

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Анализаторы мощных устройств/характериографы B1505A с модулями B1510A, B1511A, B1512A, B1513A, B1513B, B1514A, B1520A, B1525A, B1530A

### Назначение средства измерений

Анализаторы мощных устройств/характериографы B1505A с модулями B1510A, B1511A, B1512A, B1513A, B1513B, B1514A, B1520A, B1525A, B1530A (далее – анализаторы) предназначены для:

- воспроизведения/измерения напряжения постоянного тока до 3000 В;
- точных измерений постоянного тока в субпикоамперном диапазоне при высоких напряжениях;
- воспроизведения/измерения силы постоянного тока до 2 А и импульсного до 40 А;
- воспроизведения токового импульса шириной до 50 мкс при больших токах;
- переключения между измерением большого тока и высокого напряжения без перекалибровки;
- измерений емкости при постоянных напряжениях до 3000 В.

### Описание средства измерений

Конструктивно анализатор выполнен в виде настольного моноблока.

Анализатор позволяет проводить измерения при автоматизированном контроле электрических параметров полупроводниковых приборов, анализе их функциональных зависимостей; отображение на дисплее вольт-амперных характеристик (ВАХ), вольт-фарадных характеристик (ВФХ) исследуемого объекта в виде графиков и таблиц, расчет их на основе стандартных параметров исследуемого объекта, формирование и заполнение отчета о полученных результатах.

Модульная конструкция анализатора, включающая 10 гнезд для установки модулей, позволяет создавать такую конфигурацию анализатора, которая соответствует текущим измерительным задачам.

Внешний вид анализаторов приведен на рисунках 1 и 2.

Место нанесения знака утверждения типа приведено на рисунке 1, а схема пломбировки анализаторов от несанкционированного доступа приведена на рисунке 2.

При оформлении внешнего вида генераторов могут использоваться логотипы компаний «Agilent Technologies» или «Keysight Technologies».

Место нанесения  
знака утверждения  
типа

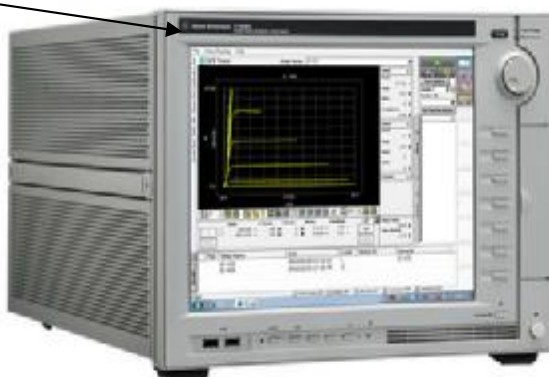


Рисунок 1 – Внешний вид анализатора



Рисунок 2 – Схема пломбировки анализаторов (задняя панель)

### Программное обеспечение

Управление режимами работы и настройками анализаторов осуществляется с помощью внутреннего программного обеспечения (ПО), которое встроено в защищенную от записи память микроконтроллера, что исключает возможность его несанкционированных настройки и вмешательства, приводящим к искажению результатов измерений.

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
ПО для анализаторов мощных устройств/характеристикографов В1505А/1505А	B1500_Software_A 04.11.2010.1209	Версия A.04.11.2010.1209	16559D01EDBF9CA AFD707A6C4CFF75 B9	MD5

Защита ПО от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «А» по МИ 3286-2010.

### Метрологические и технические характеристики

Метрологические и технические характеристики анализаторов приведены в таблицах 2 – 12.

Таблица 2 – Метрологические характеристики анализатора с модулями в режиме измерения напряжения постоянного тока

