ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71481— 2024

ПРИБОРЫ ФЕРРИТОВЫЕ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Методы измерения фазового сдвига на высоком уровне мощности

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники» (ФГБУ «ВНИИР»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июня 2024 г. № 879-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Метод I измерения фазового сдвига 2
5 Метод II измерения фазового сдвига 5
6 Метод III измерения фазового сдвига 8
Приложение А (справочное) Порядок определения погрешности средств измерений 11
Приложение Б (справочное) Методика расчета погрешности измерения фазовых сдвигов 13
Библиография 17

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРИБОРЫ ФЕРРИТОВЫЕ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Методы измерения фазового сдвига на высоком уровне мощности

Microwave ferrite devices. Methods of measurement of phase shift at a high power level

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы измерения фазовых сдвигов: начального фазового сдвига ферритовых фазовращателей, вентилей, циркуляторов, переключателей, фильтров и ограничителей (далее — ферритовые приборы) и управляемого фазового сдвига фазовращателей на высоком уровне мощности.

Настоящий стандарт устанавливает три метода измерения фазового сдвига ферритовых приборов:

- метод I — для измерения фазовых сдвигов с использованием измерительных линий;
- метод II — для измерения фазовых сдвигов с использованием калиброванного фазовращателя с суммированием сигналов в направленном ответвителе с малой связью;
- метод III — для измерения фазовых сдвигов с использованием калиброванных фазовращателей с суммированием сигналов в трехдецибельном направленном ответвителе.

Метод I применяется для измерения фазовых сдвигов ферритовых приборов всех типов, кроме ограничителей. Наиболее целесообразен для коаксиальных ферритовых приборов и волноводных ферритовых приборов с сечением волноводов 90 × 45 мм^2 и более.

Метод II применяется для измерения фазовых сдвигов ферритовых приборов всех типов. Наиболее целесообразен для волноводных ферритовых приборов сантиметрового диапазона.

Метод III применяется для измерения фазового сдвига ферритовых приборов всех типов. Наиболее целесообразен для волноводных ферритовых приборов с сечением волноводов менее 90 × 45 мм^2.

В технических условиях на ферритовые приборы конкретных типов в технически обоснованных случаях могут устанавливаться методы измерения фазового сдвига, отличные от указанных в настоящем стандарте, если эти методы аттестованы по ГОСТ Р 8.563 и обеспечивают погрешности измерений, не превышающие значений, установленных настоящим стандартом.

Общие требования к условиям и режимам измерения, аппаратуре, подготовке и проведению измерений, показателям точности измерений и требования безопасности — по ГОСТ Р 50730.1.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.351 Государственная система обеспечения единства измерений. Линии измерительные. Методы и средства поверки

ГОСТ Р 8.563 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 50730.1 Приборы ферритовые СВЧ. Общие требования при измерении параметров на высоком уровне мощности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агент-

Издание официальное

ства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **высокий уровень мощности:** Уровень подводимой мощности сверхвысокочастотного сигнала ко входу прибора, при котором устранение зависимости параметров прибора от мощности сверхвысокочастотного сигнала требует принятия специальных мер.

3.1.2 **начальный фазовый сдвиг:** Разность фаз сверхвысокочастотного сигнала на выходе фазовращателя в начальном фазовом состоянии и сверхвысокочастотного сигнала на выходе регулярного отрезка волновода заданной длины.

3.1.3 **управляемый фазовый сдвиг:** Изменение фазы сверхвысокочастотного сигнала на выходе фазовращателя, осуществляемое с помощью системы управления.

3.1.4 **ферритовый сверхвысокочастотный прибор,** ферритовый СВЧ-прибор: Прибор, в котором использован гиромагнитный материал (среда).

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВУМ — высокий уровень мощности;

КСВН — коэффициент стоячей волны по напряжению;

СВЧ — сверхвысокая частота;

ТУ — технические условия.

4 Метод I измерения фазового сдвига

4.1 Принцип, условия и режим измерений

4.1.1 Метод основан на принципе интерференции волн сигналов, поступающих с входа и выхода измеряемого прибора через направленные ответвители на измерительную линию, с индикацией по ней узла стоячей волны и контролем его ухода.

4.1.2 Фазовые сдвиги управляемых ферритовых приборов следует измерять при постоянном во времени токе (напряжении) управления, если другие режимы не установлены в ТУ на ферритовые приборы. Значение тока (напряжения) управления и порядок его включения должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовые приборы.

4.1.3 Точность установления и поддержания режима и условий измерения должна быть такой, чтобы исключить их влияние на фазовые сдвиги ферритовых приборов (погрешности средств измерений должны отсутствовать). Конкретные значения показателей точности установления и поддержания параметров режимов и условий измерения должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовые приборы.

4.1.4 При невозможности исключения погрешностей средств измерений их значения следует учитывать при расчете погрешности измерения. Порядок определения погрешностей средств измерений приведен в приложении А. Методика расчета погрешностей измерения фазового сдвига приведена в приложении Б.

4.1.5 Время измерения — не более 5 мин без учета времени на подключение испытуемого ферритового прибора, выхода на рабочий режим и отключения его от измерительной установки.

4.2 Аппаратура

4.2.1 Измерение фазового сдвига на высоком уровне мощности следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 1.

Направленные ответвители включают в тракт, ориентируя их на падающую волну.

