

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «07» марта 2025 г. № 460

Регистрационный № 94839-25

Лист № 1
Всего листов 9

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерители иммитанса АКИП-6113

Назначение средства измерений

Измерители иммитанса АКИП-6113 (далее – измерители) предназначены для измерения параметров пассивных элементов электрической цепи (полное сопротивление, полная проводимость, активное и реактивное сопротивления и проводимость, емкость, индуктивность, фазовый угол, тангенс угла потерь, добротность), используя последовательную или параллельную схему замещения.

Описание средства измерений

Принцип действия измерителей основан на анализе прохождения тестового сигнала с заданной частотой через цепь, обладающую комплексным сопротивлением, и последующим сравнением измеренного значения с опорным напряжением.

Встроенный микропроцессор на основании независимых измерений тока и напряжения при различных фазовых соотношениях опорного и измеряемого сигнала рассчитывает электрические характеристики измеряемого объекта, далее значения параметров выводятся на цифровой дисплей.

На передней панели измерителей находится высококонтрастный сенсорный ЖК-дисплей, на котором одновременно может отражаться до четырех параметров. Управление режимами работы, выбор регулируемых параметров осуществляется с передней панели специальными кнопками. Для ввода цифровых параметров на панели имеется три группы органов управления: кнопки направлений (со стрелками), вращающийся регулятор и цифровая клавиатура. В нижней части панели расположены четыре выходных/входных разъема. Для подключения флэш-диска представлен разъем USB.

На задней панели измерителей располагаются: разъем для подключения кабеля питания, интерфейсы RS-232, USB (USBTMC), LAN, интерфейс сортировщика компонентов.

Измерители имеют две модификации: АКИП-6113/1 и АКИП-6113/2, которые отличаются верхней границей диапазона рабочих частот.

Общий вид измерителей и место нанесения знака утверждения типа представлены на рисунке 1. Для предотвращения несанкционированного доступа измерители имеют пломбировку в виде наклейки между верхней и задней стенками корпуса. Пломба может устанавливаться производителем, ремонтной организацией, поверяющей организацией или организацией, эксплуатирующей данное средство измерений. Схема опломбирования от несанкционированного доступа представлена на рисунке 2.

Знак поверки в виде оттиска клейма или наклейки с изображением знака поверки может наноситься на свободном от надписей пространстве на верхней панели прибора. Место нанесения знака поверки представлено на рисунке 1.

Серийный (заводской) номер, идентифицирующий каждый экземпляр измерителей, в виде буквенно-цифрового обозначения, состоящего из арабских цифр и латинских букв,

наносится на корпус методом печати на наклейку, размещаемой на обратной стороне корпуса. Место нанесения заводского (серийного) номера представлено на рисунке 2.



Рисунок 1 – Общий вид измерителей и место нанесения знака утверждения типа (А) и знака поверки (Б)



Рисунок 2 – Схема опломбирования от несанкционированного доступа (В) и места нанесения серийного номера (Г)

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) измерителей установлено на внутренний контроллер и служит для управления режимами работы, выбора встроенных основных и дополнительных функций.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с Р 50.2.077-2014 – «средний».

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	-
Номер версии (идентификационный номер ПО)	не ниже V1.0.0

Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Диапазон рабочих частот, Гц для модификации АКИП-6113/1 для модификации АКИП-6113/2	от 20 до $5 \cdot 10^5$ от 20 до $2 \cdot 10^6$
Минимальное разрешение, мГц	1
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты, %	$\pm 0,01$
Уровень тест-сигнала - напряжение переменного тока, В _{скз} - сила переменного тока, мА _{скз}	от 0,005 до 20 от 0,05 до 100
Пределы абсолютной погрешности установки уровня тестового сигнала напряжения переменного тока, В	$\pm(0,1 \cdot U_{\text{вых}} + 2 \text{ мВ})$
Выходное сопротивление источника сигнала, Ом	30, 100
Диапазон измерений: сопротивление переменному току, сопротивление постоянному току, Ом проводимость, См фазовый сдвиг, градус фазовый сдвиг, рад емкость, Ф индуктивность, Гн тангенс угла потерь добротность	от 1 до $1 \cdot 10^6$ от $1 \cdot 10^{-11}$ до 99,9999 от -179,999 до +179,999 от -3,14159 до +3,14159 от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ от $0,01 \cdot 10^{-6}$ до 1,00 от $1 \cdot 10^{-5}$ до 9,99999 от $1 \cdot 10^{-5}$ до 99999,9
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления переменному току ¹⁾ , проводимости ²⁾ , емкости, индуктивности, %	$A_e = \pm [A \cdot A_l + (K_a + K_b + K_c) \cdot 100 \% + K_d + K_f] \cdot K_t^{(3)}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений добротности: если $Q \cdot D_e < 1$	$Q_e = \pm \frac{Q^2 \cdot D_e}{1 \mp Q \cdot D_e}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений фазового сдвига, градус	$\theta_e = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{A_e}{100}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений тангенса угла потерь: если $D \leq 0,1$ если $D > 0,1$	$D_e = \pm \left(\frac{A_e}{100} \right)$ $D_e = \pm \left(\frac{A_e}{100} \right) \cdot (1 + D)$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения сопротивления постоянному току, Ом	$\pm (R \cdot (W \cdot (1 + R/5 \text{ МОм} + 16 \text{ МОм}/R)) + 0,2 \text{ МОм})$

