ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СТАНДАРТОВ
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ
И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ (ВНИИФТРИ)

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ Л2-22 h-ПАРАМЕТРОВ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

МИ 94—76

ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва — 1977

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНА Всесоюзным ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским институтом физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ)

Директор В. К. Коробов
Руководитель темы Н. М. Крынин
Исполнитель А. С. Адлер

ПОДГОТОВЛЕНА К УТВЕРЖДЕНИЮ Сектором государственных испытаний и стандартизации ВНИИФТРИ

Руководитель сектора И. И. Турунцова
Исполнитель И. Ш. Тенфон

УТВЕРЖДЕНА Научно-техническим советом ВНИИФТРИ 18 июля 1973 г. (Протокол № 9)

УДК 621.317.799 : 621.382.43

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ Л2–22 h-ПАРАМЕТРОВ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ МИ 94–76

Настоящая методика распространяется на измерители Л2-22 h-параметров маломощных транзисторов и устанавливает методы и средства их поверки.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1. При проведении поверки должны выполняться следующие операции:

внешний осмотр (п. 4.1);

опробование (п. 4.2);

определение метрологических параметров (п. 4.3):

погрешности измерения h-параметров и параметра (1—α) в схеме с общей базой (п. 4.3.1);

погрешности измерения параметров $h_{11б}$ и (1—α) в схеме с общей базой при токах эмиттера менее 0,1 мА (п. 4.3.2);

погрешности измерения h-параметров в схеме с общим эмиттером (п. 4.3.3);

погрешности измерения параметра $h_{11э}$ в схеме с общим эмиттером при токах эмиттера менее 0,1 мА (п. 4.3.4);

погрешности установки сопротивления в цепи базы (п. 4.3.5);

погрешности измерения обратных токов $I_{кб}$ и $I_{эб}$ и начального тока коллектора $I_{кн}$ (п. 4.3.6);

погрешности установки напряжения на коллекторе (п. 4.3.7);

погрешности установки тока эмиттера (п. 4.3.8);

частоты генератора (п. 4.3.9);

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При поверке следует применять средства, указанные в табл. 1.

©Издательство стандартов, 1977

Таблица 1

Средство поверки	Нормативно-техническая характеристика
Частотомер цифровой типа Ч3-22	Диапазон частот 10 Гц—12 МГц
Милливольтмиллиамперметр М1109	Измеряемый ток 0,15—60 мА; измеряемое напряжение 15—3000 мВ; класс точности 0,2
Вольтомметр цифровой типа ВК7-10А/1	Измеряемое напряжение 10—1000 В; допускаемая погрешность ±0,2% Измеряемое сопротивление 1 кОм — 10 МОм; допускаемая погрешность ±0,3%
Микроамперметр типа М1201	Измеряемый ток 0,3—750 мкА; класс точности 0,5
Магазин сопротивлений Р58	Сопротивление 0,1—111111 Ом; класс точности 0,1
Набор образцовых резисторов согласно табл. 2—10 настоящей методики	Резисторы подобраны с погрешностью ±0,5%.

2.2. Разрешается применять другие аналогичные образцовые приборы с погрешностью измерения по крайней мере в 3 раза меньшей, чем погрешность измерения проверяемого параметра прибора Л2-22.

3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОДГОТОВКА К НЕЙ

3.1. При проведении поверки прибора Л2-22 должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды 293±5 К (20±5°С);

атмосферное давление 100000±4000 Н/м^2 (750±30 мм рт. ст.);

относительная влажность воздуха 65±15%;

напряжение питания сети переменного тока частотой 50 Гц ± ±1% и содержанием гармоник до 5% должно быть 220 В±2%.

Примечание. Допускается проводить поверку в условиях лаборатории, отличающихся от указанных выше, в том случае, если они не выходят за пределы рабочих условий, установленных для поверяемого прибора и контрольно-измерительной аппаратуры, применяемой при поверке.

3.2. Представленные на поверку приборы должны быть полностью укомплектованы (кроме ЗИП).

3.3. Предварительный прогрев поверяемого прибора и образцовых средств поверки проводят при номинальном напряжении питания в течение времени, указанного в технической документации.

3.4. При работе с поверяемыми и образцовыми приборами и вспомогательными средствами поверки необходимо соблюдать требования, указанные в технической документации на эти средства.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют:

наличие видимых механических повреждений;

возможность установки на нуль электроизмерительного прибора с помощью механического нуль-корректора при выключенном питании;

легкость перемещения ручек настройки и возможность управления прибором в заданных пределах;

четкость фиксации переключателей и совпадение их указателей с отметками на соответствующих шкалах;

наличие предохранителей.