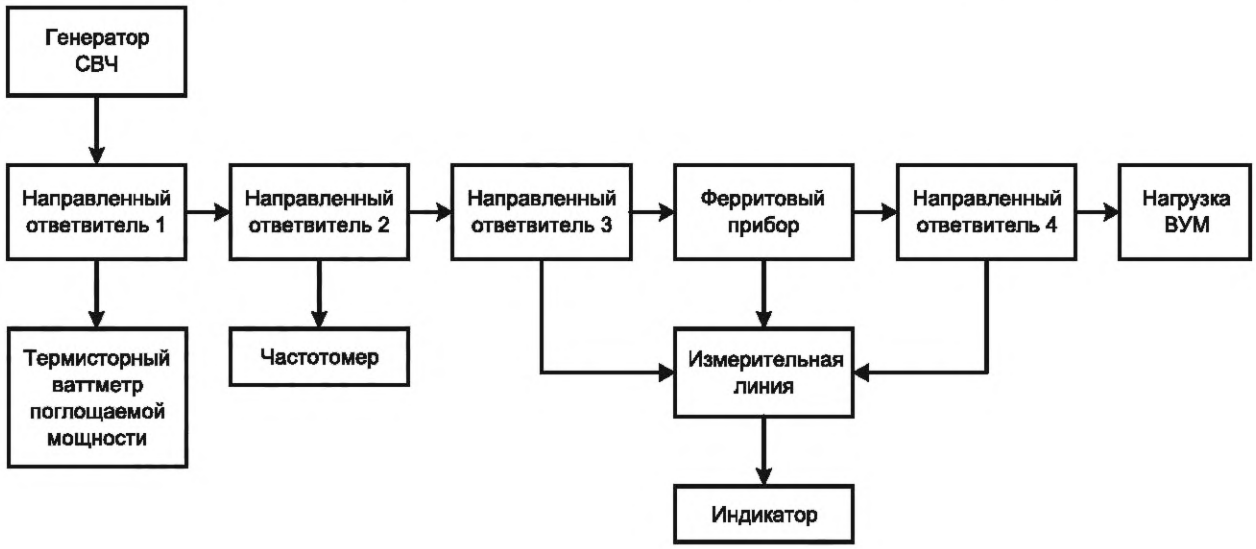


Рисунок 1 — Структурная схема установки для измерения фазового сдвига на высоком уровне мощности методом I

4.2.2 Нестабильность частоты генератора СВЧ за 15 мин должна быть не более $5 \cdot 10^{-4}$, длительность импульса — не менее 0,5 мкс.

4.2.3 Необходимо, чтобы частотомер обеспечивал измерение частоты с погрешностью в диапазоне $\pm 1 \cdot 10^{-4} f$.

4.2.4 Измерительная линия должна удовлетворять требованиям класса 2 по ГОСТ 8.351.

Мощность СВЧ-сигнала (импульсная или непрерывная) на входах измерительной линии — не менее 1 мВт.

4.2.5 В качестве индикатора применяют осциллограф с коэффициентом отклонения по вертикали не более 0,5 мВ/дел., измеритель отношения напряжений или селективный усилитель.

4.2.6 Переходное ослабление направленных ответвителей должно находиться в диапазоне от 20 до 50 дБ.

Необходимо, чтобы переходное ослабление направленного ответвителя 3 было не меньше переходного ослабления направленного ответвителя 4, причем разность их значений не должна превышать 2 дБ. Направленность ответвителей 1, 3, 4 — не менее 20 дБ.

Допускается применение ответвителя 2 направленного типа.

КСВН каналов высокого уровня мощности направленных ответвителей — не более 1,2.

КСВН каналов низкого уровня мощности направленных ответвителей 3 и 4 совместно с элементами СВЧ-тракта, подключающими их к измерительной линии, не должен превышать 1,1 со стороны измерительной линии, для чего в качестве согласующих устройств применяют аттенюаторы, вентили, трансформаторы сопротивлений.

4.2.7 КСВН нагрузки ВУМ — не более 1,3.

4.2.8 Разность длин цепочек элементов линий передачи СВЧ-сигнала $l_р$, мм, которая должна находиться в диапазоне $0 \le l_р \le 10\lambda_в$, вычисляют по формуле

$$l_р = L_1 - L_2, \quad (1)$$

где L_1 — геометрическая длина цепочки элементов от входного фланца (разъема) канала высокого уровня мощности направленного ответвителя 3 до входного фланца (разъема) измерительной линии, мм;

L_2 — геометрическая длина цепочки элементов входного фланца (разъема) канала высокого уровня мощности направленного ответвителя 3 через направленный ответвитель 4 до другого входного фланца (разъема) измерительной линии, мм;

$\lambda_в$ — длина волны в волноводе, мм.

В комбинированных трактах СВЧ, содержащих волноводные и коаксиальные элементы, при вычислении $l_р$ следует раздельно учитывать разности геометрических длин волноводных и коаксиальных частей тракта.

Для волноводных элементов длину волны в волноводе $\lambda_в$, мм, вычисляют по формуле

$$\lambda_в = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1-\left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}}, \quad (2)$$

где a — ширина волновода прямоугольного сечения, мм;

λ_0 — длина волны в свободном пространстве, мм.

$$\lambda_0 = \frac{300}{f_0}, \quad (3)$$

где f_0 — частота генератора СВЧ, отсчитанная по частотомеру, ГГц.

Для коаксиальных элементов $\lambda_в$ вычисляют по формуле

$$\lambda_в = \frac{300}{\sqrt{\varepsilon}\cdot f_0}, \quad (4)$$

где ε — диэлектрическая проницаемость материала, заполняющего коаксиальный элемент.

4.2.9 Волноводные подключающие устройства в диапазоне частот до 80 ГГц включительно, коаксиальные, коаксиально-волноводные и микрополосковые подключающие устройства в диапазоне частот до 26 ГГц включительно должны иметь КСВН не более 1,2.

4.2.10 Для волноводных подключающих устройств в диапазоне частот свыше 80 ГГц, коаксиальных, коаксиально-волноводных и микрополосковых подключающих устройств в диапазоне частот более 26 ГГц значение КСВН устанавливают в ТУ на ферритовые приборы.

Если уровень средней мощности и частоту генератора СВЧ контролируют с помощью встроенных в него приборов, направленные ответвители 1 и 2, термисторный ваттметр поглощаемой мощности и частотомер из схемы измерительной установки, приведенной на рисунке 1, исключают.

4.2.11 Для измерения начального фазового сдвига используют отрезок регулярной линии передачи, требования к которому устанавливают в ТУ на ферритовые приборы.

4.3 Подготовка к измерениям

4.3.1 Перед началом измерений подготавливают все средства измерений и аппаратуру согласно 4.2 в соответствии с их эксплуатационной документацией.

В случае применения подключающих устройств по 4.2.9, 4.2.10 настройку средств измерения проводят с подключающими устройствами.

4.3.2 Операции по подготовке и проведению измерений, связанные с установлением заданного режима и (или) условий измерения (например, время выдержки в термостате под воздействием мощности), должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовый прибор.

4.4 Проведение измерений

4.4.1 Измерение начального фазового сдвига ферритовых приборов

4.4.1.1 Вместо ферритового прибора к установке подключают отрезок регулярной линии передачи.

4.4.1.2 По частотомеру отсчитывают значение частоты СВЧ-сигнала f_0.

4.4.1.3 Перемещая зондовую головку вдоль измерительной линии, устанавливают зонд в узел стоячей волны и определяют его положение l_0, мм.