Продолжение таблицы 2

1	2
Диапазон установки уровня постоянного смещения U_{dc} , В	± 40
Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки уровня постоянного смещения U_{dc} , В	$\pm 0,01 \cdot U_{dc} + 0,005$
<p>Примечания:</p> <p>¹⁾ – если $D \leq 0,1$, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений активного сопротивления определяются по формулам:</p> <p>параллельная схема замещения $R_{pe} = \pm \frac{R_p \cdot D_e}{D \mp D_e}$;</p> <p>последовательная схема замещения $R_{se} = X \cdot D_e$, где $X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$;</p> <p>²⁾ – если $G > 0,1$, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений активной проводимости, при $D \leq 0,1$, определяются по формуле:</p> <p>$G_e = B \cdot D_e$, где $B = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$;</p> <p>³⁾ – при измерении C, L, X, B, если $D > 0,1$, пределы допускаемой погрешности A_e следует умножить на $\sqrt{1 + D^2}$; при измерении R_p, R_s, G, если $Q > 0,1$, пределы допускаемой погрешности A_e следует умножить на $\sqrt{1 + Q^2}$;</p> <p>A – базовая погрешность (таблица 3);</p> <p>A_l – поправочный коэффициент, обусловленный уровнем тест-сигнала (таблица 4);</p> <p>K_a, K_b – коэффициент коррекции импеданса (таблица 5);</p> <p>K_c – коэффициент коррекции, обусловленный соотношением частоты тестового сигнала и частоты калибровки (таблица 7);</p> <p>K_d – коэффициент коррекции, обусловленный длиной измерительных проводов (таблица 8);</p> <p>K_f – коэффициент коррекции, обусловленный применением сортировщика компонентов (таблица 6);</p> <p>K_t – коэффициент температурной коррекции (таблица 9);</p> <p>W – поправочный коэффициент, при скорости измерений «Быстро» – 0,5, при скорости измерений «Медленно/Средне» – 0,25;</p> <p>R – измеренное значение сопротивление, Ом;</p> <p>R_p – измеренное значение активного сопротивления (параллельная схема замещения), Ом;</p> <p>R_s – измеренное значение активного сопротивления (последовательная схема замещения), Ом;</p> <p>X – измеренное значение реактивного сопротивления, Ом;</p> <p>G – измеренное значение активной проводимости, См;</p> <p>B – измеренное значение реактивной проводимости, См;</p> <p>L – измеренное значение индуктивности, Гн;</p> <p>C – измеренное значение емкости, мкФ;</p> <p>D – измеренное значение тангенса угла потерь;</p> <p>Q – измеренное значение добротности;</p> <p>f – частота тестового сигнала, Гц.</p> <p>$B_{скз}$ – среднеквадратичное значение напряжения тест-сигнала;</p> <p>$mA_{скз}$ – среднеквадратичное значение тока тест-сигнала.</p>	

Таблица 3 – Базовая погрешность, обусловленная значением полного измеряемого сопротивления и частотой измерительного сигнала

Значение полного сопротивления	Частота измерительного сигнала								
	от 20 до 50 Гц включ.	св.50 до 100 Гц включ.	св.100 Гц до 10 кГц включ.	св.10 до 100 кГц включ.	св. 100 до 150 кГц включ.	св. 150 до 300 кГц включ.	св. 300 до 500 кГц включ.	св. 500 до 800 кГц включ.	св. 800 кГц до 2 МГц включ.
от 1 до 3 Ом включ.	0,25 ¹⁾ (0,35) ²⁾	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	2 (2,5)	5 (6)
св. 3 до 10 Ом включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	0,25 (0,35)	0,65 (1)	2 (2,5)	5 (6)
от 10 до 15 Ом включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	0,25 (0,35)	0,65 (1)	2 (2,5)	2 (2,5)
св. 15 Ом до 10 кОм включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,05 (0,1)	0,05 (0,1)	0,1 (0,25)	0,25 (0,35)	0,65 (1)	0,65 (1)	2 (2,5)
св. 10 до 32 кОм включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,05 (0,1)	0,05 (0,1)	-	-	-	-	-
св.32 до100 кОм включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,05 (0,1)	0,1 (0,25)	-	-	-	-	-
св.100 до 320 кОм включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,05 (0,1)	-	-	-	-	-	-
св.320 до 600 кОм включ.	0,25 (0,35)	0,1 (0,25)	0,1 (0,25)	-	-	-	-	-	-
св. 600 кОм до 1 МОм включ.	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	0,25 (0,35)	-	-	-	-	-	-

Примечание
¹⁾ – базовая погрешность при скорости измерений «Медленно/Средне»;
²⁾ – базовая погрешность при скорости измерений «Быстро».

Таблица 4 – Поправочный коэффициент A_b , обусловленный уровнем тест-сигнала

Диапазоны уровня тестового сигнала	от 5 до 50 мВ включ.	св. 50 до 200 мВ включ.	св. 200 до 500 мВ включ.	св. 500 мВ до 1 В включ.	св. 1 до 2 В включ.	св. 2 до 20 В включ.
A_l	$\frac{0,125}{V_s}$	2,5	$\frac{0,5}{V_s}$	1	V_s	4

Примечание:
При измерении индуктивности, полное сопротивление которой не более 200 Ом, к полученному значению погрешности надо добавить 0,15, если:
а) частота тестового сигнала св. 100 Гц до 2 МГц включ.,
б) уровень тестового сигнала св. 5 до 20 В_{скз} включ.;
 V_s –уровень испытательного сигнала, В_{скз}.

Таблица 5 – Коэффициенты коррекции импеданса K_a и K_b

Скорость	Частота	K_a	K_b
Медленно/ Средне	$f_m \leq 1,2$ кГц	$\left(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(1 + \frac{0,2}{V_s}\right) \cdot \sqrt{\frac{100}{f_m}}$	$ Z_m \cdot (0,3 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,07}{V_s}\right) \cdot \sqrt{\frac{100}{f_m}}$
	$1,2$ кГц < < $f_m \leq$ ≤ 8 кГц	$\left(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(1 + \frac{0,2}{V_s}\right)$	$ Z_m \cdot (1 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,07}{V_s}\right)$
	8 кГц < < $f_m \leq$ ≤ 150 кГц		$ Z_m \cdot (3 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,07}{V_s}\right)$
	150 кГц < < $f_m \leq$ ≤ 1 МГц	$\left(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(3 + \frac{0,2}{V_s}\right)$	$ Z_m \cdot (10 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,07}{V_s}\right)$
	1 МГц < < $f_m \leq$ ≤ 2 МГц	$\left(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(30 + \frac{0,2}{V_s}\right)$	$ Z_m \cdot (100 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,07}{V_s}\right)$
Быстро	$f_m \leq 1,2$ кГц	$\left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(1 + \frac{0,4}{V_s}\right) \cdot \sqrt{\frac{100}{f_m}}$	$ Z_m \cdot (0,6 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,1}{V_s}\right) \cdot \sqrt{\frac{100}{f_m}}$
	$1,2$ кГц < < $f_m \leq$ ≤ 8 кГц	$\left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(1 + \frac{0,4}{V_s}\right)$	$ Z_m \cdot (2 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,1}{V_s}\right)$
	8 кГц < < $f_m \leq$ ≤ 150 кГц		$ Z_m \cdot (6 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,1}{V_s}\right)$
	150 кГц < < $f_m \leq$ ≤ 1 МГц	$\left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(2 + \frac{0,4}{V_s}\right)$	$ Z_m \cdot (20 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,1}{V_s}\right)$
	1 МГц < < $f_m \leq$ ≤ 2 МГц	$\left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{ Z_m }\right) \cdot \left(20 + \frac{0,4}{V_s}\right)$	$ Z_m \cdot (100 \cdot 10^{-9}) \cdot \left(1 + \frac{0,1}{V_s}\right)$

Примечания:
 f_m – частота испытательного сигнала, Гц;
 Z_m – импеданс объекта тестирования, Ом;
 V_s –уровень испытательного сигнала, В_{скз}.

Продолжение таблицы 5

Скорость	Частота	K_a	K_b
<p>При значении импеданса до 500 Ом включ., определяющим будет значение K_a, коэффициент K_b при этом исключается;</p> <p>При значении импеданса св. 500 Ом, определяющим будет значение K_b, коэффициент K_a при этом исключается;</p> <p>Коэффициенты коррекции импеданса K_a и K_b рассчитываются для случая применения тестовой площадки. При использовании измерительного кабеля:</p> <p>1) к значению K_a следует прибавить значения в соответствии с таблицей 5.1;</p> <p>2) полученное значение K_b следует умножить на значения в соответствии с таблицей 5.2.</p>			

Таблица 5.1 – Поправочные значения для K_a

Длина тестового кабеля, м	0 (тестовая площадка)	1	2
Поправочные значения	0	0,0005	0,0010

Таблица 5.2 – Поправочные значения для K_b в зависимости от частоты тест-сигнала

Длина тестового кабеля, м	0 (тестовая площадка)	1	2
до 100 кГц включ.	1	$1+5 \cdot F$	$1+10 \cdot F$
св. 100 до 300 кГц включ.	1	$1+2 \cdot F$	$1+4 \cdot F$
св. 300 кГц до 2 МГц включ.	1	$1+0,5 \cdot F$	$1+1 \cdot F$
<p>Примечание</p> <p>F – частота тестового сигнала, МГц</p>			

Таблица 6 – Коэффициент коррекции K_f , обусловленный применением сортировщика компонентов

Критерий	Значение коэффициента
Устройство не применяется	0
Устройство применяется	0,2

Таблица 7 – Коэффициент коррекции K_c , обусловленный соотношением частоты тестового сигнала и частоты калибровки

Частота тестового сигнала	Значения
Частота измерения совпадает с частотой для калибровки XX/КЗ (компенсация начального импеданса)	0
Частота измерения не совпадает с частотой для калибровки XX/КЗ (компенсация начального импеданса)	0,0003
<p>Примечание:</p> <p>Набор частот калибровки XX/КЗ указан в руководстве по эксплуатации.</p>	

Таблица 8 – Коэффициент коррекции K_d , обусловленный длиной измерительных проводов

Уровень тестового сигнала	Длина тестового кабеля, м		
	1	2	4
до 2 В включ.	$2,5 \cdot 10^{-4} \cdot (1+50 \cdot F)$	$5 \cdot 10^{-4} \cdot (1+50 \cdot F)$	$1 \cdot 10^{-3} \cdot (1+50 \cdot F)$
свыше 2 В	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1+16 \cdot F)$	$5 \cdot 10^{-3} \cdot (1+16 \cdot F)$	$1 \cdot 10^{-2} \cdot (1+16 \cdot F)$
<p>Примечание</p> <p>F – частота тестового сигнала, МГц</p>			

Таблица 9 – Коэффициент температурной коррекции K_t

Температура (°C)	от 0 до 18 включ.	св. 18 до 28 включ.	св. 28 до 40 включ.
K_t	4	1	4

Таблица 10 – Технические характеристики

Наименование характеристики	Значение
1	2
Габаритные размеры (ширина×высота×глубина), мм	430×177×265
Масса, кг, не более	11,0
Параметры электрического питания: - напряжение переменного тока, В - частота переменного тока, Гц	от 198 до 242 от 47 до 63
Потребляемая мощность, В·А, не более	130
Нормальные условия измерений: – температура окружающей среды, °C – относительная влажность, %, не более – атмосферное давление, кПа	от +18 до +28 70 от 84,0 до 106,7
Условия эксплуатации: – температура окружающей среды, °C – относительная влажность, %, не более – атмосферное давление, кПа	от 0 до +40 90 от 84,0 до 106,7

Таблица 11 – Показатели надежности

Наименование характеристики	Значение
Средний срок службы, лет, не более	5
Средняя наработка на отказ, ч, не более	10000

Знак утверждения типа

наносится на переднюю панель измерителей методом наклейки и на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом.

Комплектность средства измерений

Таблица 12 – Комплектность средства измерений

Наименование	Обозначение	Количество, шт.
Измеритель иммитанса	АКИП-6113 ¹⁾	1
Сетевой шнур питания	-	1
Измерительный 4-х пр. кабель-адаптер (Кельвин, 4-BNC x 2 «крокодила»)	-	1
Руководство по эксплуатации CD-диск	-	1
¹⁾ – в зависимости от заказа		

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в п. 6 «Работа с прибором» руководства по эксплуатации.

Нормативные документы, устанавливающие требования к средству измерений

ГОСТ 22261-94 «Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия»;

ГОСТ 8.019-85 «ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений тангенса угла потерь»;

ГОСТ 8.371-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости»;

ГОСТ Р 8.732-2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений индуктивности»;

Приказ Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3456 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;

Стандарт предприятия «Измерители иммитанса АКИП-6113».

Правообладатель

Changzhou Tonghui Electronics Co., Ltd., Китай

Адрес: NO.1, XINZHU ROAD, XINBEI DISTRICT, CHANGZHOU, CHINA

Изготовитель

Changzhou Tonghui Electronics Co., Ltd., Китай

Адрес: NO.1, XINZHU ROAD, XINBEI DISTRICT, CHANGZHOU, CHINA

Испытательный центр

Акционерное общество «Приборы, Сервис, Торговля» (АО «ПриСТ»)

Адрес: 111141, г. Москва, ул. Плеханова, д. 15А

Телефон: +7(495) 777-55-91

Факс: +7(495) 640-30-23

E-mail: prist@prist.ru

Web-сайт: <http://www.prist.ru>

Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № RA.RU.314740.