4.2. Опробование

Перед включением прибора все ключи установить в среднее положение, а ручки установки режимов — в нулевое. Включить прибор и прогреть его в течение 15 мин.

Откалибровать прибор Л2-22, для чего следует:

перемкнуть выводы эмиттера и базы колодки для подключения транзисторов;

ключ «h_{11}—(1—α)» поставить в положение «h_{11}». Потенциометром «Уст. нуля h», расположенным на задней стенке прибора, установить стрелку отсчетного прибора на нулевую отметку. Убрать перемычку из колодки, поставить ключ «h_{11}—(1—α)» в среднее положение;

потенциометром «Калибр. h» установить стрелку отсчетного прибора на конец шкалы (отметка «10»);

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Токи» и потенциометром «Уст. нуля» стрелку отсчетного прибора установить на нуль. Нажать кнопку «Калибр. тока» и потенциометром «Калибр. тока» стрелку отсчетного прибора установить на конец шкалы (отметка «10»);

вернуть ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» в среднее положение.

Примечания:

1. Если пределы регулировки недостаточны, то необходимо воспользоваться соответствующими потенциометрами, оси которых выведены на заднюю стенку прибора.

2. За первые 2 ч работы возможен уход калибровки, поэтому в течение этого времени требуется проводить периодический контроль (через 15—20 мин.) и, если необходимо, подстройку калибровки.

4.3. Определение метрологических параметров

4.3.1. Определение погрешности измерения h-параметров и параметра (1—α) в схеме с общей базой.

Указанные параметры проверяют путем измерения образцовых цепочек (сопротивлений), подключаемых к измерительной колодке прибора Л2-22. Схемы их подключения приведены на рис. 1.

Значения образцовых сопротивлений, соответствующие рекомендуемым значениям проверяемых параметров, приведены в

табл. 2—5: для измерения параметра $h_{11б}$ — в табл. 2; для измерения параметра $h_{22б}$ — в табл. 3; для измерения параметра $(1-\alpha)$ — в табл. 4; для измерения параметра $h_{12б}$ — в табл. 5.

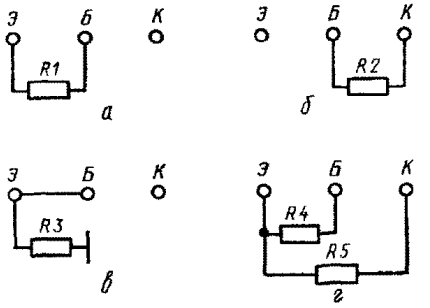

Рис. 1. Схемы подключения образцовых сопротивлений к гнездам измерительной колодки Л2-22 в схеме:

а—для проверки $h_{11б}$; *б*—для проверки $h_{22б}$; *в*—для проверки $(1-\alpha)$; *г*—для проверки $h_{12б}$

Таблица 2

Предел измерения $h_{11б}$, Ом	$h_{11б}$, Ом	R_1, Ом	Предел измерения $h_{11б}$, Ом	$h_{11б}$, Ом	R_1, Ом
10	3		100	50	
	5			95	
	9,5				
30	15		300	150	
	30			300	

Таблица 3

Предел измерения $h_{22б}\cdot10^{-6}$ См	$h_{22б}\cdot10^{-6}$ См	R_2, кОм	Предел измерения $h_{22б}\cdot10^{-6}$ См	$h_{22б}\cdot10^{-6}$ См	R_2, кОм
0,3	0,1	10000	3	1,5	666
	0,15	6666		3	333
	0,3	333			
1	0,5	2000	10	5	200
	0,95	1053		9,5	105,3

Таблица 4

Предел измерения $(1-\alpha)$	$1-\alpha$	R_3, Ом	Предел измерения $(1-\alpha)$	$1-\alpha$	R_3, Ом
0,01	0,003	3,01	0,1	0,05	52,6
	0,005	5,025		0,095	105
	0,0095	9,6			
0,03	0,015	15,3	0,3	0,15	176
	0,03	30,9		0,3	429

Таблица 5

Предел измерения $h_{12б} \cdot 10^{-3}$	$h_{12б} \cdot 10^{-3}$	R_4, Ом	R_5, Ом
0,3	0,1	3,33	33,3
	0,15	5	33,3
	0,3	10	33,3
1	0,5	16,65	33,3
	0,95	31,6	33,3
3	1,5	50	33,3
	3	100	33,3

В случае отсутствия указанных сопротивлений допускается использование других, близких по значению номиналов.

При этом зависимость между значениями проверяемых параметров и значениями образцовых сопротивлений выражается формулами:

$$h_{11б} = R_1; \tag{1}$$

$$h_{22б} = \frac{1}{R_2}; \tag{2}$$

$$h_{12б} = \frac{R_4}{R_5}; \tag{3}$$

$$R_3 = 1000\,\frac{1-\alpha}{\alpha}. \tag{4}$$

Погрешность измерения определяют по формулам:
для h-параметров

$$\delta_{hi} = \frac{h_{iизм} - h_{iрасч}}{h_{iк}} \cdot 100\%, \tag{5}$$

где $h_{iрасч}$ — расчетные значения параметров, приводимые в табл. 2, 3, 5 или определяемые по формулам (1) — (3); $h_{iизм}$ — показания стрелочного индикатора поверяемого прибора; $h_{iк}$ — конечное значение рабочей части шкалы данного параметра; i — индекс h-параметра;

для параметра $(1-\alpha)$

$$\delta_{(1-\alpha)} = \frac{(1-\alpha)_{изм} - (1-\alpha)_{расч}}{(1-\alpha)_{к}} \cdot 100\%, \qquad (6)$$

где $(1-\alpha)_{изм}$ — показания стрелочного индикатора поверяемого прибора; $(1-\alpha)_{расч}$ — расчетное значение параметра, приводимое в табл. 3 или определяемое по формуле (4); $(1-\alpha)_{к}$ — конечное значение рабочей части шкалы. Погрешность измерения h-параметров и параметра $(1-\alpha)$ не должна превышать $\pm 5\%$.

4.3.2. Определение погрешности измерения параметров $h_{11б}$ и $(1-\alpha)$ в схеме с общей базой при токах эмиттера менее 0,1 мА.

Указанные параметры проверяют путем измерения образцовых цепочек, приведенных на рис. 1, *а, в*.

При проверке должен быть установлен ток $I_э = 30$ мкА.

Проверяемые отметки шкалы и значения образцовых цепочек выбирают в соответствии с табл. 2 и 4.

Погрешность измерения параметров $h_{11б}$ и $(1-\alpha)$, определяемая по формулам (5) и (6), не должна превышать $\pm 5\%$.

Примечания к пп. 4.3.1 и 4.3.2:

1. При проверке указанных параметров ручки установки режима должны находиться в нулевом положении (за исключением ручки «$I_э$» при поверке по п. 4.3.2).

2. В качестве образцовых сопротивлений можно использовать магазины сопротивлений типа Р58 и подобранные сопротивления с погрешностью $\pm 0{,}5\%$. Для уменьшения погрешности измерения необходимо использовать подключающие провода минимальной длины.

3. Допускается подключение магазинов и сопротивлений к клеммам «Э», «Б», «К» на задней стенке прибора.

4.3.3. Определение погрешности измерения h-параметров в схеме с общим эмиттером.

Погрешность измерения указанных параметров определяют путем измерения образцовых цепочек (сопротивлений), подключаемых к гнездам «Э», «Б», «К» измерительной колодки поверяемого прибора.

Схемы и способы подключения образцовых цепочек приведены на рис. 2.

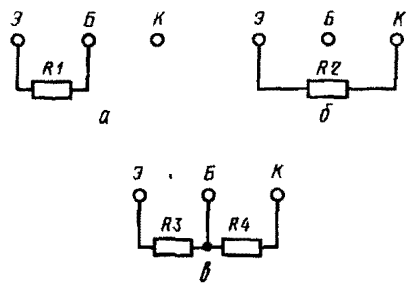

Рис. 2. Схемы соединения образцовых сопротивлений с гнездами измерительной колодки прибора Л2-22: *а*—**для проверки** $h_{11э}$; *б*—**для проверки** $h_{22э}$; *в*—**для проверки** $h_{12э}$

Значения образцовых сопротивлений и рекомендуемые значения проверяемых параметров приведены в табл. 6—8: для измерения параметров $h_{11э}$ — в табл. 6; для измерения параметра $h_{22э}$ — в табл. 7; для измерения параметра $h_{12э}$ — в табл. 8.

Таблица 6

Предел измерения $h_{11э}$, кОм	$h_{11э}$, кОм	R_1, кОм	Предел измерения $h_{11э}$, кОм	$h_{11э}$, кОм	R_1, кОм
0,3	0,1	3	3	1,5	1,5
	0,15	1,5		3	3
	0,3	3			
1	0,5	1	10	5	5
	0,95	1,05		9,5	10,5

Таблица 7

Предел измерения $h_{22э} \cdot 10^{-4}$, См	$h_{22э} \cdot 10^{-4}$, См	R_2, кОм
0,3	0,1	100
	0,15	66,6
	0,3	33,3
1	0,5	20
	0,95	10,5
3	1,5	6,66
	3	3,33

Таблица 8

Предел измерения $h_{12э} \cdot 10^{-3}$	$h_{12э} \cdot 10^{-3}$	R_3, кОм	R_4, кОм
0,3	0,1		1000
	0,15		1000
	0,3		1000
1	0,5		1000
	0,95		1000
3	1,5		1000
	3		1000

В случае отсутствия указанных сопротивлений допускается использование других, близких по значению номиналов, рассчитываемых по формулам:

$$h_{11э} = R_1; \tag{7}$$

$$h_{22э} = \frac{1}{R_2}; \tag{8}$$

$$h_{12э} = \frac{R_3}{R_4}. \tag{9}$$

Погрешность измерения h-параметров определяют по формуле (5), где $h_{i\text{расч}}$ — расчетные значения параметров, взятые из табл. 6—8 или определенные по формулам (7) — (9).

Погрешность измерения h-параметров не должна превышать ±5%.

4.3.4. Определение погрешности измерения параметра $h_{11э}$ в схеме с общим эмиттером при токах эмиттера менее 0,1 мА.

Погрешность измерения параметра $h_{11э}$ определяют путем измерения образцового сопротивления, приведенного на рис. 2, *а*. При проверке ручкой «$I_{э\ мкА}$» должен быть установлен ток $I_э$ = = 30 мкА.

Проверяемые отметки шкалы и значения образцовых цепочек выбирают в соответствии с табл. 6, причем проверке подлежат шкалы с пределами 1, 3 и 10 кОм.

Погрешность измерения параметра $h_{11э}$, определяемая по формуле (5), не должна превышать ±5%.

Примечание. Примечание к п. 4.3.2 относится и к пп. 4.3.3 и 4.3.4 (за исключением ручки «$I_э$» при проверке по п. 4.3.4).

4.3.5. Определение погрешности установки сопротивления в цепи базы.

Сопротивление в цепи базы, устанавливаемое дискретно, может быть равно 0; 100; 300 Ом; 1; 3; 10; 30; 100 кОм.

Для определения погрешности установки сопротивления в цепи базы необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Токи»;

ключ «$I_{кн}$—$I_{ко}$—$I_{эо}$» поставить в положение «$I_{кн}$», измеритель сопротивления (вольтомметр ВК7-10А/1) подключить к гнездам «Э» и «Б» измерительной колодки;

нажать кнопку «Калибр. тока» и отсчитать значение сопротивления;

Погрешность установки сопротивления

$$\delta_R = \frac{R_н - R_{изм}}{R_н} \cdot 100\%, \tag{10}$$

где $R_н$ — номинальное значение сопротивления; $R_{изм}$ — измеренное значение сопротивления.

Погрешность установки сопротивления в цепи базы не должна превышать ±2%.

4.3.6. Определение погрешности измерения обратных токов $I_{ко}$, $I_{эо}$ и начального тока коллектора $I_{кн}$.

Погрешность измерения токов $I_{ко}$, $I_{эо}$ и $I_{кн}$ определяют путем измерения тока, проходящего через образцовые сопротивления.

Рекомендуемые значения образцовых сопротивлений и напряжения на коллекторе (эмиттере) приведены в табл. 9.

Таблица 9

I, мкА	R, МОм	$U_к$ $U_э$, В	I, мкА	R, МОм	$U_к$ $U_э$, В
0,03	33,3	1	3	10	30
0,1	10	1	10	1	10
0,3	10	3	30	1	30
1	10	10	99	1	99

В случае отсутствия указанных сопротивлений допускается использование других номиналов, близких к рекомендованным. При этом действительное значение тока расчитывают по формуле

$$I_д = \frac{U-0,03}{R}, \qquad (11)$$

где U — напряжение на коллекторе (эмиттере), измеренное вольтметром; R — образцовое сопротивление, МОм.

Для определения погрешности измерения токов $I_{ко}$, $I_{эо}$, $I_{кн}$ необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Токи»;

с помощью потенциометра «Уст. нуля» установить нуль усилителя постоянного тока;

с помощью потенциометра «Калибр. тока» осуществить калибровку тока;

ключ «$I_{кн}$—$I_{ко}$—$I_{эо}$» поставить в положение, соответствующее проверяемому параметру;

к гнездам «К» и «Б» измерительной колодки подключить образцовое сопротивление (при измерении $I_{эо}$ — к гнездам «Э» и «Б»);

к гнездам «К» измерительной колодки и корпусу прибора подключить вольтомметр ВК7-10А/1 (при измерении тока $I_{эо}$—к гнездам «Э» и «Б»);

установить необходимое напряжение на коллекторе (эмиттере);

по отсчетному прибору отсчитать значение тока.

Погрешность измерения

$$\delta_{I_i} = \frac{I_{iн}-I_{iд}}{I_{iк}} \cdot 100\%, \qquad (12)$$

где $I_{iн}$ — показание стрелочного индикатора поверяемого прибора; $I_{iд}$ — действительное значение тока, взятое из табл. 10 или рас-

считанное по формуле (11); $I_{iк}$ — конечное значение рабочей части шкалы стрелочного индикатора поверяемого прибора; i — индекс тока, погрешность измерения которого проверяется.

Погрешность измерения, вычисленная по формуле (12), не должна превышать ±5%.

4.3.7. Определение погрешности установки напряжения на коллекторе

Погрешность установки напряжения на коллекторе проверяют в точках, равных 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 и 99 В.

Для определения погрешности установки напряжения на коллекторе необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» установить в положение «Общ. база»;

к гнезду «К» измерительной колодки и корпусу прибора подключить вольтомметр типа ВК7-10А/1;

установить проверяемое значение напряжения на коллекторе;

отсчитать показания по вольтомметру ВК7-10А/1.

Погрешность установки напряжения на коллекторе

$$\delta_{U_к} = \frac{U_{к.\,н} - U_{к.\,д}}{U_{к.\,н}} \cdot 100\%, \qquad (13)$$

где $U_{к.н}$ — номинальное напряжение на коллекторе, устанавливаемое с помощью переключателей; $U_{к.д}$ — действительное напряжение на коллекторе, отсчитываемое по вольтомметру ВК7-10А/1, В.

Погрешность установки напряжения не должна превышать ±3%.

4.3.8. Определение погрешности установки тока эмиттера

Для определения погрешности установки тока эмиттера необходимо:

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Общ. база»;

к гнезду «Э» измерительной колодки и корпусу прибора подключить образцовый измеритель тока (М1204 или М1109 — в зависимости от значения измеряемого тока);

установить ток эмиттера, равный 30 мкА;

отсчитать показания по образцовому измерителю тока;

проверить точки 40, 50, 60, 70, 80, 90 мкА;

переключатель «$I_{э\,мкА}$» поставить в положение «0»;

проверить точки 0; 1; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 16; 20; 30 мА, устанавливая эти значения тока ручкой «$I_э$ мА».

Погрешность установки тока эмиттера

$$\delta_{I_э} = \frac{I_{э.\,н} - I_{э.\,д}}{I_{э.\,н}} \cdot 100\%, \qquad (14)$$

где $I_{эн}$ — номинальное значение тока, установленное с помощью переключателей; $I_{эд}$ — действительное значение тока, отсчитанное по шкале образцового прибора;

погрешность установки тока эмиттера не должна превышать ±3%.

4.3.9. Определение частоты генератора

Частоту генератора поверяемого прибора определяют путем непосредственного измерения частоты измерителем частоты типа Ч3-22.

Для этого следует:

сигнал с клеммы «К» на задней стенке поверяемого прибора подать на вход частотомера;

ключ «Общ. эмиттер — Общ. база — Токи» поставить в положение «Общ. база»;

ключ «h_{12}—h_{22}» поставить в положение «h_{22}»;

переключатель «Пределы h» поставить в положение «0,3».

Отсчитать показание частотомера Ч3-22. Измеренное значение частоты генератора должно находиться в пределах 640—960 Гц.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

5.1. Результаты поверки заносят в протоколы.

5.2. Если при поверке прибора Л2-22 его параметры не соответствуют нормам, указанным в техническом описании, или будут обнаружены механические или электрические неисправности, дальнейшую поверку прекращают.

5.3. На приборы Л2-22, соответствующие требованиям настоящей методики, выдают свидетельство о государственной поверке по форме, установленной Госстандартом СССР.

5.4. При ведомственной поверке допускается вносить в паспорт прибора отметку о поверке.

5.5. Приборы, не соответствующие требованиям настоящей методики, в обращение не допускаются и на них выдают справку с указанием причин негодности.

Методика поверки измерителя Л2-22 *h*-параметров маломощных транзисторов

МИ 94—76

Редактор *Э. А. Абрамова*
Технический редактор *Н. С. Гришанова*
Корректор *Н. А. Аргунова*

Т—02790 Сдано в наб. 17.08.76 Подп. в печ. 03.03.77 0,75 п. л.
0,73 уч.-изд. л. Изд. № 1815/4 Тир. 4000 Цена 4 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. Москва, Д-557, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1444

gost.e-ecolog.ru