4.4.1.4 Вместо отрезка регулярной линии передачи к установке подключают ферритовый прибор.

При измерении начального фазового сдвига управляемого ферритового прибора его устанавливают в начальное фазовое состояние, подавая управляющий сигнал в соответствии с ТУ на ферритовый прибор.

4.4.1.5 Перемещая зондовую головку вдоль измерительной линии, устанавливают зонд в ближайший узел стоячей волны и определяют его положение l_1, мм.

4.4.1.6 Начальный фазовый сдвиг φ_0, град, вычисляют по формуле

$$\varphi_0 = \frac{720}{\lambda_в}(l_0 - l_1), \quad (5)$$

где $\lambda_в$ — длина волны в волноводе, мм.

Для волноводных измерительных линий $\lambda_в$ вычисляют по формуле (2); для коаксиальных измерительных линий — по формуле

$$\lambda_в = \frac{300}{f_0}. \quad (6)$$

4.4.2 Измерение управляемого фазового сдвига фазовращателей

4.4.2.1 По частотомеру отсчитывают значение частоты СВЧ-сигнала f_0.

4.4.2.2 Устанавливают ферритовый фазовращатель в начальное фазовое состояние по 4.4.1.4.

4.4.2.3 Перемещая зондовую головку вдоль измерительной линии, устанавливают зонд в узел стоячей волны и определяют его положение l_2, мм.

4.4.2.4 Устанавливают фазовращатель в заданное фазовое состояние, подавая на него управляющий сигнал в соответствии с ТУ на фазовращатель.

4.4.2.5 Перемещая зондовую головку вдоль измерительной линии в сторону ухода узла, устанавливают зонд в узел стоячей волны и определяют его положение l_3, мм.

4.4.2.6 Управляемый фазовый сдвиг $\varphi_{упр}$, град, вычисляют по формуле

$$\varphi_{упр} = \frac{720}{\lambda_в}(l_2 - l_3). \quad (7)$$

4.5 Показатели точности измерений

4.5.1 Показатели точности измерений фазовых сдвигов должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовые приборы.

Границы интервала, в котором с установленной вероятностью 0,95 находится погрешность измерения, определяют в соответствии с приложением Б по формулам (Б.1) и (Б.13). При этом границы интервала (в градусах) должны находиться в диапазоне $\pm\left(7+7\left|\sin\frac{\varphi}{2}\right|\right)$, где φ — измеряемый фазовый сдвиг (начальный или управляемый) для ферритовых приборов с КСВН не более 1,3 и потерями не более 2 дБ при отсутствии погрешности средств измерений.

4.5.2 При КСВН ферритовых приборов более 1,3, потерях более 2 дБ, а также в случаях, предусмотренных в 4.1.4 и 4.2.10, границы интервалов, в которых с вероятностью 0,95 находятся погрешности измерений, могут быть более установленных в 4.5.1 и должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовые приборы.

5 Метод II измерения фазового сдвига

5.1 Принцип, условия и режим измерений

5.1.1 Метод основан на принципе интерференции волн сигналов, выделяемых направленными ответвителями с входа и выхода измеряемого прибора, с индикацией разностного сигнала на выходе одного из этих ответвителей и контролем его ухода по настроенному фазовращателю.

5.1.2 Условия и режим измерений — по 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 и 4.1.5.

5.2 Аппаратура

5.2.1 Измерения фазового сдвига на низком уровне мощности следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 2.

Направленные ответвители включают в тракт, ориентируя их на падающую волну.



Рисунок 2 — Структурная схема установки для измерения фазового сдвига на высоком уровне мощности методом II

5.2.2 Генератор СВЧ, нагрузка и индикатор должны соответствовать требованиям 4.2.2, 4.2.3, 4.2.5, 4.2.7.

Мощность СВЧ-сигнала (импульсная или непрерывная) в канале низкого уровня мощности направленного ответвителя 4 — не менее 10 мВт.

5.2.3 КСВН каналов высокого уровня мощности направленных ответвителей не должен превышать 1,2. КСВН каналов низкого уровня мощности направленных ответвителей 3 и 4 с элементами СВЧ-тракта, подключающими их к аттенюатору и вентилю соответственно, не должен превышать 1,3.

Необходимо, чтобы переходное ослабление направленных ответвителей находилось в диапазоне от 20 до 50 дБ. Переходное ослабление направленного ответвителя 4 должно быть больше переходного ослабления направленного ответвителя 3, причем разность их значений должна быть не менее суммарного ослабления, вносимого аттенюатором (начальные потери), фазовращателем, вентилем в прямом направлении и элементами СВЧ-тракта, подключающими их к направленным ответвителям 3 и 4. Направленность ответвителей 1 и 3 должна быть не менее 20 дБ, ответвителя 4 — не менее 15 дБ.

Допускается применение ответвителя 2 направленного типа.

5.2.4 КСВН вентиля со стороны входа не должен превышать 1,3, обратные потери должны быть не менее 20 дБ.

5.2.5 Необходимо, чтобы аттенюатор плавно регулировал затухание в диапазоне, превышающем суммарное затухание за счет разности переходных ослаблений направленных ответвителей по 5.2.3 и потерь ферритового прибора.

КСВН аттенюатора — не более 1,2. Изменение фазы коэффициента передачи — не более 2°/дБ.

5.2.6 Погрешность фазовращателя не должна выходить за пределы интервала ±3°. КСВН фазовращателя — не более 1,2.

5.2.7 Чувствительность детекторной секции — не менее 200 мкВ/мкВт.

5.2.8 Разность длин цепочек элементов линий передачи СВЧ-сигналов $l_р$ мм, которая должна находиться в диапазоне $0 \le l_р \le 10\lambda_в$, вычисляют по формуле

$$l_р = L_3 - L_4, \quad (8)$$

где L_3 — геометрическая длина цепочки элементов от входного фланца (разъема) канала высокого уровня мощности направленного ответвителя 3 через аттенюатор, фазовращатель, вентиль до середины области связи направленного ответвителя 4, мм;

L_4 — геометрическая длина цепочки элементов от входного фланца (разъема) канала высокого уровня мощности направленного ответвителя 3 до середины области связи направленного ответвителя 4, мм.

Вычисление $\lambda_в$ — по формулам (2), (4); λ_0 — по формуле (3).

В комбинированных трактах СВЧ, содержащих волноводные и коаксиальные элементы, при вычислении $l_р$ следует учитывать раздельно разности геометрических длин волноводных и коаксиальных частей тракта.