Модуль	Пределы измерения	Разрешение	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений
B1510A	$\pm 2 \text{ В}$	2 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}}^{1}) + 0,14 \text{ мВ}$
	$\pm 20 \text{ В}$	20 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,14 \text{ мВ})$
	$\pm 40 \text{ В}$	40 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 1 \text{ мВ})$
	$\pm 100 \text{ В}$	100 мкВ	$\pm (0,012 \cdot U_{\text{изм.}} + 2,5 \text{ мВ})$
	$\pm 200 \text{ В}$	200 мкВ	$\pm (0,014 \cdot U_{\text{изм.}} + 2,8 \text{ мВ})$
B1511A	$\pm 0,5 \text{ В}$	0,5 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,12 \text{ мВ})$
	$\pm 2 \text{ В}$	2 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,14 \text{ мВ})$
	$\pm 5 \text{ В}$	5 мкВ	$\pm (0,009 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,25 \text{ мВ})$
	$\pm 20 \text{ В}$	20 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,9 \text{ мВ})$
	$\pm 40 \text{ В}$	40 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 1 \text{ мВ})$
	$\pm 100 \text{ В}$	100 мкВ	$\pm (0,012 \cdot U_{\text{изм.}} + 2,5 \text{ мВ})$
B1512A	$\pm 0,2 \text{ В}$	200 нВ	$\pm (0,06 + 0,14 + I_0 \cdot 0,05)^{2})$
	$\pm 2 \text{ В}$	2 мкВ	$\pm (0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,5)$
	$\pm 20 \text{ В}$	20 мкВ	$\pm (0,06 + 3 + I_0 \cdot 5)$
	$\pm 40 \text{ В}$	40 мкВ	$\pm (0,06 + 3 + I_0 \cdot 10)$
B1513A B1513B	$\pm 200 \text{ В}$	200 мкВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 40 \text{ мВ})$
	$\pm 500 \text{ В}$	500 мкВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 100 \text{ мВ})$
	$\pm 1500 \text{ В}$	1,5 мВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 300 \text{ мВ})$
	$\pm 3000 \text{ В}$	3 мВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 600 \text{ мВ})$
B1514A	$\pm 0,2 \text{ В}$	200 нВ	$\pm (0,06 + 0,14 + I_0 \cdot 0,05)^{2})$
	$\pm 2 \text{ В}$	2 мкВ	$\pm (0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,5)$
	$\pm 20 \text{ В}$	20 мкВ	$\pm (0,06 + 3 + I_0 \cdot 5)$
	$\pm 40 \text{ В}$	40 мкВ	$\pm (0,06 + 3 + I_0 \cdot 10)$
Примечания			
1) – предел измерений для каждого модуля			
2) – $\pm (\% \text{ от измеренной величины} + \text{фиксированное смещение в [мВ]} + \text{пропорциональное смещение в [мВ]})$ , $I_0$ – сила тока в [А]			

Таблица 3 – Метрологические характеристики анализатора с модулями в режиме источника напряжения постоянного тока

Модуль	Пределы воспроизведения	Разрешение	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений
B1510A	$\pm 2 \text{ В}$	100 мкВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}}^{1}) + 0,14 \text{ мВ}$
	$\pm 20 \text{ В}$	1 мВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,14 \text{ мВ})$
	$\pm 40 \text{ В}$	2 мВ	$\pm (0,01 \cdot U_{\text{изм.}} + 1 \text{ мВ})$
	$\pm 100 \text{ В}$	5 мВ	$\pm (0,012 \cdot U_{\text{изм.}} + 2,5 \text{ мВ})$
	$\pm 200 \text{ В}$	10 мВ	$\pm (0,014 \cdot U_{\text{изм.}} + 2,8 \text{ мВ})$
B1511A	$\pm 0,5 \text{ В}$	25 мкВ	$\pm (0,018 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,15 \text{ мВ})$
	$\pm 2 \text{ В}$	100 мкВ	$\pm (0,018 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,4 \text{ мВ})$
	$\pm 5 \text{ В}$	250 мкВ	$\pm (0,018 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,75 \text{ мВ})$
	$\pm 20 \text{ В}$	1 мВ	$\pm (0,018 \cdot U_{\text{изм.}} + 3 \text{ мВ})$
	$\pm 40 \text{ В}$	2 мВ	$\pm (0,018 \cdot U_{\text{изм.}} + 6 \text{ мВ})$
	$\pm 100 \text{ В}$	5 мВ	$\pm (0,018 \cdot U_{\text{изм.}} + 15 \text{ мВ})$

Модуль	Пределы воспроизведения	Разрешение	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений
B1512A	$\pm 0,2 \text{ В}$	200 нВ	$\pm (0,06 + 0,14 + I_0 \cdot 0,05)^{2)}$
	$\pm 2 \text{ В}$	2 мкВ	$\pm (0,06 + 0,6 + I_0 \cdot 0,5)$
	$\pm 20 \text{ В}$	20 мкВ	$\pm (0,06 + 3 + I_0 \cdot 5)$
	$\pm 40 \text{ В}$	40 мкВ	$\pm (0,06 + 3 + I_0 \cdot 10)$
B1513A B1513B	$\pm 200 \text{ В}$	200 мкВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 40 \text{ мВ})$
	$\pm 500 \text{ В}$	500 мкВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 100 \text{ мВ})$
	$\pm 1500 \text{ В}$	1,5 мВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 300 \text{ мВ})$
	$\pm 3000 \text{ В}$	3 мВ	$\pm (0,03 \cdot U_{\text{изм.}} + 600 \text{ мВ})$
B1514A	$\pm 0,2 \text{ В}$	200 нВ	$\pm (0,06 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,14 \text{ мВ})$
	$\pm 2 \text{ В}$	2 мкВ	$\pm (0,06 \cdot U_{\text{изм.}} + 0,6 \text{ мВ})$
	$\pm 20 \text{ В}$	20 мкВ	$\pm (0,06 \cdot U_{\text{изм.}} + 3 \text{ мВ})$
	$\pm 30 \text{ В}$	40 мкВ	$\pm (0,06 \cdot U_{\text{изм.}} + 3 \text{ мВ})$
Примечания 1) – предел измерений для каждого модуля 2) – $\pm$ (% от измеренной величины + фиксированное смещение в [мВ] + пропорциональное смещение в [мВ]), $I_0$ – сила тока в [А]			

Таблица 4 – Метрологические характеристики анализатора с модулями в режиме измерения силы постоянного тока

Модуль	Пределы измерения	Разрешение	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений
B1510A	$\pm 1 \text{ нА}$	10 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})^{1)}$
	$\pm 10 \text{ нА}$	10 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 25 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-14})$
	$\pm 100 \text{ нА}$	100 фА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 25 \cdot 10^{-12} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 1 \text{ мкА}$	1 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-10} + U_0 \cdot 10^{-12})$
	$\pm 10 \text{ мкА}$	10 пА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 100 \text{ мкА}$	100 пА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 1 \text{ мА}$	1 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 6 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 10 \text{ мА}$	10 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 100 \text{ мА}$	100 нА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 6 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$
B1511A	$\pm 1 \text{ А}$	1 мкА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 10^{-6})$
	$\pm 1 \text{ нА}$	10 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})^{1)}$
	$\pm 10 \text{ нА}$	10 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-12} + U_0 \cdot 10^{-14})$
	$\pm 100 \text{ нА}$	100 фА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-11} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 1 \text{ мкА}$	1 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-10} + U_0 \cdot 10^{-12})$
	$\pm 10 \text{ мкА}$	10 пА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 100 \text{ мкА}$	100 пА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 1 \text{ мА}$	1 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 10 \text{ мА}$	10 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 100 \text{ мА}$	100 нА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$

B1512A	$\pm 10 \text{ мкА}$	10 пА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 100 \text{ мкА}$	100 пА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 1 \text{ мА}$	1 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 10 \text{ мА}$	10 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$
	$\pm 100 \text{ мА}$	100 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 10^{-6})$
	$\pm 1 \text{ А}$	1 мкА	$\pm (0,4 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 10^{-5})$
	$\pm 20 \text{ А}^2$	20 мкА	$\pm (0,4 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 10^{-4})$
B1513A B1513B	$\pm 1 \text{ нА}$	10 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 6 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})$
	$\pm 10 \text{ нА}$	100 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 25 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})$
	$\pm 100 \text{ нА}$	100 фА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 25 \cdot 10^{-12} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 1 \text{ мкА}$	1 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-10} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 10 \text{ мкА}$	10 пА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 100 \text{ мкА}$	100 пА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 1 \text{ мА}$	1 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 6 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-10})$
B1514A	$\pm 10 \text{ мкА}$	10 пА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 100 \text{ мкА}$	100 пА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 1 \text{ мА}$	1 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 10 \text{ мА}$	10 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$
	$\pm 100 \text{ мА}$	100 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 10^{-6})$
	$\pm 1 \text{ А}^2$	1 мкА	$\pm (0,4 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 10^{-5})$
Примечания 1) – $\pm$ (%) от измеренной величины + фиксированное смещение в А + пропорциональное смещение в В, $U_0$ – напряжение в В 2) – только в импульсном режиме			

Таблица 5 – Метрологические характеристики анализатора с модулями в режиме воспроизведения силы постоянного тока

Модель	Предел измерения	Разрешение	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений
B1510A	$\pm 1 \text{ нА}$	50 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})^1$
	$\pm 10 \text{ нА}$	500 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-12} + U_0 \cdot 10^{-14})$
	$\pm 100 \text{ нА}$	5 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-11} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 1 \text{ мкА}$	50 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-10} + U_0 \cdot 10^{-12})$
	$\pm 10 \text{ мкА}$	500 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 100 \text{ мкА}$	5 нА	$\pm (0,035 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 1 \text{ мА}$	50 нА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 10 \text{ мА}$	500 нА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 100 \text{ мА}$	5 мкА	$\pm (0,045 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$
	$\pm 1 \text{ А}$	50 мкА	$\pm (0,4 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 10^{-6})$

B1511A	$\pm 1$ нА	50 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})^{1)}$
	$\pm 10$ нА	500 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-12} + U_0 \cdot 10^{-14})$
	$\pm 100$ нА	5 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-11} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 1$ мкА	50 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-10} + U_0 \cdot 10^{-12})$
	$\pm 10$ мкА	500 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 100$ мкА	5 нА	$\pm (0,035 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 1$ мА	50 нА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 10$ мА	500 нА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 100$ мА	5 мкА	$\pm (0,045 \cdot I_{\text{изм.}} + 15 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$
B1512A	$\pm 10$ мкА	10 пА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 100$ мкА	100 пА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-9})$
	$\pm 1$ мА	1 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-8})$
	$\pm 10$ мА	10 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-6} + U_0 \cdot 10^{-7})$
	$\pm 100$ мА	100 нА	$\pm (0,06 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-5} + U_0 \cdot 10^{-6})$
	$\pm 1$ А	1 мкА	$\pm (0,4 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-4} + U_0 \cdot 10^{-5})$
	$\pm 20$ А <sup>2)</sup>	20 мкА	$\pm (0,4 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-3} + U_0 \cdot 10^{-4})$
B1513A B1513B	$\pm 1$ нА	10 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 6 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})$
	$\pm 10$ нА	100 фА	$\pm (0,1 \cdot I_{\text{изм.}} + 25 \cdot 10^{-13} + U_0 \cdot 10^{-15})$
	$\pm 100$ нА	100 фА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 25 \cdot 10^{-12} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 1$ мкА	1 пА	$\pm (0,05 \cdot I_{\text{изм.}} + 10^{-10} + U_0 \cdot 10^{-13})$
	$\pm 10$ мкА	10 пА	$\pm (0,04 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 100$ мкА	100 пА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 3 \cdot 10^{-9} + U_0 \cdot 10^{-11})$
	$\pm 1$ мА	1 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 6 \cdot 10^{-8} + U_0 \cdot 10^{-10})$
	$\pm 10$ мА	10 нА	$\pm (0,03 \cdot I_{\text{изм.}} + 2 \cdot 10^{-7} + U_0 \cdot 10^{-9})$
Примечания			
1) – $\pm$ (% от измеренной величины + фиксированное смещение в [А] + пропорциональное смещение в [А]), $U_0$ – напряжение в [В]			
2) – только в импульсном режиме			

Таблица 6 – Метрологические характеристики анализатора с модулем B1520A (многочастотный измеритель емкости)

Частота		
Диапазон	Разрешение	Погрешность
от 1 кГц до 5 мГц	1 мГц	$\pm 0,008$ %
Выходной сигнал воспроизведения		
Диапазон, мВ <sub>СКЗ</sub>	Разрешение, мВ <sub>СКЗ</sub>	Погрешность
от 10 до 250	1	$\pm (0,1 \cdot F^{1)}) + 1$ мВ <sub>СКЗ</sub> – без кабелей $\pm (0,15 \cdot F^{1)}) + 1$ мВ <sub>СКЗ</sub> – с кабелем 1,5 м или 3,0 м
Функция смещения по постоянному току-воспроизведение		
Диапазон, В	Разрешение, мВ	Погрешность
$\pm 25$	1	$\pm (0,005 \cdot U_{\text{изм.}} + 5,0$ мВ)
Функция смещения по постоянному току-воспроизведение		
Диапазон, В	Разрешение, мВ	Погрешность
$\pm 25$	1	$\pm (0,2 \cdot U_{\text{изм.}} + 5,0$ мВ)
Примечание - <sup>1)</sup> – F амплитуда выходного сигнала		

Расчет заявленной погрешности измеряемых величин емкости проводится при следующих условиях:

- температура  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- $D_x$  – измеряемая величина (тангенс угла потерь), определяемая из таблицы 7.

Таблица 7

Измеряемая величина	$D_x \leq 0,1$	$D_x > 0,1$
$ Z $ - модуль полного сопротивления	$\pm \delta (\%)$	
$\theta$ - фазовый угол	$\pm \delta / 100 [\text{рад}]$	
$C$ – емкость	$\pm \delta (\%)$	$\pm \delta \cdot \sqrt{1 + D_x^2} (\%)$
$D$ – тангенс угла потерь	$\pm \delta / 100$	$\pm \delta \cdot (1 + D_x) / 100$
$G$ – активная проводимость	$\pm \delta / D_x (\%)$	$\pm \delta \cdot \sqrt{1 + D_x^2} / D_x (\%)$

Основная относительная погрешность измерений параметров определяется по формуле:

$$\delta = E_P' + (Z_S' / |Z_X| + Y_0' \cdot |Z_X|) \cdot 100 [\%], \quad (1)$$

где  $E_P' = E_{PL} + E_{POSC} + E_P [\%]$ ;

$Z_S' = Z_{SL} + Z_{OSC} + Z_S [\text{Ом}]$ ;

$Y_0' = Y_{OL} + Y_{OSC} + Y_0 [\text{См}]$ ;

$|Z_X|$  - модуль полного сопротивления измеряемой величины  $[\text{Ом}]$ ;

$E_{PL}$ ,  $Y_{OL}$ ,  $Z_{SL}$  – коэффициент по таблице 9;

$E_{POSC}$ ,  $Z_{OSC}$  – коэффициент по таблице 8;

$E_P$ ,  $Z_S$ ,  $Y_{OSC}$ ,  $Y_0$  – коэффициент по таблице 10.

Таблица 8 – Коэффициенты для расчета погрешности измерений емкости

Уровень $U_{-1}$	$E_{POSC} [\%]$	$Z_{OSC} [\text{МОм}]$
$125 \text{ мВ} < U_{-1} \leq 250 \text{ мВ}$	$0,03 \cdot (250 / U_{-1} - 1)$	$5 \cdot (250 / U_{-1} - 1)$
$64 \text{ мВ} < U_{-1} \leq 125 \text{ мВ}$	$0,03 \cdot (125 / U_{-1} - 1)$	$5 \cdot (125 / U_{-1} - 1)$
$32 \text{ мВ} < U_{-1} \leq 64 \text{ мВ}$	$0,03 \cdot (64 / U_{-1} - 1)$	$5 \cdot (64 / U_{-1} - 1)$
$U_{-1} \leq 32 \text{ мВ}$	$0,03 \cdot (32 / U_{-1} - 1)$	$5 \cdot (32 / U_{-1} - 1)$

Примечание -  $U_{-1}$  – напряжение переменного тока на выходе блока В1520А в [мВ]

Таблица 9 – Коэффициенты для расчета погрешности измерений емкости

Длина кабеля <sup>1)</sup>	$E_{PL} [\%]$	$Y_{OL} [\text{нС}]$	$Z_{SL} [\text{МОм}]$
1,5 м	$0,02 + 3 \cdot f^{2) / 100}$	$750 \cdot f / 100$	5,0
3 м	$0,02 + 5 \cdot f / 100$	$1500 \cdot f / 100$	5,0

Примечания

<sup>1)</sup> – если измерительный кабель другой длины, выходы блока В1520А коротко замкнуты или в режиме холостого хода значения в данной таблице требуют корректировки;

<sup>2)</sup> –  $f$  – значение частоты в [МГц]

Таблица 10 – Коэффициенты для расчета погрешности измерений емкости

Частота	$Y_{osc}[нс]$	$Y_0[нс]$	$E_p[\%]$	$Z_s[МОм]$
$1 \text{ кГц} \leq f^{1)} \leq 200 \text{ кГц}$	$1 \cdot (125 / U_{\sim}^{2)} - 0,5)$	1,5	0,095	5,0
$200 \text{ кГц} \leq f \leq 1 \text{ МГц}$	$2 \cdot (125 / U_{\sim} - 0,5)$	3,0	0,095	5,0
$1 \text{ МГц} < f \leq 2 \text{ МГц}$	$2 \cdot (125 / U_{\sim} - 0,5)$	3,0	0,28	5,0
$2 \text{ МГц} < f$	$20 \cdot (125 / U_{\sim} - 0,5)$	30,0	0,28	5,0
Примечания <sup>1)</sup> – f - значение частоты в [Гц]; <sup>2)</sup> – $U_{\sim}$ - напряжение переменного тока в [мВ]				

Таблица 11 – Метрологические характеристики анализатора с модулем B1525A (HV – SPGU) (высоковольтный генератор импульсов)

<i>Амплитудные характеристики напряжения постоянного тока и импульса</i>		
Уровень выходного напряжения	50 Ом XX	от минус 20 В до плюс 20 В от минус 40 В до плюс 40 В
Погрешность установки выходного напряжения <sup>1)</sup>	XX	$\pm (0,005 \cdot U_{\text{вых.}} + 50 \text{ мВ})$
Разрешающая способность по амплитуде	50 Ом XX	0,2 мВ ( в диапазоне $\pm 10 \text{ В}$ ) 0,8 мВ ( в диапазоне $\pm 40 \text{ В}$ ) 0,4 мВ ( в диапазоне $\pm 10 \text{ В}$ ) 1,6 мВ ( в диапазоне $\pm 40 \text{ В}$ )
Сила тока короткого замыкания		800 мА импульсное (400 мА среднее <sup>2)</sup> )
Амплитуда выброса <sup>3)</sup>	50 Ом	$\pm (0,05 \cdot U_{\text{выброса}} + 20 \text{ мВ})$
Примечания <sup>1)</sup> – через 1 мкс после завершения переходного процесса; <sup>2)</sup> – эта величина определяется при следующих условиях: [(Количество установленных модулей B1525A) · 0,2 А] + [Потребление постоянного тока всех модулей (включая модуль B1525A)] < 3,0 А; <sup>3)</sup> – указанные условия действуют в определенный период времени		
<i>Временные характеристики<sup>1)</sup></i>		
Частотный диапазон	от 0,1 Гц до 33 МГц	
Период импульса	Устанавливаемый диапазон Разрешающая способность Минимальное значение Погрешность установки	от 30 нс до 10 с 10 нс 100 нс <sup>2)</sup> $\pm 1 \%$
Ширина импульса	Устанавливаемый диапазон Разрешающая способность Минимальное значение Погрешность установки	от 10 нс до (период -10 нс) 2,5 нс ( $T_{\text{фронта}}$ и $T_{\text{среза}} \leq 8 \text{ мкс}$ ) 10 нс ( $T_{\text{фронта}}$ или $T_{\text{среза}} > 8 \text{ мкс}$ ) 50 нс $\pm (0,03 \cdot T^4) + 2 \text{ нс}$



Время нарастания <sup>3)</sup> (Тфронта и Тсреза)	Устанавливаемый диапазон	от 8 нс до 400 мс
	Разрешающая способность	2 нс (Тфронта и Тсреза ≤ 8 мкс) 8 нс (Тфронта или Тсреза > 8 мкс)
	Минимальное значение	20 нс (Uампл ≤ 10 В) 30 нс (Uампл ≤ 20 В) 60 нс (Uампл > 20 В)
	Погрешность установки	± (0,05 · T <sup>5)</sup> + 10 нс (Uампл ≤ 10 В) ± (0,05 · T <sup>5)</sup> + 10 нс (Uампл ≤ 20 В)
Примечание <sup>1)</sup> – если не оговорено другое, то все характеристики даны для 50 Ом; <sup>2)</sup> – значение нормируется при Uампл ≤ 10 В; <sup>3)</sup> – время, при котором амплитуда импульса изменяется от 10 до 90 % от Uампл; <sup>4)</sup> – ширина импульса; <sup>5)</sup> – Тфронта или Тсреза		

Таблица 12 – Метрологические характеристики анализатора с модулем B1530A (WGFMU) (генератор произвольной формы)

<i>Характеристики источника напряжения постоянного тока</i>	
Уровень выходного напряжения (в режиме переменного тока и напряжения)	от минус 5 до плюс 5 В от минус 10 до 0 В от 0 до 10 В
Уровень выходного напряжения (в режиме генератора импульсов)	от минус 5 до плюс 5 В (XX) от минус 2,5 до плюс 2,5 В (50 Ом)
Погрешность установки выходного напряжения <sup>1)</sup>	± 0,1 % от установленного значения ± 0,1 % от диапазона <sup>1)</sup>
Разрешающая способность <sup>2)</sup>	96 мкВ (от минус 3 до плюс 3 В) 160 мкВ ( в других диапазонах исключая от минус 3 до плюс 3 В)
Амплитуда выброса	± (0,05 А + 20 мВ) <sup>3)</sup>
Тфронта (от 10 до 90 %) Тсреза (от 90 до 10 %)	погрешность: ± (0,05T + 10 нс) при заданных установках <sup>4)</sup> ; минимальное значение: 24 нс (импульсный режим, нагрузка 50 Ом)
Период импульса	Погрешность : ± 1% при заданных установках <sup>5)</sup> Минимальное значение: 100 нсек (импульсный режим, нагрузка 50 Ом)
<i>Характеристики измерителя напряжения постоянного тока</i>	
Погрешность измерений	± 0,1 % от установленного значения ± 0,1 % от диапазона <sup>6)</sup>
Разрешающая способность	680 мкВ (в диапазоне от минус 5 до плюс 5 В) 1,4 мкВ (в диапазоне от минус 10 до плюс 10 В)
<i>Характеристики измерителя напряжения постоянного тока</i>	
Погрешность измерений	± 0,1 % от установленного значения ± 0,2 % от диапазона <sup>6)</sup>

Разрешающая способность	0,014 % от диапазона
Примечания 1) – зависит от диапазона или режима работы. Напряжение постоянного тока - постоянно. Сопротивление нагрузки от 1 МОм (диапазон 1 мкА) или от 200 кОм (все другие диапазоны) для режима переменного тока и напряжения или от 1 МОм для импульсного режима; 2) – может изменяться более чем на 5 % в зависимости от результатов калибровки; 3) – импульсный режим, нагрузка 50 Ом, Тфронта и Тсреза свыше 16 нс с кабелем 1,5 м; свыше 32 нс с кабелем 3м; свыше 5 нс с кабелем 5 м; 4) – импульсный режим, нагрузка 50 Ом, Тфронта и Тсреза от 24 нс; 5) – импульсный режим, нагрузка 50 Ом, период импульса от 100 нс; 6) – зависит от диапазона или режима работы. Напряжение постоянного тока - постоянно. Условия применения : 10000 усредненных значений для предела измерений 10 мкА и выше; 100000 усредненных значений для предела измерений 1 мкА; XX – разрешение дисплея. Может изменяться более, чем на 5 % в зависимости от результатов калибровки	

Таблица 13 – Условия эксплуатации, габаритные размеры и масса

Наименование характеристики	Значение характеристики
Нормальные условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °C - относительная влажность воздуха окружающего воздуха, % - атмосферное давление, кПа	(20 ± 5) от 84 до 106 от 20 до 70
Рабочие условия эксплуатации: - температура окружающего воздуха, °C - относительная влажность окружающего воздуха, %, не более	от 5 до 40; 70
Габаритные размеры анализатора без модулей (ширина x высота x длина), мм, не более	420 x 330 x 575
Масса анализатора без модулей, кг, не более	20
Напряжение сети электропитания переменного тока, В	от 90 до 264
Частота сети электропитания переменного тока, Гц	от 47 до 63
Потребляемая мощность, В · А, не более	900

### Знак утверждения типа

наносится на титульный лист руководства по эксплуатации типографским способом и на заднюю панель корпуса анализатора в виде наклейки со стойким к истиранию покрытием.

### Комплектность средств измерений

Комплект поставки (стандартный) приведен в таблице 14.

Таблица 14

Наименование	Количество
Анализатор мощных устройств/характериограф B1505A	1
Модуль B1510A	1
Модуль B1511A	1
Модуль B1512A	1
Модуль B1513A	1
Модуль B1513B	1
Модуль B1514A	1

Модуль В1520А	1
Модуль В1525А	1
Модуль В1530А	1
ПО EasyEXPERT	1
Модуль переключения (опция N1258А)	1
Крепление – устройство для подключения мощных устройств (опция N1259А)	1
Тройник смещения высокого напряжения (опция N1260А)	1
Адаптер защиты (опция N1261А)	1
Набор сопротивлений (опция N1262А)	1
Коаксиальный тройник	1
Руководство по эксплуатации	1
Методика поверки	1
Паспорт	1

## Поверка

осуществляется в соответствии с документом МП-342/447-2012 «Анализаторы мощных устройств/характеристики В1505А с модулями В1510А, В1511А, В1512А, В1513А, В1513В, В1514А, В1520А, В1525А, В1530А. Методика поверки», утвержденным руководителем ГЦИ СИ ФБУ «РОСТЕСТ–МОСКВА» 29 июня 2012 г.

Основные средства поверки:

- мультиметр 3458А (рег. № 25900-03), пределы измерений напряжения постоянного тока 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В; пределы допускаемой основной погрешности измерений напряжения постоянного тока: для предела измерений 100 мВ  $\pm (2,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{и}} + 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{пп}})$ , где  $U_{\text{и}}$  – измеренное значение напряжения постоянного тока,  $U_{\text{пп}}$  – значение предела измерений напряжения постоянного тока; для предела измерений 1 В  $\pm (1,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{и}} + 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{пп}})$ ; для предела измерений 10 В  $\pm (0,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{и}} + 0,05 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{пп}})$ ; для предела измерений 100 В  $\pm (0,5 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{и}} + 0,05 \cdot 10^{-6} \cdot U_{\text{пп}})$ , пределы измерений силы постоянного тока 100 нА, 1 мкА, 10 мкА, 100 мкА; пределы допускаемой основной погрешности измерений силы постоянного тока: для 100 нА  $\pm (10 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{и}} + 400 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{пп}})$ , где  $I_{\text{и}}$  – измеренное значение силы постоянного тока,  $I_{\text{пп}}$  – значение предела измерений силы постоянного тока; для 1 мкА  $\pm (10 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{и}} + 40 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{пп}})$ ; для 10 мкА  $\pm (10 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{и}} + 7 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{пп}})$ ; для 100 мкА  $\pm (10 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{и}} + 6 \cdot 10^{-6} \cdot I_{\text{пп}})$ ;

- катушка электрического сопротивления Р310 (рег. № 1162-58), номинальные значения сопротивления 0,001 Ом, 0,01 Ом, кл.т. 0,01;

- делитель высокого напряжения постоянного тока ДНВ из комплекта вольтметра универсального цифрового В7-40 (рег. № 39075-08), напряжение постоянного тока до 30 кВ, коэффициент деления 1:1000 и 1:2000, погрешность установки коэффициента деления  $\pm 0,5 \%$  (1:1000) и  $\pm 0,6 \%$  (1:2000); входное сопротивление 500 МОм;

- меры емкости образцовые Р597 (рег. № 2684-70), кл. т. от 0,05 до 0,2;

- частотомер электронно-счетный 53132А (рег. № 26211-03), диапазон измерений от 0 до 225 МГц (ВЧ) и от 100 МГц до 12,4 ГГц (СВЧ), пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ ,  $\pm 4 \cdot 10^{-9}$  (опция 012);

- осциллограф цифровой 54820А (рег. № 54820А), 2 канала, рабочая частота до 500 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности коэффициента отклонения  $\pm 1,25 \%$ .

### **Сведения о методиках (методах) измерений**

Анализаторы мощных устройств/характериографы В1505А с модулями В1510А, В1511А, В1512А, В1513А, В1513В, В1514А, В1520А, В1525А, В1530А. Руководство по эксплуатации.

### **Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к анализаторам мощных устройств/характериографам В1505А с модулями В1510А, В1511А, В1512А, В1513А, В1513В, В1514А, В1520А, В1525А, В1530А**

1 ГОСТ 8.027-2001 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы.

2 ГОСТ 8.022-91 ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 30 А.

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

Техническая документация изготовителя.

### **Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений**

Выполнение работ по оценке соответствия промышленной продукции и продукции других видов, а также иных объектов установленным законодательством Российской Федерации обязательным требованиям.

### **Изготовитель**

Компания «Keysight Technologies Microwave Products (M) Sdn.Bhd.», Малайзия  
Bayan Lepas Free Industrial Zone  
PG 11900 Bayan Lepas  
Penang Malaysia

### **Испытательный центр**

Государственный центр испытаний средств измерений Федеральное бюджетное учреждение «РОСТЕСТ-МОСКВА» (ГЦИ СИ ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА»).

Юридический (почтовый) адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 31.

Тел. (499) 129-19-11, факс (499) 124-99-96

E-mail: [info@rostest.ru](mailto:info@rostest.ru)

Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФБУ «Ростест-Москва» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30010-10 от 15.03.2010 г.

Заместитель Руководителя  
Федерального агентства по техническому  
регулированию и метрологии

Ф.В. Булыгин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

М.п.