

СОГЛАСОВАНО

**Технический директор
ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»**


_____ **М. С. Казаков**



_____ **2022 г.**

Государственная система обеспечения единства измерений

Характериографы полупроводниковых приборов

ПРОГРЕСС-3000

Методика поверки

МП-НИЦЭ-105-22

г. Москва

2022 г.

Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ.....	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	5
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ.....	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	8
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ.....	16
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	16

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на характериографы полупроводниковых приборов ПРОГРЕСС-3000 (далее – характериографы), изготавливаемые Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-производственная компания «ПРОГРЕСС» (ООО «НПК «ПРОГРЕСС»), и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость характериографа к ГЭТ 13-01 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3457, к ГЭТ 4-91 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 года № 2091, к ГЭТ 181-2022 согласно государственной поверочной схеме, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2019 года № 3458.

1.3 Поверка характериографа должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

1.4 Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки, – прямой метод измерений, метод непосредственного сличения.

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

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Определение абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого полупроводникового прибора	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений напряжения на базе исследуемого ППП	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений обратного напряжения диода	Да	Да	10.3
Определение абсолютной погрешности измерений силы тока в цепи кол-	Да	Да	10.4

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
лектора исследуемого ППП			
Определение абсолютной погрешности измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП	Да	Да	10.5
Определение абсолютной погрешности воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю)	Да	Да	10.6
Определение абсолютной погрешности воспроизведений силы тока смещения базы	Да	Да	10.7
Определение абсолютной погрешности воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю)	Да	Да	10.8
Определение абсолютной погрешности воспроизведений напряжения смещения базы	Да	Да	10.9
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды плюс (20 ± 10) °С;
- относительная влажность от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию на поверяемые характеристики и средства поверки.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, соответствующие требованиям, изложенным в статье 41 Приказа Минэкономразвития России от 26.10.2020 года № 707 (ред. от 30.12.2020 года) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

5 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
Основные средства поверки		
р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 2091 в диапазоне силы постоянного электрического тока от 0 до 1 А	Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03.
	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 3457 в диапазоне напряжения постоянного тока от 0 до 500 В	
	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 2091 в диапазоне силы постоянного электрического тока от 20 до 50 А	Источник питания постоянного тока серии N5700, модификация N5765А, рег. № 57786-14.
	Рабочий эталон 3-го разряда и выше согласно Приказу № 3457 в диапазоне напряжения постоянного тока от 0 до 10 В	
	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 2091 в диапазоне силы постоянного электрического тока от 0 до 20 А	Калибратор универсальный 9100, рег. № 25985-03.
	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 3458 в диапазоне напряжения постоянного тока от 0 до 5 кВ	Делитель постоянного напряжения высоковольтный ДН-055, рег. № 10740-86.
	Рабочий эталон 2-го разряда и выше согласно Приказу № 2091 в диапазоне силы постоянного электрического тока от 0 до 5 А	Мультиметр цифровой Fluke 8846А, рег. № 36395-07.
Вспомогательные средства поверки		
р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Диапазон измерений температуры окружающей среды от +10 до +30 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 °С, диапазон измерений относительной влажности	Термогигрометр электронный «CENTER» модели 313, рег. № 22129-09

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	от 30 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 3 %	
р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Диапазон измерений атмосферного давления от 84 до 106 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 кПа	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1, рег. № 5738-76.
р. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Измерение электрического сопротивления постоянному току не менее 20 МОм (выходное напряжение постоянного тока 500 В), пределы допускаемой относительной погрешности измерений ± 15 %; Выходное напряжение переменного тока 1500 В частотой 50 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений выходного напряжения переменного тока ± 3 %	Установка для проверки параметров электрической безопасности GPT-79803, рег. № 50682-12
р. 9 Проверка программного обеспечения средства измерений р. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	-	Персональный компьютер IBM PC; наличие интерфейсов Ethernet и USB; дисковод для чтения CD-ROM; операционная система Windows с установленным программным обеспечением

Допускается применение средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений, установленную Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3457, Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.10.2018 г. № 2091, Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3458.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные ГОСТ 12.3.019-80, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей». Также должны быть соблюдены требования безопасности, изложенные в эксплуатационных документах на поверяемые характеристики и применяемые средства поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Характериограф допускается к дальнейшей поверке, если:

- внешний вид характериографа соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- соблюдаются требования по защите характериографа от несанкционированного вмешательства согласно описанию типа;
- отсутствуют видимые дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки.

Примечание – При выявлении дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, устанавливается возможность их устранения до проведения поверки. При наличии возможности устранения дефектов, выявленные дефекты устраняются, и характериограф допускается к дальнейшей поверке. При отсутствии возможности устранения дефектов, характериограф к дальнейшей поверке не допускается.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- изучить эксплуатационную документацию на поверяемый характериограф и на применяемые средства поверки;
- выдержать характериограф в условиях окружающей среды, указанных в п. 3.1, не менее 2 ч, если он находился в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 3.1, и подготовить его к работе в соответствии с его эксплуатационной документацией;
- подготовить к работе средства поверки в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации;
- провести контроль условий поверки на соответствие требованиям, указанным в разделе 3, с помощью оборудования, указанного в таблице 2.