5.2.9 Присоединительные элементы, предназначенные для подключения ферритовых приборов, должны соответствовать требованиям 4.2.9, 4.2.10.

5.2.10 Отрезок регулярной линии передачи, применяемый для измерения начального фазового сдвига, должен соответствовать требованиям 4.2.12.

5.3 Подготовка к измерениям

Подготовку к измерениям проводят в соответствии с 4.3.1 и 4.3.2.

5.4 Проведение измерений

5.4.1 Измерение начального фазового сдвига ферритовых приборов

5.4.1.1 Вместо ферритового прибора к установке подключают отрезок регулярной линии передачи.

5.4.1.2 При помощи фазовращателя и аттенюатора получают на индикаторе минимальные показания. По фазовращателю отсчитывают значения фазы φ_1.

5.4.1.3 Вместо отрезка регулярной линии передачи к установке подключают ферритовый прибор. При измерении начального фазового сдвига управляемого ферритового прибора устанавливают его в начальное фазовое состояние, подавая управляющий сигнал согласно ТУ на ферритовый прибор.

5.4.1.4 При помощи фазовращателя и аттенюатора получают на индикаторе минимальные показания. По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_2.

5.4.1.5 Начальный фазовый сдвиг φ_0, град, вычисляют по формуле

$$\varphi_0 = (\varphi_1 - \varphi_2). \quad (9)$$

5.4.2 Измерение управляемого фазового сдвига фазовращателей

5.4.2.1 Устанавливают ферритовый фазовращатель в начальное фазовое состояние по 4.4.1.4.

5.4.2.2 При помощи фазовращателя и аттенюатора получают на индикаторе минимальные показания.

По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_3.

5.4.2.3 Устанавливают фазовращатель в заданное фазовое состояние, подавая на него управляющий сигнал согласно ТУ на фазовращатель.

5.4.2.4 При помощи фазовращателя и аттенюатора получают на индикаторе минимальные показания.

По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_4.

5.4.2.5 Управляемый фазовый сдвиг $\varphi_{упр}$, град, вычисляют по формуле

$$\varphi_{упр} = (\varphi_3 - \varphi_4). \quad (10)$$

5.5 Показатели точности измерений

5.5.1 Показатели точности измерений фазовых сдвигов должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовые приборы.

Доверительные границы интервала, в котором с установленной вероятностью 0,95 находятся погрешности измерений, определяют в соответствии с приложением Б по формулам (Б.17) и (Б.24). При этом границы интервала (в градусах) должны находиться в диапазоне ±8° для ферритовых приборов с КСВН не более 1,3 и потерями не более 2 дБ при отсутствии режимной погрешности.

5.5.2 При КСВН ферритовых приборов более 1,3, потерях более 2 дБ, а также в случаях, предусмотренных в 4.1.3 и 4.2.10, доверительные границы интервалов, в которых с вероятностью 0,95 находятся погрешности измерений, могут быть более установленных в 5.5.1 и должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовый прибор.

6 Метод III измерения фазового сдвига

6.1 Принцип, условия и режимы измерений

6.1.1 Метод основан на принципе интерференции волн сигналов, выделяемых направленными ответвителями с входа и выхода измеряемого прибора, поступающих на трехдецибельный направленный ответвитель с индикацией на выходе этого ответвителя разностного сигнала и контролем его ухода по калиброванному фазовращателю.

6.1.2 Условия и режим измерений — по 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5.

6.2 Аппаратура

6.2.1 Измерение фазового сдвига на высоком уровне мощности следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 3.

Направленные ответвители включают в тракт, ориентируя их на падающую волну.

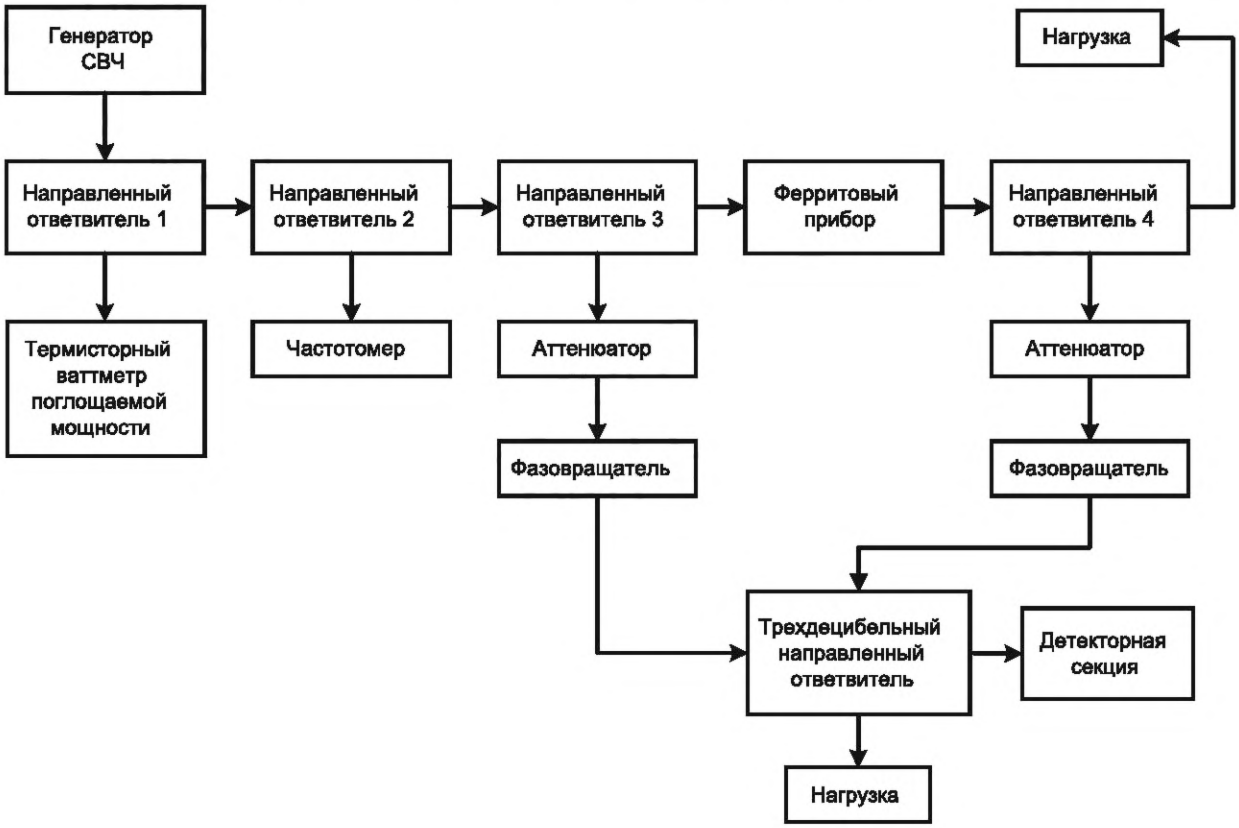


Рисунок 3 — Структурная схема установки для измерения фазового сдвига на высоком уровне мощности методом III

6.2.2 Генератор СВЧ, нагрузка канала высокого уровня мощности и индикатор должны соответствовать требованиям 4.2.2, 4.2.3, 4.2.5, 4.2.7.

