверх изделия.

12.3 Укладочный ящик после укладки комплекта изделия закрывают и на противоположные стороны устанавливают пломбы.

12.4 При необходимости дальнейшего транспортирования комплекта укладочный ящик помещается в картонную упаковку. Внутренние размеры картонной упаковки должны превышать соответствующие размеры укладочного ящика не менее, чем на 20 мм. Картонная упаковка внутри выкладывается водонепроницаемой бумагой или ПВХ пленкой таким образом, чтобы концы бумаги (пленки) были выше краев ящика на величину большую половины длины и ширины ящика. Укладочный ящик оборачивают в пленку ПВХ с воздушными амортизирующими полостями не менее 3-х слоев и укладывают в картонную упаковку. При необходимости, свободное пространство между укладочным ящиком и стенками картонной упаковки заполняют уплотнителем. Под крышку картонной упаковки укладывают упаковочный лист. На противоположные стороны картонной упаковки наклеивают контрольные этикетки (пломбы).

12.5 На верхнюю часть картонной упаковки и на боковые стороны наносятся основные, дополнительные и информационные знаки:    по ГОСТ 14192-96.

13 МАРКИРОВКА И ПЛОМБИРОВАНИЕ

13.1 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

13.2 Изделие маркируется путем размещения этикетки/шильдика, на который наносится следующая обязательная информация:

- заводской номер, идентифицирующий каждый экземпляр средства измерений в цифровом формате;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- знак утверждения типа средства измерений;
- обозначение входного/выходного разъема (при необходимости).

13.3 Пломбирование антенны не предусмотрено.

Приложение А Формулы пересчёта величин

Пересчёт величин из линейного масштаба $A_{\text{ЛИН}}$ в логарифмический $A_{\text{ЛОГ}}$ [дБ] и обратно

$$A_{\text{лог}} = 10 \lg(A_{\text{лин}}) \qquad A_{\text{ЛИН}} = 10^{A_{\text{лог}}/10}$$

Пересчёт погрешностей из линейного масштаба $B_{\text{ЛИН}}$ в логарифмический $B_{\text{ЛОГ}}$ [дБ] и
обратно

$$B_{\text{лог}} = 10 \lg(1 + B_{\text{лин}}) \qquad B_{\text{ЛИН}} = 10^{B_{\text{лог}}/10} - 1$$

Пересчёт коэффициента усиления G в эффективную площадь $S_{\text{эф}}$ [м²] и обратно
(λ - длина волны в метрах)

$$S_{\text{эф}} = \frac{G \lambda^2}{4\pi} \qquad G = \frac{4\pi S_{\text{эф}}}{\lambda^2}$$

Пересчёт коэффициента усиления G [дБ] в коэффициент калибровки K дБ[отн. 1/м] и
обратно (f - частота в гигагерцах)

$$K = 20 \lg(32,4f) - G \qquad G = 20 \lg(32,4f) - K$$

или

Коэффициент калибровки (он же антенный коэффициент, антенн фактор) и коэффициент усиления антенны связаны следующим соотношением (для 50-омных систем):

$$\text{коэффициент калибровки} \qquad K = 20 \lg f - Gi - 29,774$$

$$\text{коэффициент усиления} \qquad Gi = 20 \lg f - K - 29,774$$

где K – коэффициент калибровки, дБ(м⁻¹);

Gi – коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя, дБ;

f – частота, МГц.