8.2 Опробование характериографа

При опробовании необходимо включить характериограф в соответствии с эксплуатационной документацией (далее – ЭД), проверить работоспособность дисплея, функциональных клавиш и поворотных ручек, режимы, отображаемые на дисплее.

Проверка электрического сопротивления изоляции

Проверку электрического сопротивления изоляции проводить на установке для проверки параметров электрической безопасности GPT-79803 испытательным напряжением постоянного тока 500 В между корпусом и входными электрическими цепями сетевого питания.

Проверка электрической прочности изоляции

Проверку электрической прочности изоляции проводить на установке для проверки параметров электрической безопасности GPT-79803 действующим значением испытательного напряжения 1500 В синусоидальной формы частотой 50 Гц в течение 1 минуты между корпусом и входными электрическими цепями сетевого питания.

Характериограф допускается к дальнейшей поверке, если при опробовании работоспособность дисплея, функциональных клавиш и поворотных ручек соответствует их функциональному назначению, режимы, отображаемые на дисплее, соответствуют ЭД, при проверке электрического сопротивления изоляции измеренное значение электрического сопротивления изоляции не менее 20 МОм, во время проверки электрической прочности изоляции не произошло пробоя или поверхностного перекрытия изоляции.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Подтверждение соответствия программного обеспечения (далее – ПО) проводить путем включения характериографа и считывания на персональном компьютере (далее – ПК)

в специальной программе «WQ48XX Digital storage transistor curve tracer» номера версии и идентификационного наименования ПО.

Характериограф допускается к дальнейшей поверке, если программное обеспечение соответствует требованиям, указанным в описании типа.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого полупроводникового прибора

Определение абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого полупроводникового прибора (далее – ППП) проводят с помощью мультиметра 3458А (далее – мультиметр) в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке 1, в соответствии с ЭД;

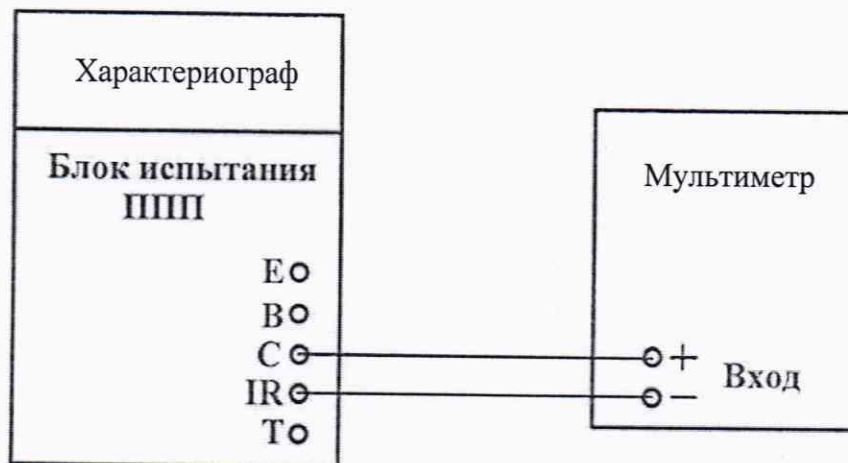


Рисунок 1 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого полупроводникового прибора

- 2) подготовить к работе и включить мультиметр,веряемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;

- 3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Scanning power»:	10 V;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Limit R Ω»:	10 Ω;
«Gate resistor»:	0 Ω;
«Y»:	I _R 1,0 μA/div;
«shift Y0 =»:	+ 0,600 μA;
«X»:	V _{CE} 10 mV/div;
«shift X0 =»:	0,000 mV;
«Step»:	нет необходимости

- 4) установить мультиметр в режим измерений напряжения постоянного тока;

- 5) с помощью регулятора напряжения «Scan power %» установить напряжение коллектора, вывести центр точки (пятна) развертки на 9 вертикаль масштабной сетки;

- 6) регулятором смещения по горизонтали «Horizontal shift» установить X курсор в центр точки (пятна) развертки;

- 7) сравнить показания измеренных значений напряжения X курсора и мультиметра;

8) по показаниям мультиметра зафиксировать значение напряжения коллектора для положения 10 mV/div переключателя «Voltage/div»;

9) аналогичным образом провести измерения напряжений для положений переключателя 20, 50, 100, 200, 500 mV/div и 1, 2, 5, 10, 20, 50 V/div;

10) рассчитать значение абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого ППП по формуле (1).