Мощность СВЧ-сигнала (импульсная или непрерывная) в канале низкого уровня мощности направленного ответвителя 4 — не менее 10 мВт.

6.2.3 КСВН каналов высокого уровня мощности направленных ответвителей — не более 1,2.

КСВН каналов низкого уровня мощности направленных ответвителей 3, 4 совместно с элементами СВЧ-тракта, подключающими их к аттенюаторам, не должен превышать 1,3.

Необходимо, чтобы переходное ослабление направленных ответвителей 1, 2, 3, 4 находилось в диапазоне от 20 до 50 дБ.

Направленность ответвителей 1, 3 трехдецибельного ответвителя — не менее 20 дБ, ответвителя 4 — не менее 15 дБ.

Допускается применение ответвителя 2 направленного типа.

КСВН трехдецибельного направленного ответвителя не должен превышать 1,2.

6.2.4 Необходимо, чтобы аттенюаторы плавно регулировали затухание в диапазоне, превышающем суммарное затухание за счет потерь ферритового прибора, разности переходных ослаблений направленных ответвителей 3 и 4 совместно с соответствующими каналами трехдецибельного направленного ответвителя.

КСВН аттенюатора — не более 1,2.

Изменение фазы коэффициента передачи — не более 2°/дБ.

6.2.5 Фазовращатель должен соответствовать требованиям 5.2.6.

6.2.6 Детекторная секция должна соответствовать требованиям 5.2.7.

6.2.7 Разность длин цепочек элементов линий передачи СВЧ-сигналов $l_р$, мм, которая должна находиться в диапазоне $0 \le l_р \le 10\lambda_в$, вычисляют по формуле

$$l_р = L_5 - L_6, \quad (11)$$

где L_5 — геометрическая длина цепочки элементов от входного фланца (разъема) канала высокого уровня мощности направленного ответвителя 3 через аттенюатор и фазовращатель до середины области связи трехдецибельного направленного ответвителя, мм;

L_6 — геометрическая длина цепочки элементов от входного фланца (разъема) канала высокого уровня мощности направленного ответвителя 3 через направленный ответвитель 4, аттенюатор и фазовращатель до середины области связи трехдецибельного направленного ответвителя, мм.

6.2.8 Присоединительные элементы, предназначенные для подключения ферритовых приборов, должны соответствовать требованиям 4.2.9, 4.2.10.

6.2.9 Отрезок регулярной линии передачи, применяемой для измерения начального фазового сдвига, должен соответствовать требованиям 4.2.12.

6.3 Подготовка к измерениям

Подготовку к измерениям проводят по 4.3.1 и 4.3.2.

6.4 Проведение измерений

6.4.1 Измерение начального фазового сдвига ферритовых приборов

6.4.1.1 Вместо ферритового прибора к установке подключают отрезок регулярной линии передачи.

6.4.1.2 При помощи фазовращателей и аттенюаторов на индикаторе получают минимальные показания. По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_5.

6.4.1.3 Вместо отрезка регулярной линии передачи к установке подключают ферритовый прибор.

При измерении начального фазового сдвига управляемого ферритового прибора устанавливают его в начальное фазовое состояние, подавая управляющий сигнал в соответствии с ТУ на ферритовый прибор.

6.4.1.4 При помощи фазовращателя и аттенюатора на индикаторе получают минимальные показания. По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_6.

6.4.1.5 Начальный фазовый сдвиг φ_0, град, вычисляют по формуле

$$\varphi_0 = (\varphi_5 - \varphi_6), \quad (12)$$

где φ_5, φ_6 — отсчеты фазы по одному и тому же фазовращателю по 6.4.1.2 и 6.4.1.4 соответственно.

6.4.2 Измерение управляемого фазового сдвига фазовращателей

6.4.2.1 Устанавливают ферритовый фазовращатель в начальное фазовое состояние по 4.4.1.4.

6.4.2.2 При помощи фазовращателей и аттенюаторов на индикаторе получают минимальные показания. По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_7.

6.4.2.3 Устанавливают фазовращатель в заданное фазовое состояние, подавая на него управляющий сигнал согласно ТУ на фазовращатель.

6.4.2.4 При помощи фазовращателя и аттенюатора на индикаторе получают минимальные показания. По фазовращателю отсчитывают значение фазы φ_8.

6.4.2.5 Управляемый фазовый сдвиг $\varphi_{упр}$, град, вычисляют по формуле

$$\varphi_{упр} = (\varphi_7 - \varphi_8), \quad (13)$$

где φ_7, φ_8 — отсчеты фазы по одному и тому же фазовращателю по 6.4.2.2 и 6.4.2.4 соответственно, градус.

6.5 Показатели точности измерений

6.5.1 Показатели точности измерений фазовых сдвигов должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовые приборы.

Доверительные границы интервала, в котором с установленной вероятностью 0,95 находятся погрешности измерений, определяют в соответствии с приложением Б по формулам (Б.26) и (Б.28). При этом доверительные границы интервала должны находиться в диапазоне ±8° для ферритовых приборов с КСВН не более 1,3 и потерями не более 2 дБ при отсутствии режимной погрешности.

6.5.2 При КСВН ферритовых приборов более 1,3, потерях более 2 дБ, а также в случаях, предусмотренных в 4.1.3 и 4.2.10, доверительные границы интервалов, в которых с вероятностью 0,95 находятся погрешности измерений, могут превышать установленные в 6.5.1 и должны соответствовать установленным в ТУ на ферритовый прибор.

Приложение А
(справочное)

Порядок определения погрешности средств измерений

А.1 Погрешности средств измерений включают погрешности, обусловленные:
- погрешностью установления и поддержания параметров режима измерения;
- погрешностью из-за изменения параметров внешних условий.

