

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

АО «ПриСТ»



А.Н. Новиков

«26» марта 2025 г.

«ГСИ. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МОЩНОСТИ АКИП.
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ»

МП-ПР-26-2024

С ИЗМЕНЕНИЕМ № 1

Москва
2025

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на преобразователи мощности АКИП (далее по тексту – преобразователи) и устанавливает методы и средства их поверки.

При проведении поверки должна быть обеспечена прослеживаемость поверяемых преобразователей к государственным первичным эталонам единиц величин:

- к ГЭТ 26-2010 «ГПЭ единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных и коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 37,5 ГГц» в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 9 кГц до 37,5 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3461;

- ГЭТ 167-2021 «ГПС для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 37,5 ГГц до 118,1 ГГц, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 ноября 2022 года № 2813.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в Приложении А.

Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик по п. п. 8.1 – 8.2 применяется метод прямых измерений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

При проведении первичной и периодической поверок преобразователей должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	Раздел 6
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	Раздел 7
3 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			Раздел 8
4 Определение КСВН входа преобразователей	Да	Да	8.1
5 Определение относительной погрешности измерений мощности	Да	Да	8.2
6 Оформление результатов поверки	Да	Да	Раздел 9

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 18 °С до плюс 28 °С;
- относительная влажность от 20 % до 75 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- напряжение питающей сети от 200 до 240 В;
- частота питающей сети от 47 до 63 Гц.

4. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7.1	Средства измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности окружающего воздуха от 30 до 80 % с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Термогигрометр Fluke 1620A (рег. № 36331-07)
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа с абсолютной погрешностью не более ± 5 гПа	Измеритель давления Testo 511 (рег. № 53431-13)
	Средства измерений переменного напряжения в диапазоне от 50 до 480 В. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений переменного напряжения не более 2 %. Средства измерений частоты от 45 до 60 Гц. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты не более 1 %.	Прибор измерительный универсальный параметров электрической сети DMG 800 (рег. № 49072-12)
8.1	Диапазон частот от 10 МГц до 40 ГГц; Диапазон измерений модуля КСВН от 1,0 до 2,0	Анализатор цепей векторный N5227A. (рег. № 53568-13)
8.2	Диапазон частот синусоидального сигнала от 10 Гц до 40 ГГц. Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты сигнала $\pm 2 \cdot 10^{-8}$. Диапазон выходных уровней от -110 дБм до +25 дБм. Пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня $\pm 1,5$ дБ.	Генератор сигналов измерительный Anritsu MG3694C с опцией 22 (рег. № 45035-10)
8.2	Эталоны единицы мощности электромагнитных колебаний и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений мощности электромагнитных колебаний в диапазоне частот от 50 МГц до 40 ГГц.	Калибратор мощности СВЧ NRPC18 (рег. № 54535-13) Калибратор мощности СВЧ NRPC40 (рег. № 54535-13) Калибратор мощности СВЧ NRPC50 (рег. № 54535-13)
8.1	Вспомогательное оборудование: Набор мер коэффициентов передачи и отражения 85054D для измерительных преобразователей с N – типом коаксиального соединителя, набор мер 85052D для измерительных преобразователей в тракте 3,5 мм коаксиального соединителя, набор мер 85056D для измерительных преобразователей в тракте 2,4 мм коаксиального соединителя. Аттенюаторы из наборов 3663-1, 85053В, 85057В.	
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа, поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.27.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ 12.27.7-75, требованиями правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 15 декабря 2020 года N 903н.

5.2 Средства поверки, вспомогательные средства поверки и оборудование должны соответствовать требованиям безопасности, изложенным в руководствах по их эксплуатации.

5.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности и иметь действующее удостоверение на право работы в электроустановках с напряжением до 1000 В с квалификационной группой по электробезопасности не ниже III.

6. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Перед поверкой должен быть проведен внешний осмотр, при котором должно быть установлено соответствие поверяемого средства измерений следующим требованиям:

- не должно быть механических повреждений корпуса. Все надписи должны быть четкими и ясными;

- все разъемы, клеммы и измерительные провода не должны иметь повреждений.

При наличии дефектов поверяемый преобразователь бракуется и подлежит ремонту.

7. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- средства поверки и поверяемый прибор должны быть подготовлены к работе согласно их руководствам по эксплуатации;

- должен быть выполнен контроль условий по обеспечению безопасности проведения поверки (раздел 5);

- должен быть выполнен контроль условий проведения поверки (раздел 3).

7.2 Опробование преобразователей проводят путем проверки их на функционирование в соответствии с руководством по эксплуатации.

При отрицательном результате опробования прибор бракуется и направляется в ремонт.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Не допускается периодическая поверка преобразователей, в случае их использования для измерений меньшего числа величин или на меньшем числе диапазонов измерений, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» Описания типа.

8.1 Определение КСВН входа преобразователей

8.1.1 Подготовить к работе анализатор цепей векторный N5227A (далее - АЦВ) в соответствии с руководством по эксплуатации на него.

8.1.2 Включить АЦВ и выполнить установки:

- значение выходной мощности 0 дБм;

- частотный диапазон установить:

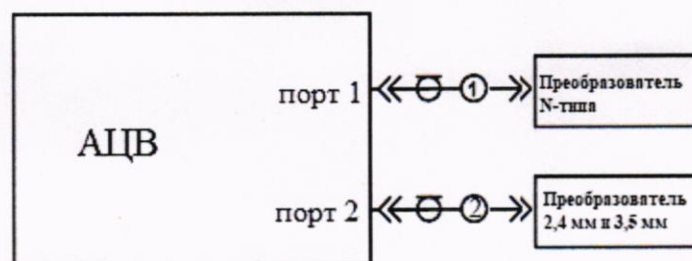
- от 10 МГц до 18 ГГц для преобразователей АКИП-771710А, АКИП-771710D, АКИП-781702D, АКИП-781703D;

- от 10 МГц до 26,5 ГГц для преобразователей АКИП-771710Е, АКИП-781702Е, АКИП-781703Е;

- от 10 МГц до 40 ГГц для преобразователей АКИП-771710F, АКИП-781702F, АКИП-781703F.

8.1.3 Провести калибровку порта 1 или порта 2 (в зависимости от модификации преобразователя).

8.1.4 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.



1 – кабель с соединителями типа N

2 – кабель с соединителями типа 2,4мм и 3,5мм

Рисунок 1 – Схема соединений при определении КСВН входа СВЧ преобразователей

8.1.5 Провести измерения модуля КСВН в диапазонах частот преобразователей и зафиксировать значения модуля КСВН на частотах:

- для АКИП-771710А: 10; 30; 50; 100; 300; 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 12 ГГц.

- для АКИП-771710D: 10; 30; 50; 100; 300; 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 18 ГГц.

- для АКИП-781702D, АКИП-781703D: 50; 100; 300; 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 18 ГГц.

- для АКИП-771710Е, АКИП-781703Е: 50; 100; 300; 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 18 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 1 ГГц до значения 26,5 ГГц.

- для АКИП-781702Е: 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 18 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 1 ГГц до значения 26,5 ГГц.

- для АКИП-771710F, АКИП-781703F: 50; 100; 300; 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 18 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 1 ГГц до значения 40 ГГц.

- для АКИП-781702F: 500; 800 МГц; 1 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 500 МГц до значения 18 ГГц; далее – частота устанавливается с шагом 1 ГГц до значения 40 ГГц.

8.1.6 Результаты операции поверки считать положительными, если значения КСВН в диапазонах частот преобразователей не превышают значений, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Определение значения КСВН входа СВЧ преобразователей

Тип преобразователя измерительного	Частотный диапазон	Максимальные значения КСВН входа
АКИП-771710А	от 9 кГц до 12 ГГц	1,20
АКИП-771710D	от 0,01 до 0,05 ГГц	1,35
	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 12,4 ГГц	1,2
	от 12,4 до 18 ГГц	1,26
АКИП-781702D	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 18 ГГц	1,26
АКИП-781703D	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 12,4 ГГц	1,26
	от 12,4 до 18 ГГц	1,26

Продолжение таблицы 3

АКИП-771710Е	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 12,4 ГГц	1,20
	от 12,4 до 18 ГГц	1,26
	от 18 до 26,5 ГГц	1,35
АКИП-781702Е	от 0,5 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 18 ГГц	1,26
	от 18 до 26,5 ГГц	1,35
АКИП-781703Е	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 18 ГГц	1,26
	от 18 до 26,5 ГГц	1,35
АКИП-771710F	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 12,4 ГГц	1,20
	от 12,4 до 18 ГГц	1,26
	от 18 до 26,5 ГГц	1,35
	от 26,5 до 40 ГГц	1,50
АКИП-781702F	от 0,5 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 18 ГГц	1,26
	от 18 до 26,5 ГГц	1,35
	от 26,5 до 40 ГГц	1,50
АКИП-781703F	от 0,05 до 2 ГГц	1,15
	от 2 до 18 ГГц	1,26
	от 18 до 26,5 ГГц	1,35
	от 26,5 до 40 ГГц	1,50

8.2 Определение относительной погрешности измерений мощности

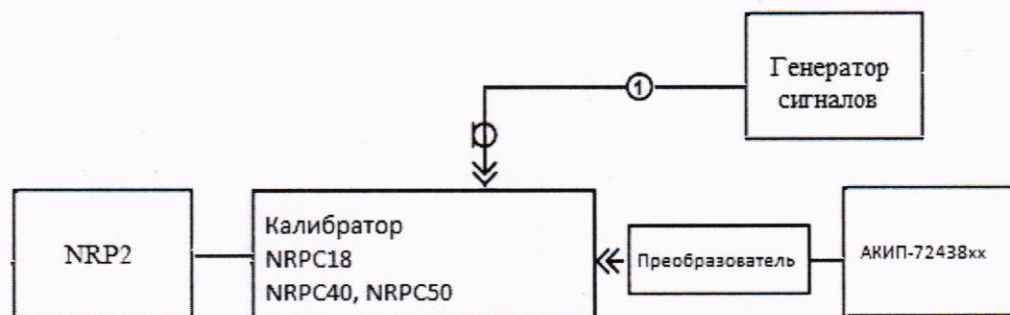
8.2.1 Подготовить к работе генератор сигналов измерительный MG3694C (далее – генератор), калибраторы мощности СВЧ (NRPC18 – для преобразователей АКИП-771710А, АКИП-771710D, АКИП-781702D, АКИП-781703D, NRPC40 – для преобразователей АКИП-771710Е, АКИП-781702Е, АКИП-781703Е и NRPC50 – для преобразователей АКИП-771710F, АКИП-781702F, АКИП-781703F) и измерительный блок в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

8.2.2 Подключить поверяемый преобразователь к измерительному блоку и провести его калибровку от внутреннего калибратора согласно инструкции по эксплуатации.

8.2.3 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 2.

8.2.4 Установить на генераторе начальное значение частоты сигнала для поверяемого преобразователя и уровень мощности 1 мВт (0 дБм).

8.2.5 Установить по индикаторному блоку NRP2 калибратора мощности значение уровня мощности 1мВт.



1 – кабель с соединителями типа N (для NRPC18) или К-К (для NRPC40, NRPC50);

NRP2-индикаторный блок калибраторов мощности

Рисунок 2 – Схема соединений при определении относительной погрешности измерений мощности

8.2.6 Провести измерение мощности поверяемым преобразователем, зафиксировать измеренные значения уровня мощности, одновременно фиксируя показания калибратора мощности, при следующих значениях частоты сигнала:

- для АКИП-771710А: 9; 30; 50; 100; 500 кГц; 1; 5; 10; 30; 50; 100; 250 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне до 12 ГГц.

- для АКИП-771710D: 10; 30; 50; 100; 250 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне до 18 ГГц.

- для АКИП-781702D, АКИП-781703D: 50; 100; 250 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне до 18 ГГц.

- для АКИП-771710Е, АКИП-781703Е: 50; 100; 250 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне от 3 до 18 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 2 ГГц в диапазоне от 18 до 26,5 ГГц.

- для АКИП-781702Е: 500 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне от 3 до 18 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 2 ГГц в диапазоне от 18 до 26,5 ГГц.

- для АКИП-771710F, АКИП-781703F: 50; 100; 250 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне от 3 до 18 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 2 ГГц в диапазоне от 18 до 40 ГГц.

- для АКИП-781702F: 500 МГц; далее частоты устанавливаются кратными 250 МГц; в диапазоне до 3 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 500 МГц в диапазоне от 3 до 18 ГГц; далее частоты устанавливаются кратными 2 ГГц в диапазоне от 18 до 40 ГГц.

8.2.7 Повторить измерения по п. п. 8.2.4 – 8.2.6 для уровней мощности из таблицы 4.

Для измерения уровня мощности 1 мкВт использовать аттенюаторы.

8.2.8 Рассчитать относительную погрешность измерения мощности СВЧ сигналов δP по п. п. 8.2.6 – 8.2.7 формуле:

$$\delta P = [(P_{\text{изм}} - P_{\text{к}}) / P_{\text{к}}] \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $P_{\text{изм}}$ – значение уровня мощности по показаниям поверяемого преобразователя, мВт;

$P_{\text{к}}$ – значение уровня мощности по показаниям калибратора мощности, мВт.

8.2.13 Результаты операции поверки считать положительными, если относительная погрешность измерений мощности в поверяемых точках не превышает допустимых пределов, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 – Определение относительной погрешности измерений мощности

Диапазон частот	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности, при заданном уровне мощности				
	10 мВт	1 мВт	100 мкВт	10 мкВт	1 мкВт
модификация 771710А					
от 9 кГц до 12 ГГц	±5 %	±5 %	-	±5 %	±5 %
модификация 771710D					
от 10 МГц до 18 ГГц	±5,5 %	±5,5 %	-	-	±5,5 %
модификация 771710Е					
от 50 МГц до 18 ГГц	±5,5 %	±5,5 %	-	±5,5 %	±5,5 %
от 18,0 до 26,5 ГГц	±6,9 %	±6,9 %	-	±6,9 %	±6,9 %

модификация 771710F					
от 50 МГц до 18 ГГц	±5,5 %	±5,5 %	-	±5,5 %	±5,5 %
от 18,0 до 26,5 ГГц	±6,9 %	±6,9 %	-	±6,9 %	±6,9 %
от 26,5 до 40,0 ГГц	±7,9 %	±7,9 %	-	±7,9 %	±7,9 %
модификация 781702E					
от 500 МГц до 18 ГГц	±6 %	±6 %	-	±6 %	-
от 18,0 до 26,5 ГГц	±7 %	±7 %	-	±7 %	-
модификация 781702F					
от 500 МГц до 18 ГГц	±6 %	±6 %	-	±6 %	-
от 18,0 до 26,5 ГГц	±7 %	±7 %	-	±7 %	-
от 26,5 до 40,0 ГГц	±8,5 %	±8,5 %	-	±8,5 %	-
модификация 781703D					
от 50 МГц до 18 ГГц	±6 %	±6 %	-	±6 %	±6 %
модификация 781702D					
от 50 МГц до 18 ГГц	±6 %	±6 %	-	±6 %	±6 %
модификация 781703E					
от 50 МГц до 18 ГГц	±6 %	±6 %	-	±6 %	±6 %
от 18,0 до 26,5 ГГц	±7 %	±7 %	-	±7 %	±7 %
модификация 781703F					
от 50 МГц до 18 ГГц	±6 %	±6 %	-	±6 %	±6 %
от 18,0 до 26,5 ГГц	±7 %	±7 %	-	±7 %	±7 %
от 26,5 до 40,0 ГГц	±8,5 %	±8,5 %	-	±8,5 %	±8,5 %

Преобразователи считают соответствующими метрологическим требованиям при положительных результатах поверки, установленных в п. п. 8.1 – 8.2.

9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

9.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке и (или) наносится знак поверки на средство измерений.

9.3 При отрицательных результатах поверки (когда не подтверждается соответствие средств измерений метрологическим требованиям) по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.

9.4 Протоколы поверки оформляются в соответствии с требованиями, установленными в организации, проводившей поверку.

Начальник отдела испытаний
АО «ПриСТ»



О. В. Котельник

Инженер по метрологии АО «ПриСТ»



Ю. Ю. Бакаева

Таблица А1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики			Значение
КСВН входа, в диапазоне частот, не более	АКИП-771710А	от 9 кГц до 12 ГГц	1,20
	АКИП-771710D	от 0,01 до 0,05 ГГц	1,35
		от 0,05 до 2 ГГц	1,15
		от 2,0 до 12,4 ГГц	1,2
		от 12,4 до 18,0 ГГц	1,26
	АКИП-781702D	от 0,05 до 2,00 ГГц	1,15
		от 2 до 18 ГГц	1,26
	АКИП-781703D	от 0,05 до 2,00 ГГц	1,15
		от 2,0 до 12,4 ГГц	1,26
		от 12,4 до 18,4 ГГц	1,26
	АКИП-771710Е	от 0,05 до 2,00 ГГц	1,15
		от 2,0 до 12,4 ГГц	1,20
		от 12,4 до 18,0 ГГц	1,26
		от 18,0 до 26,5 ГГц	1,35
	АКИП-781702Е	от 0,5 до 2,0 ГГц	1,15
		от 2 до 18 ГГц	1,26
		от 18,0 до 26,5 ГГц	1,35
	АКИП-781703Е	от 0,05 до 2,00 ГГц	1,15
		от 2 до 18 ГГц	1,26
		от 18,0 до 26,5 ГГц	1,35
	АКИП-771710F	от 0,05 до 2,00 ГГц	1,15
		от 2,0 до 12,4 ГГц	1,20
		от 12,4 до 18,0 ГГц	1,26
		от 18,0 до 26,5 ГГц	1,35
		от 26,5 до 40,0 ГГц	1,50
	АКИП-781702F	от 0,5 до 2,0 ГГц	1,15
		от 2 до 18 ГГц	1,26
		от 18,0 до 26,5 ГГц	1,35
		от 26,5 до 40,0 ГГц	1,50
	АКИП-781703F	от 0,05 до 2,00 ГГц	1,15
		от 2 до 18 ГГц	1,26
		от 18,0 до 26,5 ГГц	1,35
		от 26,5 до 40,0 ГГц	1,50
Относительная погрешность измерений мощности, % ¹⁾	АКИП-771710А	от 9 кГц до 12 ГГц	±5
	АКИП-771710D	от 10 МГц до 18 ГГц	±5,5
	АКИП-781702D	от 50 МГц до 18 ГГц	±6
	АКИП-781703D	от 50 МГц до 18 ГГц	±6
	АКИП-771710Е	от 50 МГц до 18 ГГц	±5,5
		от 18,0 до 26,5 ГГц	±6,9
	АКИП-781702Е	от 500 МГц до 18 ГГц	±6
		от 18,0 до 26,5 ГГц	±7
	АКИП-781703Е	от 50 МГц до 18 ГГц	±6
		от 18,0 до 26,5 ГГц	±7
	АКИП-771710F	от 50 МГц до 18 ГГц	±5,5
		от 18,0 до 26,5 ГГц	±6,9
		от 26,5 до 40,0 ГГц	±7,9
	АКИП-781702F	от 500 МГц до 18 ГГц	±6
		от 18,0 до 26,5 ГГц	±7
		от 26,5 до 40,0 ГГц	±8,5
	АКИП-781703F	от 50 МГц до 18 ГГц	±6
		от 18,0 до 26,5 ГГц	±7
		от 26,5 до 40,0 ГГц	±8,5