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений напряжения на базе исследуемого ППП

Определение абсолютной погрешности измерений напряжения на базе исследуемого ППП проводят с помощью источника питания постоянного тока серии N5700, модификации N5765A (далее – источник) в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке 2, в соответствии с ЭД;

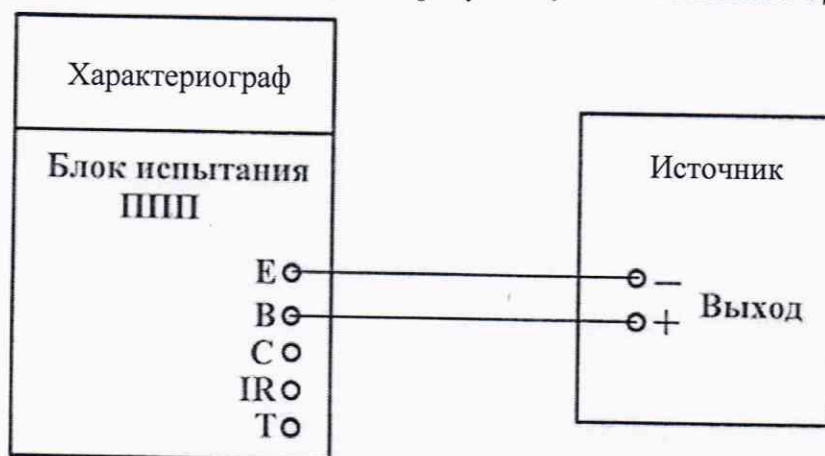


Рисунок 2 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений напряжения на базе исследуемого ППП

2) подготовить к работе и включить источник, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;

3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Scanning power»:	10 V;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Limit R Ω»:	10 Ω;
«Gate resistor»:	0 Ω;
«Y»:	I _C 1,0 A/div;
«shift Y0 =»:	+ 0,600 A;
«X»:	V _{BE} 50 mV/div;
«shift X0 =»:	0,000 mV;
«Step»:	нет необходимости;

4) установить на источнике напряжение постоянного тока 0,450 В;

5) регулятором смещения по горизонтали «Horisontal shift» установить X курсор (в режиме «Run») в центр точки, высвеченной на экране;

Примечание – если точка развертки растянута в линию по горизонтали, то X курсор следует устанавливать в правый конец линии (точки).

6) убедиться, что измеренное значение напряжения X курсора соответствует установленному значению напряжения источника;

7) по показаниям X курсора зафиксировать значения напряжения базы для положения 50 mV/div переключателя «Voltage/div»;

8) аналогичным образом провести измерения напряжения для остальных положений переключателя: 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 V/div и соответствующим им установленным напряжениям 0,900, 1,800, 4,500, 9,000 V;

9) рассчитать значение абсолютной погрешности измерений напряжения на базе исследуемого ППП по формуле (1).

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений обратного напряжения диода

Определение абсолютной погрешности измерений обратного напряжения диода проводят с помощью мультиметра и делителя постоянного напряжения высоковольтного ДН-055 (далее – делитель) в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке 3, в соответствии с ЭД;
- 2) гнезда высоковольтных разъемов поверяемого характериографа соединить при помощи делителя с соответствующим разъемом мультиметра;



Рисунок 3 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений обратного напряжения диода

3) подготовить к работе и включить мультиметр, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;

4) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Scanning power»:	5 kV;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Limit R Ω»:	10 Ω;
«Gate resistor»:	0 Ω;
«Y»:	I _c 1,0 mA/div;
«shift Y0 =»:	+ 0,600 mA;
«X»:	V _D 100 V/div;
«shift X0 =»:	0,000 V;
«Step»:	нет необходимости

4) установить мультиметр в режим измерения напряжения постоянного тока;

5) с помощью регулятора напряжения «Scan power %» установить обратное напряжение диода, вывести конец линии развертки на 9 вертикаль масштабной сетки (одновременно нажать красную кнопку «0-5 kV»);

6) регулятором смещения по горизонтали «Horisontal shift» установить X курсор в конец линии;

7) убедиться, что измеренное значение напряжения X курсора соответствует измеренному значению напряжения мультиметра;

- 8) по показаниям мультиметра зафиксировать значение напряжения постоянного тока для положения 100 V/div переключателя «Voltage/div»;
- 9) рассчитать значение обратного напряжения диода по формуле (2);
- 10) аналогичным образом провести остальные измерения напряжения для положений: 200 и 500 V/div;
- 11) рассчитать значение абсолютной погрешности измерений обратного напряжения диода по формуле (1).

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений силы тока в цепи коллектора исследуемого ППП

Определение абсолютной погрешности измерений силы тока в цепи коллектора исследуемого ППП проводят с помощью калибратора универсального 9100 (далее – калибратор) или источника (в зависимости от значения испытательного сигнала) в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке 4, в соответствии с ЭД;