А.2 Погрешности средств измерений, обусловленные погрешностью установления и поддержания параметров режима измерения, определяют по формуле

$$\delta_{pyi} = a(x_i) \cdot \delta(x_i), \quad (А.1)$$

где $a(x_i)$ — коэффициент влияния параметра режима x_i на параметр ферритового прибора y;

$\delta(x_i)$ — погрешность установления и поддержания параметра режима x_i при измерении параметра ферритового прибора y.

А.3 Погрешности средств измерений, обусловленные изменением параметров внешних условий при измерении, определяют по формуле

$$\delta_{pyi} = \frac{b(x_i) \cdot \Delta(x_i)}{y}, \quad (А.2)$$

где $b(x_i)$ — коэффициент влияния параметра внешних условий при измерении x_i на параметр ферритового прибора y;

$\Delta(x_i)$ — изменение параметра внешних условий x_i в некотором интервале значений, установленном в ТУ на ферритовый прибор.

А.4 Коэффициенты влияния $a(x_i)$ и $b(x_i)$ определяют по графическим зависимостям параметра ферритового прибора от соответствующего параметра режима (условий) измерения или по типовым зависимостям, полученным экспериментально.

А.4.1 При наличии графической (типовой) зависимости измеряемого параметра ферритового прибора от параметра (условий) измерения (пример такой зависимости приведен на рисунке А.1) коэффициенты влияния определяют по формулам:

$$a(x_i) = \frac{\Delta y}{\Delta x_i} \cdot \frac{x_{i0}}{y_0}; \quad (А.3)$$

$$b(x_i) = \frac{\Delta y}{\Delta x_i}, \quad (А.4)$$

где x_{i0} — значение параметра режима (условий), при котором проводят измерение;

y_0 — значение параметра ферритового прибора, соответствующее значению x_{i0};

Δy, Δx_i — проекции на оси координат отрезка касательной в точке (x_{i0}, y_0) на типовой характеристике $y = f(x_i)$.

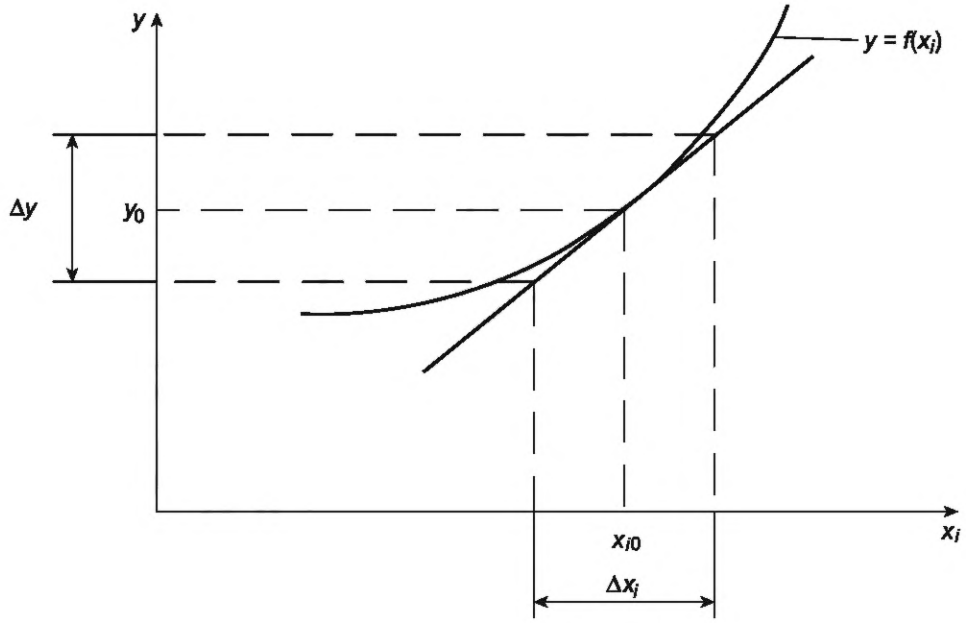


Рисунок А.1 — Графическая (типовая) зависимость измеряемого параметра ферритового прибора от параметра режима (условий) измерения

А.4.2 Типовые характеристики определяют по результатам измерения параметров приборов в допустимых по ТУ пределах режимов и условий измерения.

Типовые характеристики представляют собой графики зависимости средних значений параметров ферритового прибора от режима (условий) измерений.

В тех случаях, когда конкретные условия позволяют провести определение типовых характеристик на 12 и более ферритовых приборах, это определение следует проводить по правилам, приведенным в [2].

Приложение Б
(справочное)

Методика расчета погрешности измерения фазовых сдвигов

Б.1 Расчет погрешности измерения начального фазового сдвига по методу I

Погрешность измерения начального фазового сдвига $\Delta\varphi_0$, град, по методу I вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_0 = \pm 2\sqrt{\sigma_{но}^2 + \sigma_{р1}^2 + \sigma_{кн1}^2 + \sigma_{пу1}^2 + \sigma_{ил}^2 + \sigma_{г1}^2 + \sigma_{ру}^2}\ , \quad (Б.1)$$

где 2 — 0,95-я квантиль нормированной нормальной функции распределения;

$\sigma_{но}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния каналов низкого уровня мощности направленных ответвителей 3, 4 совместно с элементами, подключающими их к измерительной линии, град;

$$\sigma_{но} = \frac{57}{\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} \cdot \Gamma'_{но} \cdot \sin\frac{\varphi}{2}, \quad (Б.2)$$

где $\sqrt{2}$ — 0,977-я квантиль нормированной функции распределения по арккосинусу;

57 — коэффициент перевода радиан в градусы;

φ — значение измеряемого фазового сдвига, град;

$\Gamma'_{но}$ — модуль коэффициента отражения канала низкого уровня мощности направленных ответвителей 3, 4 совместно с элементами, подключающими их к измерительной линии, по 4.2.6;

$\sigma_{р1}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за рассогласования СВЧ-тракта, град, вычисляют по формуле

$$\sigma_{р1} = \frac{57}{\sqrt{2}}\sqrt{\Gamma_{фп}^2\left(2\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2\right) + \Gamma_{но}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2\right)\left(1 + Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\right)}\ , \quad (Б.3)$$

где $Q_{пр}$, $Q_{обр}$ — коэффициенты передачи ферритового прибора по напряжению в прямом и обратном направлениях соответственно, вычисляют по формулам:

$$Q_{пр} = 10^{-\frac{|\alpha_{пр}|}{20}}, \quad (Б.4)$$

$$Q_{обр} = 10^{-\frac{|\alpha_{обр}|}{20}}, \quad (Б.5)$$

где $\alpha_{пр}$, $\alpha_{обр}$ — потери ферритового прибора в прямом и обратном направлениях соответственно, дБ;

$\Gamma_{но}$, $\Gamma_{н}$, $\Gamma_{фп}$ — модули коэффициентов отражения канала высокого уровня мощности направленных ответвителей, нагрузки ВУМ и ферритового прибора соответственно.

Модуль коэффициентов отражения канала высокого уровня мощности Г вычисляют по формуле

$$\Gamma = \frac{K_{стU} - 1}{K_{стU} + 1}, \quad (Б.6)$$

где $K_{стU}$ — значение КСВН соответствующего элемента или группы элементов по конкретным пунктам подраздела 4.2;

$\sigma_{кн1}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за конечного значения направленности ответвителя 3, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{кн1} = \frac{57}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot \sqrt{\Gamma_{фп}^2 + \left(1 + Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\right)\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2 + \Gamma_{пу}^2\right)}, \quad (Б.7)$$

где N — коэффициент направленности ответвителя 3; вычисляют по формуле

$$N = 10^{-\frac{|B|}{20}}, \quad (Б.8)$$

где B — направленность ответвителя 3 по 4.2.6;

$\sigma_{пу1}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния рассогласования, вносимого подключающими устройствами, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{пу1} = \frac{57}{\sqrt{2}} \cdot \Gamma_{пу} \sqrt{2\Gamma_{фп}^2 + \left(1 + Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\right)\left(\Gamma_{пу}^2 + \Gamma_{н}^2 + 2\Gamma_{но}^2\right)}, \quad (Б.9)$$

где $\Gamma_{пу}$ — модуль коэффициента отражения подключающего устройства;

$\sigma_{ил}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения фазы коэффициента отражения на измерительной линии при $К_{стU(изм)}$ = 8 (что соответствует потерям ферритового прибора, равным 2 дБ) по ГОСТ 8.351, град;

$\sigma_{г1}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния нестабильности частоты генератора СВЧ, град.

$\sigma_{г1}$ для волноводных трактов вычисляют по формуле

$$\sigma_{г1} = \frac{360}{\sqrt{3}} \cdot \frac{l_р}{\lambda_в} \cdot \frac{t_{изм}}{t_н} \cdot 2\delta_г; \quad (Б.10)$$

$\sigma_{г1}$ для коаксиальных трактов — по формуле

$$\sigma_{г1} = \frac{360}{\sqrt{3}} \cdot \frac{l_р}{\lambda_в} \cdot \frac{t_{изм}}{t_н} \cdot \delta_г. \quad (Б.11)$$

В комбинированных трактах СВЧ, содержащих волноводные и коаксиальные элементы, значение $\sigma_{г1}$ вычисляют раздельно для волноводных и коаксиальных частей тракта и включают их в формулу (Б.1);

$\sqrt{3}$ — квантиль нормированной равномерной функции распределения;

$l_р$ — разность длин цепочек элементов по 4.2.8, мм;

$t_{изм}$ — время измерения по 4.1.4, мин;

$t_н$ — время, в диапазоне которого нормируется нестабильность генератора СВЧ по 4.2.2, мин;

$\delta_г$ — нестабильность частоты генератора СВЧ по 4.2.2;

$\sigma_{ру}$ — среднее квадратическое отклонение режимной погрешности измерения, град;

$$\sigma_{ру} = \varphi \sqrt{\Sigma\left(\frac{\delta_{руi}}{3}\right)^2}, \quad (Б.12)$$

где φ — значение измеряемого фазового сдвига, град;

$\delta_{руi}$ — частные режимы погрешности, обусловленные погрешностью установления и поддержания параметров режима измерения ферритовых приборов, а также погрешностью из-за изменения параметров внешних условий;

3 — 0,977-я квантиль нормированной нормальной функции распределения.

Б.2 Расчет погрешности измерения управляемого фазового сдвига по методу I

Погрешность измерения управляемого фазового сдвига $\Delta\varphi_{упр}$, град, по методу I вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_{упр} = \pm 2\sqrt{\sigma_{но}^2 + \sigma_{р2}^2 + \sigma_{кн2}^2 + \sigma_{пу2}^2 + \sigma_{ил}^2 + \sigma_{г1}^2 + \sigma_{ру}^2}\ , \quad (Б.13)$$

где $\sigma_{р2}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за рассогласования СВЧ-тракта, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{р2} = \frac{57}{\sqrt{2}}\sqrt{2\Gamma_{фп}^2\left(2\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2\right) + 2\Gamma_{но}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2\right)Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2}\ , \quad (Б.14)$$

$\sigma_{кн2}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния конечного значения направленности ответвителя 3, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{кн2} = \frac{57}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot \sqrt{2\Gamma_{фп}^2 + 2Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2 + \Gamma_{пу}^2\right)}; \quad (Б.15)$$

$\sigma_{пу2}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния рассогласования, вносимого подключающими устройствами, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{пу2} = \frac{57}{\sqrt{2}} \cdot \Gamma_{пу}\sqrt{4\Gamma_{фп}^2 + 2Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\left(\Gamma_{пу}^2 + \Gamma_{н}^2 + 2\Gamma_{но}^2\right)}\ . \quad (Б.16)$$

Б.3 Расчет погрешности измерения начального фазового сдвига по методу II

Погрешность измерения начального фазового сдвига $\Delta\varphi_0$, град, по методу II вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_0 = \pm 2\sqrt{\sigma_{р3}^2 + \sigma_{кн1}^2 + 2\sigma_{ф}^2 + \sigma_{пу1}^2 + \sigma_{г2}^2 + \sigma_{А}^2 + \sigma_{ру}^2}, \quad (Б.17)$$

где $\sigma_{р3}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за рассогласования СВЧ-тракта, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{р3} = \frac{57}{\sqrt{2}}\sqrt{\Gamma_{фп}^2\left(2\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2\right) + \Gamma_{но}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_{н}^2\right)\left(1 + Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\right) + \Gamma_{но3}^2\left[Q_{А}^2\left(\Gamma_{ф}^2 + 2\Gamma_{В}^2\right) + \Gamma_{А}^2\right] + \Gamma_{В}^2\left(\Gamma_{ф}^2 + 2\Gamma_{А}^2\right) + \Gamma_{А}^2 \cdot \Gamma_{ф}^2}, \quad (Б.18)$$