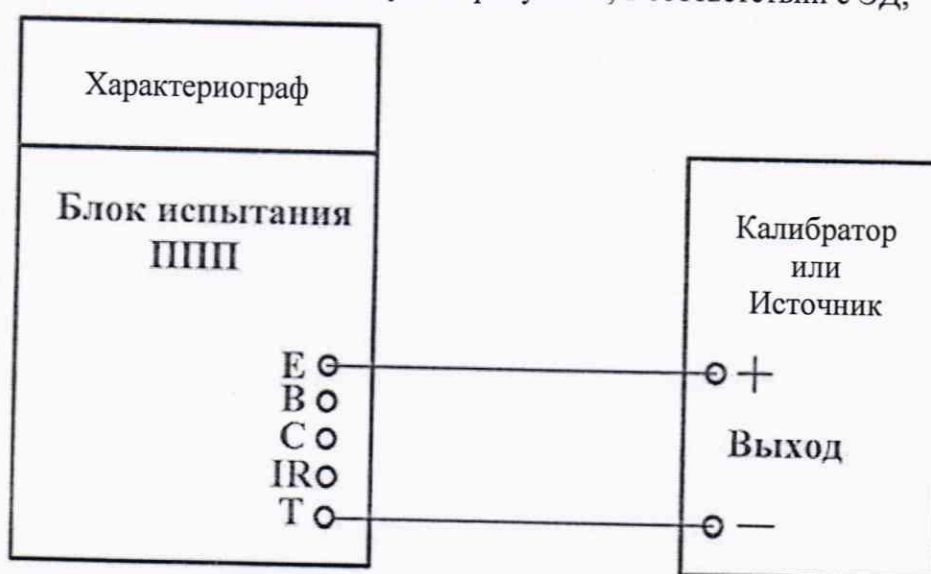


Рисунок 4 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности силы тока в цепи коллектора исследуемого ППП

- 2) подготовить к работе и включить калибратор или источник, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;
- 3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Scanning power»:	10 V;
«Scan power %»:	0 %;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Limit R Ω»:	10 Ω;
«Gate resistor»:	0 Ω;
«Y»:	I_C 20 μ A/div;
«shift Y0 =»:	+ 0,000 μ A;
«X»:	V_{CE} 50 V/div;
«shift X0 =»:	+60,000 V;
«Step»:	нет необходимости
- 4) установить на калибраторе силу постоянного тока 20,000 мкА;
- 5) с помощью регулятора смещения по вертикали «Vertical shift» установить Y курсор (в режиме «Stop») в центр точки, высвеченной на экране;

Примечание – при измерении малых значений токов тока развертки может быть растянута в линию по вертикали, измерять ток следует в верхнем конце линии (точки) развертки.

6) убедиться, что измеренное значение тока Y курсора соответствует установленному значению тока калибратора;

7) по показаниям Y курсора зафиксировать значения постоянного тока коллектора для положения $20 \mu\text{A/div}$ переключателя «Current/div»;

8) аналогичным образом провести остальные измерения токов для положений переключателя с помощью калибратора или источника (в зависимости от значения испытательного сигнала): $50 \mu\text{A/div}$, $0,1$, $0,2$, $0,5$, $1,0$, $2,0$, $5,0$, 10 , 20 , 50 mA/div , $0,1$, $0,2$, $0,5$, $1,0$, $2,0$, $5,0 \text{ A/div}$;

9) рассчитать значение абсолютной погрешности измерений силы тока в цепи коллектора исследуемого ППП (1).

10.5 Определение абсолютной погрешности измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП

Определение абсолютной погрешности измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП проводят с помощью мультиметра в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке 5, в соответствии с ЭД;

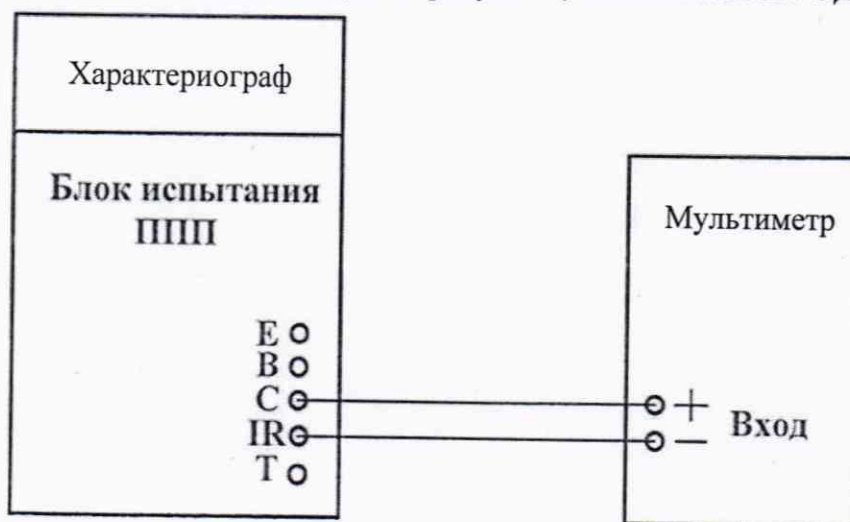


Рисунок 5 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП

2) подготовить к работе и включить мультиметр, поверяемый характериографом, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;

3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Scanning power»:	10 V ;
«Scan power %»:	0% ;
«Power polarity»:	NPN (+);
«Test mode»:	Repeat;
«Limit R Ω »:	10Ω ;
«Gate resistor»:	0Ω ;
«Y»:	$I_R 1,0 \mu\text{A/div}$;
«shift Y0 =»:	$0,000 \mu\text{A}$;
«X»:	$V_{CE} 1 \text{ V/div}$;
«shift X0 =»:	$+0,600 \text{ V}$;
«Step»:	нет необходимости

4) установить на мультиметре режим измерения силы постоянного тока;

5) с помощью регулятора напряжения «Scan power %» установить ток, вывести точку развертки на 9 горизонталь масштабной сетки;

6) с помощью регулятора смещения по вертикали «Vertical shift» установить Y курсор в центр точки развертки, высвеченной на экране;

Примечание – если точка развертки растянута в линию по вертикали, то Y курсор следует устанавливать в верхний конец линии (точки).

7) убедиться, что измеренное значение тока Y курсора соответствует значению потребляемого тока мультиметра;

8) по показаниям мультиметра зафиксировать значение потребляемого тока для положения $1,0 \mu\text{A}/\text{div}$ переключателя «Current/div»;

9) аналогичным образом провести остальные измерения тока для положений переключателя: 0,5, 0,2, 0,1, 0,05, 0,02 $\mu\text{A}/\text{div}$;

10) рассчитать значение абсолютной погрешности измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП по формуле (1).

10.6 Определение абсолютной погрешности воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю)

Определение абсолютной погрешности воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю) проводят с помощью мультиметра цифрового Fluke 8846A (далее – Fluke 8846A) в следующей последовательности:

1) собрать схему, представленную на рисунке 6, в соответствии с ЭД;

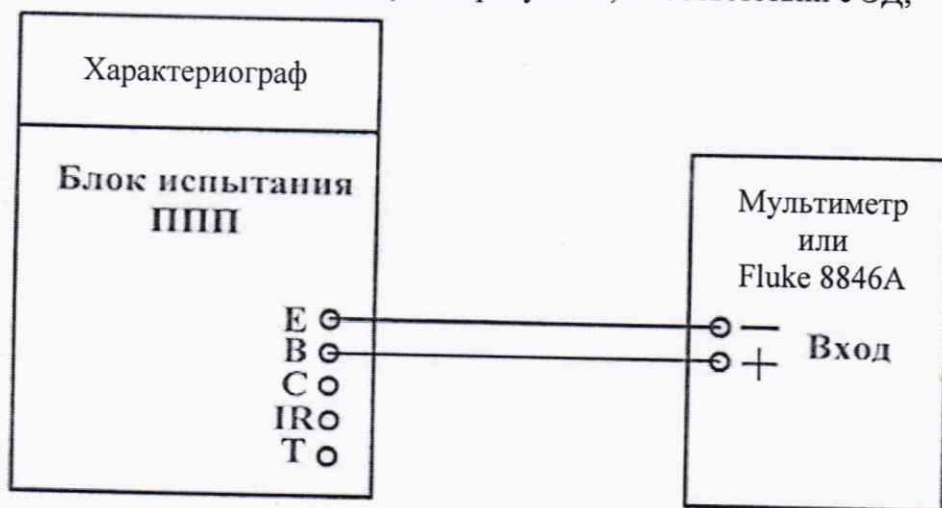


Рисунок 6 – Схема подключения для определения абсолютной погрешности воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю), абсолютной погрешности воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю), абсолютной погрешности воспроизведений силы тока смещения базы, абсолютной погрешности воспроизведений напряжения смещения базы

2) подготовить к работе и включить Fluke 8846A, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;

3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Step»:	0,2 $\mu\text{A}/\text{Step}$;
«Offset»:	$Z0 = 0,000 \mu\text{A}$;
«Step Mode»:	Current on;
«Step Polarity»:	NPN (+);
«Step number»:	10 Steps

- 4) установить на Fluke 8846A режим измерения силы постоянного тока;
- 5) войти в режим калибровки характериографа, нажать кнопку «Calibrate», ввести пароль «1, 2, 3» и снова нажать кнопку «Calibrate»;
- 6) убедиться, что размах ступенчатого тока соответствует измеренному значению силы тока мультиметра;
- 7) по показаниям Fluke 8846A зафиксировать измеренное значение силы тока для положения 0,2 $\mu\text{A}/\text{Step}$ переключателя «Current/level»;
- 8) перевести переключатель «Current/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения размаха ступенчатого тока при следующих положениях переключателя: 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20 $\mu\text{A}/\text{Step}$, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20, 50 mA/Step , 0,1 A/Step , 0,2 A/Step , 0,5 A/Step ;
- 9) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения размаха ступенчатого тока при отрицательной полярности;
- 10) рассчитать значение абсолютной погрешности воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю) по формуле (1).

10.7 Определение абсолютной погрешности воспроизведений силы тока смещения базы

Определение абсолютной погрешности воспроизведений силы тока смещения базы проводят с помощью мультиметра в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке 6, в соответствии с ЭД;
- 2) подготовить к работе и включить мультиметр, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;
- 3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Step»:	0,2 $\mu\text{A}/\text{Step}$;
«Offset»:	$Z0 = + 0,200 \mu\text{A}$;
«Step Mode»:	Current on;
«Step Polarity»:	NPN (+);
«Step number»:	0 Steps
- 4) установить на мультиметре режим измерения постоянного тока;
- 5) убедиться, что показание тока смещения «Offset» соответствует измеренному значению тока мультиметра;
- 6) по показаниям мультиметра зафиксировать измеренное значение тока для положения 0,2 $\mu\text{A}/\text{Step}$ переключателя «Current/level» и заданного «Offset» 0,200 $\mu\text{A}/\text{Step}$;
- 7) перевести переключатель «Current/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения размаха ступенчатого тока при следующих положениях переключателя: 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20 $\mu\text{A}/\text{Step}$, 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10, 20, 50 mA/Step и 0,1, 0,2, 0,5 A/Step ;
- 8) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения размаха ступенчатого тока при отрицательной полярности;
- 9) рассчитать значение абсолютной погрешности воспроизведений силы тока смещения базы по формуле (1).

10.8 Определение абсолютной погрешности воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю)

Определение абсолютной погрешности воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю) проводят с помощью мультиметра в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке 6, в соответствии с ЭД;
- 2) подготовить к работе и включить мультиметр, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;
- 3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Step»:	10 mV/Step;
«Offset»:	Z0 = 0,000 mV;
«Step Mode»:	Voltage on;
«Step Polarity»:	NPN (+);
«Step number»:	10 Steps
- 4) установить на мультиметре режим измерения напряжения постоянного тока;
- 5) войти в режим калибровки характериографа, нажать кнопку «Calibrate», ввести пароль «1, 2, 3» и снова нажать кнопку «Calibrate»;
- 6) убедиться, что размах ступенчатого напряжения соответствует измеренному значению напряжения мультиметра;
- 7) по показаниям мультиметра зафиксировать измеренное значение напряжения для положения 10 mV/Step переключателя «Voltage/level»;
- 8) перевести переключатель «Voltage/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения размаха ступенчатого напряжения при следующих положениях переключателя: 10, 20, 50 mV/Step и 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 V/Step;
- 9) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения размаха ступенчатого напряжения при отрицательной полярности;
- 10) рассчитать значение абсолютной погрешности воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю) по формуле (1).

10.9 Определение абсолютной погрешности воспроизведений напряжения смещения базы

Определение абсолютной погрешности воспроизведений напряжения смещения базы проводят с помощью мультиметра в следующей последовательности:

- 1) собрать схему, представленную на рисунке 6, в соответствии с ЭД;
- 2) подготовить к работе и включить мультиметр, поверяемый характериограф, а также вспомогательные средства измерений и оборудование (согласно разделу 5 настоящей методики поверки) согласно их ЭД;
- 3) с помощью органов управления характериографа задать следующие режимы:

«Step»:	10 mV/Step;
«Offset»:	Z0 = + 10,000 mV;
«Step Mode»:	Voltage on;
«Step Polarity»:	NPN (+);
«Step number»:	0 Steps
- 4) установить на мультиметре режим измерения напряжения постоянного тока;
- 5) убедиться, что показание смещения «Offset» соответствует измеренному значению тока напряжения;
- 6) по показаниям мультиметра зафиксировать измеренное значение напряжения для положения 10 mV/Step переключателя «Voltage/level» и заданного смещения 10,000 mV;
- 7) перевести переключатель «Voltage/level» по часовой стрелке в следующее положение, провести остальные измерения размаха ступенчатого тока при следующих положениях переключателя: 20, 50 mV/Step и 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 V/Step;
- 8) с помощью кнопки «Step Polarity» установить отрицательную полярность «PNP (-)», аналогичным образом провести измерения размаха ступенчатого тока при отрицательной полярности;

9) рассчитать значение абсолютной погрешности воспроизведений напряжения смещения базы по формуле (1).

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Рассчитать абсолютную погрешность измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого ППП, измерений напряжения на базе исследуемого ППП, измерений обратного напряжения диода, измерений силы тока коллектора исследуемого ППП, измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП, воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю), воспроизведений силы тока смещения базы, воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю), воспроизведений напряжения смещения базы по формуле:

$$\Delta = A_{\text{изм}} - A_{\text{эт}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{изм}}$ – показания характериографа;

$A_{\text{эт}}$ – показания эталона.

11.2 Рассчитать значение обратного напряжения диода по формуле:

$$U_{\text{обр расч}} = 3,14 \cdot U_{\text{изм}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{изм}}$ – значение напряжения постоянного тока, измеренное мультиметром.

Характериограф подтверждает соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, если полученные значения абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого ППП, измерений напряжения на базе исследуемого ППП, измерений обратного напряжения диода, измерений силы тока коллектора исследуемого ППП, измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП, воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю), воспроизведений силы тока смещения базы, воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю), воспроизведений напряжения смещения базы не превышают пределов, указанных в таблице А.1 Приложения А.

При невыполнении любого из вышеперечисленных условий (когда характериограф не подтверждает соответствие метрологическим требованиям), поверку характериографа прекращают, результаты поверки признают отрицательными.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Результаты поверки характериографа подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

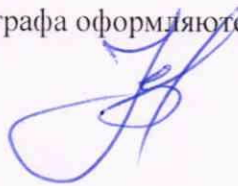
12.2 В целях предотвращения доступа к узлам настройки (регулировки) характериографов в местах пломбирования от несанкционированного доступа, указанных в описании типа, по завершении поверки устанавливают пломбы, содержащие изображение знака поверки.

12.3 По заявлению владельца характериографа или лица, представившего его на поверку, положительные результаты поверки (когда характериограф подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют свидетельством о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) внесением в паспорт характериографа записи о проведенной поверке, заверяемой подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

12.4 По заявлению владельца характериографа или лица, представившего его на поверку, отрицательные результаты поверки (когда характериограф не подтверждает соответствие метрологическим требованиям) оформляют извещением о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством.

12.5 Протоколы поверки характериографа оформляются по произвольной форме.

Ведущий инженер ООО «НИЦ «ЭНЕРГО»



В. Н. Никитин

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные метрологические характеристики характериографов

Таблица А.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого ППП, В	от 0 до 500
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения на коллекторе (или аналогичном ему электроде) исследуемого ППП, В – при $K_{откл.гор}$ от 0,01 до 0,10 В/дел; – при $K_{откл.гор}$ от 0,2 до 5,0 В/дел; – при $K_{откл.гор}$ от 10 до 50 В/дел	$\pm(0,04 \cdot KЗПИ U_{КЭ} + 0,01 \cdot U_{КЭ\text{ изм}} + 0,001)$ $\pm(0,03 \cdot KЗПИ U_{КЭ} + 0,01 \cdot U_{КЭ\text{ изм}} + 0,001)$ $\pm(0,03 \cdot KЗПИ U_{КЭ} + 0,01 \cdot U_{КЭ\text{ изм}} + 0,01)$
Диапазон измерений напряжения на базе исследуемого ППП, В	от 0 до 10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения на базе исследуемого ППП, В	$\pm(0,03 \cdot KЗПИ U_{БЭ} + 0,01 \cdot U_{БЭ\text{ изм}} + 0,001)$
Диапазон измерений обратного напряжения диода, кВ	от 0 до 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений обратного напряжения диода, В	$\pm(0,05 \cdot KЗПИ U_{обр} + 0,01 \cdot U_{обр\text{ изм}} + 0,1)$
Диапазон измерений силы тока в цепи коллектора исследуемого ППП, А	от 0 до 50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы тока в цепи коллектора исследуемого ППП, А – при $K_{откл.верт}$ от 0,02 до 0,05 мА/дел; – при $K_{откл.верт}$ от 0,1 до 5,0 мА/дел; – при $K_{откл.верт}$ от 0,01 до 1,00 А/дел; – при $K_{откл.верт}$ от 2 до 5 А/дел	$\pm(0,04 \cdot KЗПИ I_K + 0,01 \cdot I_{K\text{ изм}} + 1 \cdot 10^{-6})$ $\pm(0,03 \cdot KЗПИ I_K + 0,01 \cdot I_{K\text{ изм}} + 1 \cdot 10^{-6})$ $\pm(0,03 \cdot KЗПИ I_K + 0,01 \cdot I_{K\text{ изм}} + 1 \cdot 10^{-3})$ $\pm(0,04 \cdot KЗПИ I_K + 0,01 \cdot I_{K\text{ изм}} + 1 \cdot 10^{-3})$
Диапазон измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП, мкА	от 0 до 10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы начального и обратного тока исследуемого ППП, мкА – при $K_{откл.верт}$ от 0,02 до 0,10 мкА/дел; – при $K_{откл.верт}$ от 0,2 до 1,0 мкА/дел	$\pm(0,1 \cdot KЗПИ I_{обр} + 0,01 \cdot I_{обр\text{ изм}} + 0,001)$ $\pm(0,05 \cdot KЗПИ I_{обр} + 0,01 \cdot I_{обр\text{ изм}} + 0,001)$
Диапазон воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы, А	от 0 до 5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений силы размаха ступенчато изменяющегося тока базы (при силе тока смещения базы, равном нулю), А – при $I_{б\text{ макс}}$ от 0,2 до 10,0 мкА/дел; – при $I_{б\text{ макс}}$ от 20 до 50 мкА/дел; – при $I_{б\text{ макс}}$ от 0,1 до 50,0 мА/дел; – при $I_{б\text{ макс}}$ от 0,1 до 0,5 А/дел	$\pm(0,04 \cdot KЗП I_{б\text{ ступ}} + 0,01 \cdot I_{б\text{ ступ}} + 1 \cdot 10^{-9})$ $\pm(0,03 \cdot KЗП I_{б\text{ ступ}} + 0,01 \cdot I_{б\text{ ступ}} + 1 \cdot 10^{-9})$ $\pm(0,03 \cdot KЗП I_{б\text{ ступ}} + 0,01 \cdot I_{б\text{ ступ}} + 1 \cdot 10^{-6})$ $\pm(0,03 \cdot KЗП I_{б\text{ ступ}} + 0,01 \cdot I_{б\text{ ступ}} + 1 \cdot 10^{-3})$
Диапазон воспроизведений силы тока смеще-	от 0 до 0,5

Наименование характеристики	Значение
ния базы, А	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений силы тока смещения базы, А – при $I_{б \text{ макс}}$ от 0,2 до 50,0 мкА/дел; – при $I_{б \text{ макс}}$ от 0,1 до 50 мА/дел; – при $I_{б \text{ макс}}$ от 0,1 до 0,5 А/дел	$\pm(0,04 \cdot KЗП I_6 + 0,01 \cdot I_6 + 1 \cdot 10^{-9})$ $\pm(0,04 \cdot KЗП I_6 + 0,01 \cdot I_6 + 1 \cdot 10^{-6})$ $\pm(0,04 \cdot KЗП I_6 + 0,01 \cdot I_6 + 1 \cdot 10^{-3})$
Диапазон воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе, В	от 0 до 10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений размаха ступенчато изменяющегося напряжения на базе (при напряжении смещения базы, равном нулю), В – при $U_{БЭ \text{ макс}}$ от 10 до 50 мВ/дел; – при $U_{БЭ \text{ макс}}$ от 0,1 до 1,0 В/дел	$\pm(0,03 \cdot KЗП U_{БЭ \text{ ступ}} + 0,01 \cdot U_{БЭ \text{ ступ}} + 1 \cdot 10^{-6})$ $\pm(0,03 \cdot KЗП U_{БЭ \text{ ступ}} + 0,01 \cdot U_{БЭ \text{ ступ}} + 1 \cdot 10^{-3})$
Диапазон воспроизведений напряжения смещения базы, В	от 0 до 1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведений напряжения смещения базы, В – при $U_{БЭ \text{ макс}}$ от 10 до 50 мВ/дел; – при $U_{БЭ \text{ макс}}$ от 0,1 до 1,0 В/дел	$\pm(0,04 \cdot KЗП U_{БЭ} + 0,01 \cdot U_{БЭ} + 1 \cdot 10^{-6})$ $\pm(0,04 \cdot KЗП U_{БЭ} + 0,01 \cdot U_{БЭ} + 1 \cdot 10^{-3})$
Примечания: 1. $K_{откл.верт}$ – коэффициент отклонения усилителя индикации по вертикали. 2. $K_{откл.гор}$ – коэффициент отклонения усилителя индикации по горизонтали. 3. $I_{б \text{ макс}}$ – амплитуда ступени тока базы. 4. $U_{БЭ \text{ макс}}$ – амплитуда ступени напряжения на базе. 5. $KЗПИ U_{кэ}$ – конечное значение установленного предела измерения напряжения на коллекторе, определяемое как произведение значения коэффициента отклонения усилителя индикации по горизонтали на количество делений шкалы. 6. $U_{кэ \text{ изм}}$ – измеренное значение напряжения на коллекторе. 7. $KЗПИ U_{Бэ}$ – конечное значение установленного предела измерения напряжения на базе, определяемое как произведение значения коэффициента отклонения усилителя индикации по горизонтали на количество делений шкалы. 8. $U_{Бэ \text{ изм}}$ – измеренное значение напряжения на базе. 9. $KЗПИ U_{обр}$ – конечное значение установленного предела измерения обратного напряжения диода, определяемое как произведение значения коэффициента отклонения усилителя индикации по горизонтали на количество делений шкалы. 10. $U_{обр \text{ изм}}$ – измеренное значение обратного напряжения диода. 11. $KЗПИ I_{к}$ – конечное значение установленного предела измерения тока коллектора, определяемое как произведение значения коэффициента отклонения усилителя индикации по вертикали на количество делений шкалы. 12. $I_{к \text{ изм}}$ – измеренное значение тока коллектора. 13. $KЗПИ I_{обр}$ – конечное значение установленного предела измерения начального и обратного тока, определяемое как произведение значения коэффициента отклонения усилителя индикации по вертикали на количество делений шкалы. 14. $I_{обр \text{ изм}}$ – измеренное значение начального (обратного) тока. 15. $KЗП I_{б \text{ ступ}}$ – конечное значение установленного предела ступенчато-изменяющегося тока базы (тока 10-й ступени). 16. $I_{б \text{ ступ}}$ – размах ступенчато-изменяющегося тока базы. 17. $KЗП I_{б}$ – конечное значение установленного предела тока смещения базы.	

Наименование характеристики	Значение
18. I_b – ток смещения базы.	
19. КЗП $U_{БЭ \text{ ступ}}$ – конечное значение установленного предела ступенчато-изменяющегося напряжения на базе (напряжения 10-й ступени).	
20. $U_{БЭ \text{ ступ}}$ – размах ступенчато-изменяющегося напряжения на базе.	
21. КЗП $U_{БЭ}$ – конечное значение установленного предела напряжения смещения базы.	
22. $U_{БЭ}$ – напряжение смещения базы.	