где $\Gamma_{но3}$ — модуль коэффициента отражения канала низкого уровня мощности направленного ответвителя 3;

$\Gamma_{В}$, $\Gamma_{А}$, $\Gamma_{ф}$ — модули коэффициентов отражения вентиля, аттенюатора и фазовращателя соответственно;

$Q_{А}$ — коэффициент передачи аттенюатора по напряжению

$$Q_{А} = 10^{-\frac{|\alpha_{А}|}{10}}, \quad (Б.19)$$

где $\alpha_{А}$ — суммарные потери аттенюатора, включающие потери, компенсирующие разность переходных ослаблений направленных ответвителей по 5.2.3, и потери ферритового прибора;

$\sigma_{ф}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния погрешности отсчета фазы по фазовращателю, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{ф} = \frac{\Delta_{ф}}{\sqrt{3}}, \quad (Б.20)$$

где $\Delta_{ф}$ — погрешность отсчета фазы по фазовращателю по 5.2.6, град;

$\sigma_{г2}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния нестабильности частоты генератора СВЧ, град; для волноводных трактов вычисляют по формуле

$$\sigma_{r2} = \frac{360}{\sqrt{3}} \cdot \frac{l_p}{\lambda_b} \cdot \frac{t_{изм}}{t_н} \cdot 2\delta_r; \quad (Б.21)$$

для коаксиальных трактов — по формуле

$$\sigma_{r2} = \frac{360}{\sqrt{3}} \cdot \frac{l_p}{\lambda_b} \cdot \frac{t_{изм}}{t_н} \cdot \delta_r. \quad (Б.22)$$

В комбинированных трактах СВЧ, содержащих волноводные и коаксиальные элементы, значения σ_{r2} вычисляют раздельно и включают их в формулу (Б.17);

σ_A — среднее квадратическое отклонение измерения из-за влияния изменения фазы коэффициента передачи аттенюатора, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_A = \frac{\Delta_A}{\sqrt{3}} \cdot \alpha, \quad (Б.23)$$

где Δ_A — погрешность, вносимая аттенюатором при изменении затухания на 1 дБ по 5.2.5, град;

α — потери измеряемого ферритового прибора, дБ.

Б.4 Расчет погрешности измерения управляемого фазового сдвига по методу II

Погрешность измерения управляемого фазового сдвига $\Delta\varphi_{упр}$, град, по методу II вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_{упр} = \pm 2\sqrt{\sigma_{р4}^2 + 2\sigma_{кн2}^2 + 2\sigma_ф^2 + \sigma_{пу2}^2 + \sigma_{r2}^2 + \sigma_A^2 + \sigma_{ру}^2}, \quad (Б.24)$$

где $\sigma_{р4}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния рассогласования тракта СВЧ, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{р4} = \frac{57}{\sqrt{2}} \sqrt{2\Gamma_{фп}^2\left(2\Gamma_{но}^2 + \Gamma_н^2\right) + 2\Gamma_{но}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_н^2\right)Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2 + \Gamma_{но3}^2[Q_A^2(\Gamma_ф^2 + 2\Gamma_в^2) + \Gamma_A^2] + \Gamma_в^2\left(\Gamma_ф^2 + 2\Gamma_A^2\right) + \Gamma_A^2 \cdot \Gamma_ф^2}. \quad (Б.25)$$

Б.5 Расчет погрешности измерения начального фазового сдвига по методу III

Погрешность измерения начального фазового сдвига $\Delta\varphi_0$, град, по методу III вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_0 = \pm 2\sqrt{\sigma_{р5}^2 + \sigma_{кн1}^2 + 2\sigma_ф^2 + \sigma_{пу1}^2 + \sigma_{r2}^2 + \sigma_A^2 + \sigma_{ру}^2}, \quad (Б.26)$$

где $\sigma_{р5}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния рассогласования тракта СВЧ, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{р5} = \frac{57}{\sqrt{2}} \sqrt{\Gamma_{фп}^2\left(2\Gamma_{но}^2 + \Gamma_н^2\right) + \Gamma_{но}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_н^2\right)\left(1 + Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2\right) + \Gamma_{но3}^2[Q_A^2(\Gamma_ф^2 + 2\Gamma_{3дБ}^2) + \Gamma_A^2] + \Gamma_{3дБ}^2\left(\Gamma_ф^2 + 2\Gamma_A^2\right) + \Gamma_A^2 \cdot \Gamma_ф^2}, \quad (Б.27)$$

где $\Gamma_{3дБ}$ — модуль коэффициента отражения трехдецибельного направленного ответвителя.

Б.6 Расчет погрешности измерения управляемого фазового сдвига по методу III

Погрешность измерения управляемого фазового сдвига $\Delta\varphi_{упр}$, град, по методу III вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_{упр} = \pm 2\sqrt{\sigma_{р6}^2 + 2\sigma_{кн2}^2 + 2\sigma_ф^2 + \sigma_{пу2}^2 + \sigma_{r2}^2 + \sigma_A^2 + \sigma_{ру}^2}, \quad (Б.28)$$

где $\sigma_{р6}$ — среднее квадратическое отклонение погрешности измерения из-за влияния рассогласования тракта СВЧ, град; вычисляют по формуле

$$\sigma_{р6} = \frac{57}{\sqrt{2}} \sqrt{2\Gamma_{фп}^2\left(2\Gamma_{но}^2 + \Gamma_н^2\right) + 2\Gamma_{но}^2\left(\Gamma_{но}^2 + \Gamma_н^2\right)Q_{пр}^2 \cdot Q_{обр}^2 + \Gamma_{но3}^2[Q_A^2(\Gamma_ф^2 + 2\Gamma_{3дБ}^2) + \Gamma_A^2] + \Gamma_{3дБ}^2\left(\Gamma_ф^2 + 2\Gamma_A^2\right) + \Gamma_A^2 \cdot \Gamma_ф^2}. \quad (Б.29)$$

Библиография

[1] РМГ 29—2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[2] РМ 11 070.071—81 Изделия электронной техники. Методы определения типовых характеристик

УДК 621.385.6.083:006.354

ОКС 17.080
17.220.20
31.080

Ключевые слова: приборы ферритовые сверхвысокочастотного диапазона, фазовый сдвиг, высокий уровень мощности

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 28.06.2024. Подписано в печать 17.07.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч-изд. л. 2,37.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru