

Государственный комитет РСФСР
по делам науки и высшей школы

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИЗУЧЕНИЕ ТЕСТЕРА 141КС-100-001
И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Методические указания
к лабораторной работе

Составители: Н.Г.Чернобровин,
С.Е.Ястребов

УДК 621.3.658.5

изучение тестера И4ТКС-100-001 и технологии автоматизированного контроля биполярных транзисторов.Метод.указ. к лаборатор.работе/Куйбышев.авиационн-т;Сост. Н.Г.Чернобровин, С.Е.Ястребов. Самара, 1990. 20 с.

Рассмотрены технические характеристики и структура тестера И4ТКС-100-001, принципы и схемы измерения статических параметров биполярных транзисторов. Описана технология автоматизированной проверки транзисторов на тестере.

Предназначены для студентов специальности 23.03. Составлены на кафедре "Микроэлектроника и технология радиоэлектронной аппаратуры".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензент В.Ф.Сokolov, А.В.Золотенский

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАЗНАЧЕНИИ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ
ТЕСТЕРА І4ТКС-І00-00І

Тестер І4ТКС-І00-00І предназначен для контроля и измерения статических параметров биполярных транзисторов малой, средней и большой мощности. Тестер позволяет контролировать следующие параметры: обратный ток коллектор-эмиттер $I_{КЭР}$ в диапазоне 1 нА...100 мА; обратный ток коллектор-база $I_{КБ0}$ в диапазоне 1 нА...10 мА; обратный ток эмиттер-база $I_{ЭБ0}$ в диапазоне 1 нА...10 мА; напряжение насыщения коллектор-эмиттер - $U_{КЭ НАС}$ в диапазоне 0,01...10 В;

напряжение насыщения эмиттер-база $U_{ЭБ НАС}$ в диапазоне 0,01...10 В.

статический коэффициент передачи базового тока в схеме с общим эмиттером $k_{21э}$ в диапазоне 5...20000;

граничное напряжение коллектор-эмиттер $U_{КЭ0 ПР}$;

статический коэффициент передачи тока $1+k_{21э}$ в диапазоне 5...10000;

малосигнальный коэффициент передачи тока на частоте 1 кГц $1+k_{21э}$ в диапазоне 5...10000;

входное падение напряжения в схеме с общей базой $U_{БЭ}$ в диапазоне 0,1...10 В.

Тестер может применяться автономно и в составе автоматической линии. Тестер обеспечивает непрерывную работу в течение не менее 16 ч. Тестер при управлении от ЭВМ "Электроника-60" или "Электроника-100" обеспечивает следующие виды работ:

классификация испытуемых полупроводниковых приборов с регистрацией результатов на печать по любой из 15 возможных программ классификации (число классификационных групп 3);

измерение значений параметров испытуемых приборов с регистрацией результатов на печать и классификацию по параметру;

шаговая (потестовая) классификация или измерение параметров испытуемого прибора;

выдача информации на печать о количестве годных и общем количестве испытанных приборов;

одновременное измерение и классификация приборов с пульта тестера и с постов оператора.

Для работы с внешними устройствами (типа автоматических тестировщиков) тестер выдает следующие сигналы: конец испытания; признаки параметров; код группы классификации. Принимает от внешнего устройства сигнал запуска. Обмен сигналами осуществляется в стандартных уровнях ТТД схем.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТЕСТЬЕРА

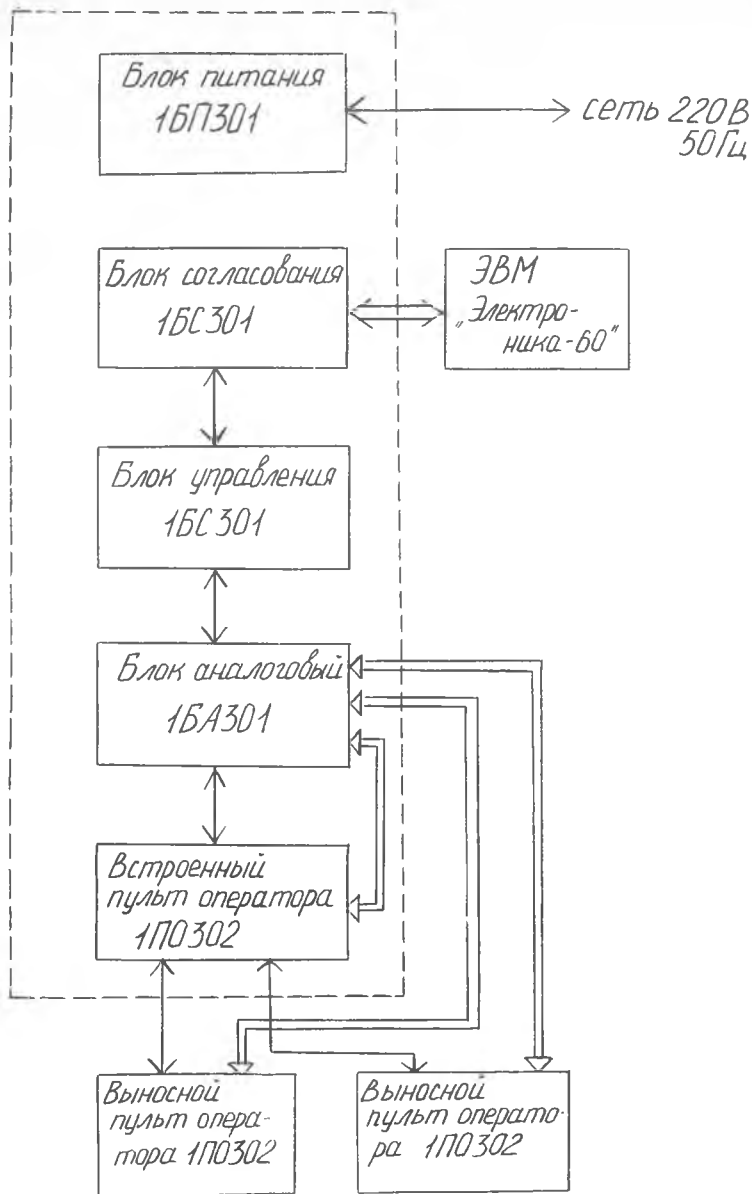
Тестер позволяет проводить абсолютные измерения параметров I_{K3R} , I_{K00} , I_{350} , $I_{K0} \text{ НАС}$, $I_{35} \text{ НАС}$, I_{210} , $I_{K30} \text{ ГР}$, I_{K210} , I_{K8x} , значения которых регистрируются на передней панели блока аналогового ИБАЗОІ.

Функциональная взаимосвязь блоков тестера приведена на рис.І. По аналоговым цепям от режимных источников напряжения и тока, расположенных в блоке аналоговом ИБАЗОІ на пульт оператора ИПОЗОІ или выносной пульт ИПОЗО2 подаются запрограммированные напряжения и токи для испытания прибора, к выводам I_x , I_0 , I_5 подключаются режимные источники, к выводам U_x , U_5 , U_0 подключаются цепи измерительных устройств.

Управление, синхронизация, двусторонний обмен информацией между блоком согласования ИБСЗО2, блоком управления ИБУЗО2, блоком аналоговым и пультом оператора ИПОЗОІ осуществляется по цепям управления.

Тестер имеет два режима работы: "Тестер" и "ЭВМ". В режиме "Тестер" все данные для проведения измерения вводятся с клавишного пульта блока управления ИБУЗОІ, а результат проведенного измерения индицируется на цифровом табло блока аналогового ИБАЗОІ. В данном режиме возможно измерение только одного параметра, поскольку частая смена тестовых условия будет занимать времени значительно больше времени проведения измерения. Режим "Тестер" используется в основном для контроля метрологических характеристик, при периодическом обслуживании и ремонте.

В режиме "ЭВМ" тестовые условия передаются из управляющей ЭВМ через блок согласования на блок управления ИБУЗОІ. После передачи данных ЭВМ осуществляет запуск тестера и производит прием результатов измерения. В зависимости от результатов измерения происходит пе-



Р и с . I

переход к следующему тесту или выход на конец испытания. По результатам проведенных тестов ЭВМ формирует код классификационной группы и осуществляет его передачу на органы индикации тестера.

Режим работы "ЭВМ" имеет два подрежима: "Шаг" и "Автомат". В режиме "Автомат" происходит автоматическое выполнение всей программы классификации без промежуточных остановок. Этот подрежим является основным, так как обеспечивает максимальную производительность измерений.

В подрежиме "Шаг" после выполнения каждого теста происходит останов выполнения программы классификации для анализа результатов теста. При этом на устройстве индикации блока управления отображаются код параметра, коды режимов измерения, а на цифровом табло блока ГАЗОІ отображается значение измеренного в данном тесте параметра. Данный режим используется для отладки программ классификации, а также для контроля работоспособности и характеристик тестера при работе по программе.

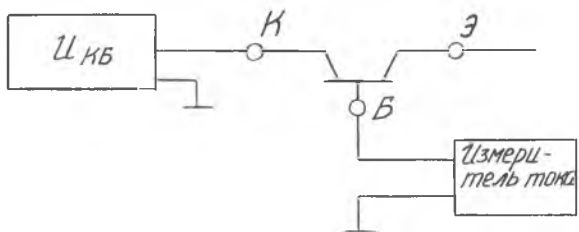
Программа классификации состоит из последовательности тестов, в каждом из которых проверяется значение одного параметра испытуемого прибора. Каждый тест включает в себя описание режимов измерения, код параметра, значение параметра, которое считается нормой, а также указания о присвоении определенной классификационной группы при отклонении практического значения параметра от нормы или о переходе к другим тестам. С помощью специальных сервисных программ, входящих в состав программного обеспечения, производится подготовка программ классификации.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

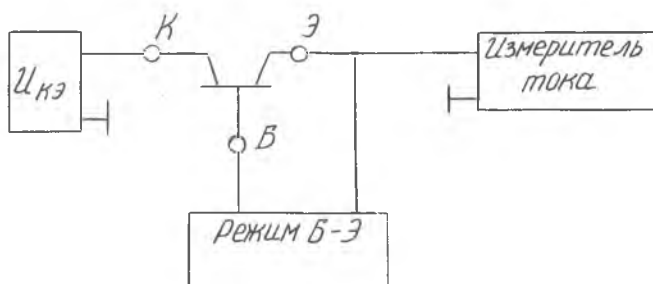
Измерение обратных токов. Измерение обратных токов осуществляется по методике в соответствии с ГОСТ 18604.5-74 - $I_{\lambda 2 \lambda}$, ГОСТ 18604.4-74 - $I_{\lambda \delta \delta}$, ГОСТ 18604.4-74 - $I_{\delta \delta \delta}$.

Функциональные схемы методов измерения обратных токов приведены на рис. 2, рис. 3, рис. 4 соответственно.

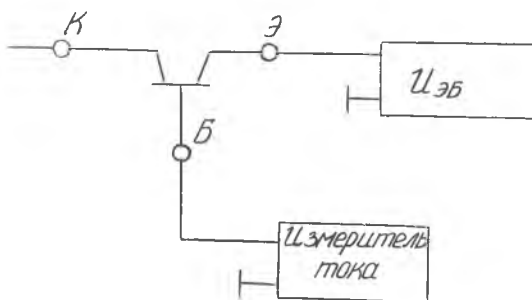
Контроль обратных токов происходит путем измерения напряжения пропорционального току $I_{\text{изм}}$, на токосъемном резисторе $R_{\text{П}}$: $U_{\text{изм}} = I_{\text{изм}} R_{\text{П}}$. Напряжение с $R_{\text{П}}$ через дифференциальный усилитель поступает на цифровой измеритель. Значение сопротивления $R_{\text{П}}$ от зависимости от диапазона тока составляет от 100 Ом до 10 МОм.



Р и с . 2



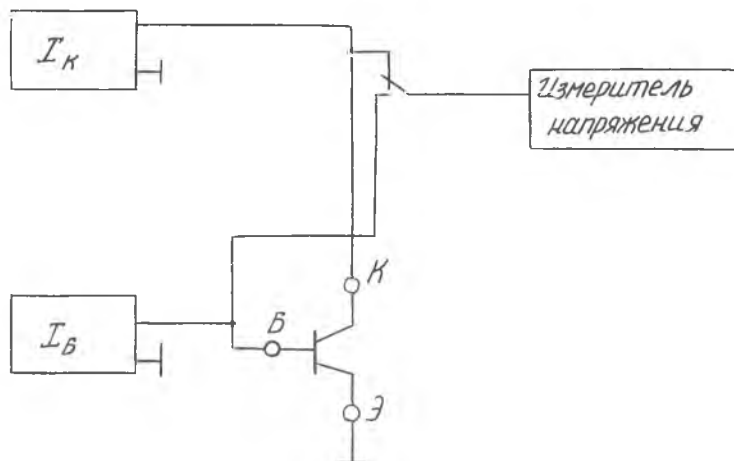
Р и с . 3



Р и с . 4

Измерение напряжений насыщения коллектор-эмиттер, база-эмиттер, статического коэффициента передачи. Измерение напряжений насыщения и статического коэффициента передачи производится по методике в соответствии с ГОСТ 18604.22-78 - *УКЭ НАС* и *УЭБ НАС*, ГОСТ 18604.2-80 - *h21э*.

Функциональная схема метода измерения приведена на рис. 5. Измерение указанных параметров заключается в следующем. Задаются определенные значения токов коллектора I_K , базы I_B , возникающие



Р и с. 5

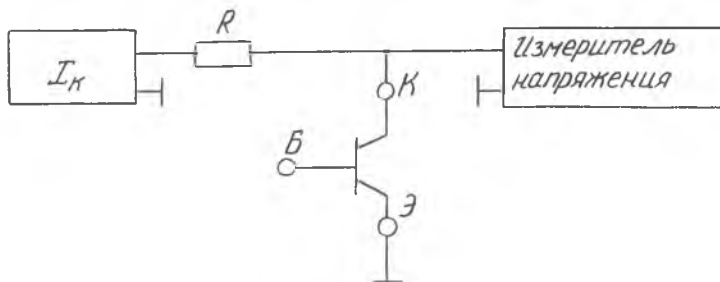
при этом напряжения между коллектором и эмиттером *УКЭ НАС*, базой и эмиттером *УЭБ НАС* измеряются цифровым измерителем и индицируются на цифровом табло блока аналогового.

Измерение параметра *h21э* проводится аналогично.

Изменением базового тока устанавливается заданная величина напряжения на коллекторе. Величина параметра *h21э* (при заданном напряжении на коллекторе U_K) определяется как отношение коллекторного тока к базовому $h21э = I_K / I_B$.

Величина коллекторного напряжения контролируется с помощью цифрового измерителя.

Измерение граничного напряжения. Измерение граничного напряжения коллектор-эмиттер проводится по методике, соответствующей ГОСТ 18604.19-78. функциональная схема метода измерения граничного напряжения приведена на рис. 6.

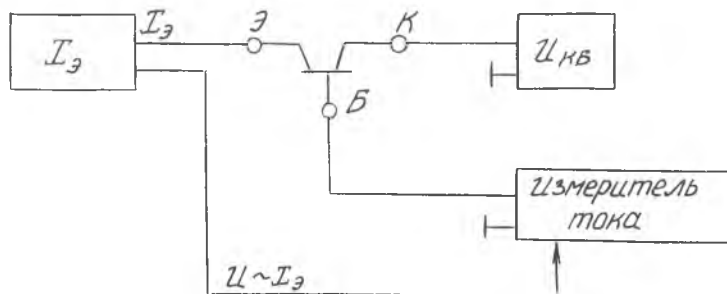


Р и с . 6

Высоковольтный источник тока задает ток через переход эмиттер-коллектор испытуемого прибора. Цифровой измеритель напряжения через масштабный усилитель, высокоомный повторитель подключается к коллектору испытуемого прибора и измеряет величину напряжения на коллекторе, которая индицируется на цифровом табло блока аналогового.

Резистор R , включенный в цепь коллектора испытуемого прибора, определяет ток разряда емкости соединительного кабеля через испытуемый прибор и предотвращает возникновение паразитной генерации. Величину резистора R устанавливают исходя из условия испытания автоматически.

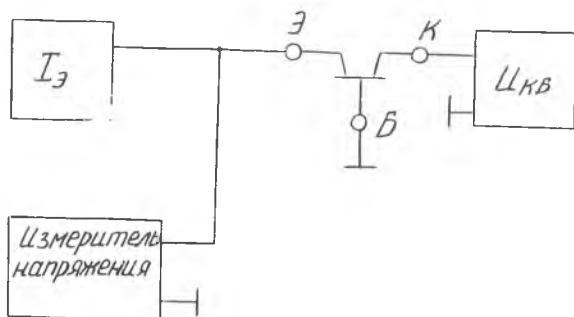
Измерение статического коэффициента передачи. Измерение статического коэффициента передачи проводится по методике, соответствующей ГОСТ 18604.2-80. Функциональная схема метода измерения приведена на рис. 7.



Р и с . 7

Измерение статического коэффициента передачи осуществляется в следующем порядке. Задаются определенные значения тока эмиттера $I_{\text{Э}}$ и напряжение на коллекторе $U_{\text{КБ}}$. Возникающий при этом ток базы преобразуется в напряжение, которое через масштабный усилитель подается на цифровой измеритель. Туда же поступает напряжение с источника эмиттерного тока, пропорциональное току эмиттера $I_{\text{Э}}$, где оно и делится на напряжение, пропорциональное базовому току, и результат деления измеряется цифровым измерителем и отображается на цифровом табло блока аналогового.

Измерение выходного напряжения. Метод измерения аналогичен методу измерения статического коэффициента передачи, за исключением того, что вместо базового тока измеряется напряжение на эмиттерном переходе. Функциональная схема измерения приведена на рис. 8. Источник тока $I_{\text{Э}}$

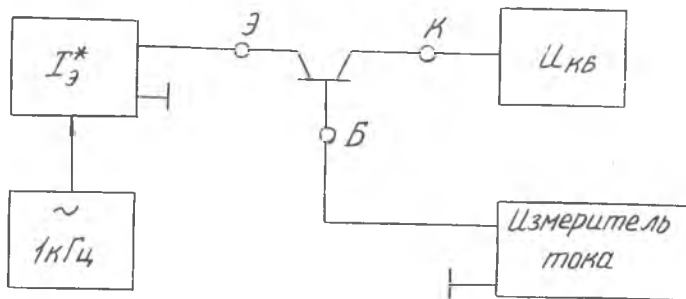


Р и с. 8

создает ток через переход эмиттер-база. Источник напряжения на коллекторе задает режим работы испытуемого прибора. Напряжение на эмиттерном переходе усиливается масштабным усилителем, измеряется цифровым измерителем блока аналогового и отображается на цифровом табло.

Измерение малосигнального коэффициента передачи тока. Измерение коэффициента передачи тока k_{21B} производится по методике, соответствующей ГОСТ 86047-74. Функциональная схема метода измерения коэффициента передачи тока изображена на рис. 9.

Измерение проводится следующим образом: в эмиттер испытуемого прибора задается от источника тока ток, промодулированный по амплитуде синусоидальным сигналом вспомогательного генератора с частотой 1 кГц и глубиной модуляции 5%. На коллектор от источника коллекторно-



Р и с . 9

го напряжения подается напряжение, определяющее режим работы испытуемого прибора. Возникающая при этом амплитудная модуляция базового тока преобразуется в переменное напряжение, с помощью фильтра отделяется от помех, детектируется, усиливается масштабным усилителем и подается на цифровой измеритель.

ПОДГОТОВКА ТЕСТЕРА К РАБОТЕ

Контроль параметров транзисторов осуществляется при температурах от $+10$ до $+35^{\circ}\text{C}$, относительной влажности воздуха $65 \pm 15\%$, атмосферном давлении 750 мм рт.ст.

Перфоленты в символах и предметные ленты подготавливаются на основании тестовых программ (прил.1). В машину можно ввести 15 тестовых программ для 15 типов транзисторов. В качестве выходной информации используются группы классификации, которые регистрируются на панели тестера. Группы классификации, по которым проводится забракование транзисторов, приведены в прил.2. Значения резисторов R_{59} приведены в прил.3.

В исходном состоянии все тумблеры, переключатели и кнопки блоков тестера 1БП301, 1ВУ301, 1БА301, 1М301, ПЗ02, фотосчитывателя $F31501$, перфоратора ПЛ-150М, пульта ЭВМ, дисплея и устройства печати "Роботрон" находятся в отключенных и отжатых состояниях. (Переключатели "Автомат/шаг" и "Индикация/откл." в положении "Автомат" и "Индикация" соответственно. Переключатель "Пульт" оператора ПД0302 в положении 2,3,6,7).

Включение осуществляется в следующем порядке.

1. 1БП301:

тумблер "Сеть" в положение "Вкл";
через IO с после загорания индикатора "Перегрузка" тумблер "Блок питания" переводится в положение "Вкл".

2. Дисплей:

нажать клавиши "Дуп", "Лин", "Ред" на клавиатуре;
"Сеть" в положение "Вкл" (на экране появится строка
96000000000000000000000000000000).

3. Пульт ЭВМ:

Тумблер "Питание" в верхнее положение;
Тумблер "Программа/пульт" в верхнее положение (на экране появится сообщение: I73000).

4. С I50I:

тумблер "I/O" в положение "I".

ЗАГРУЗКА ПРОГРАММ

1. Программа "Абсолютный загрузчик":

заправить перфоленту с номером 8.842.006-I5 (программа "Абсолютный загрузчик");

набрать текст I77550 (после нажатия на экран выдается сообщение I57000).

2. "I4TKC контрольная":

заправить перфоленту с названием "I4TKC контрольная";

нажать клавишу "ц/р", после чего появится сообщение P и начнется ввод ленты (по окончании ввода выдается сообщение I577I2);

нажать клавишу "?";

набрать IO44/207 и нажать клавишу "BK";

набрать 504/405 - "BK";

набрать IO00 - "BK" (на экране выводится точка).

3. Тестовые программы:

отжать "Лин", нажать "Рус" и "ВР", нажать "Лин" на клавиатуре дисплея;

набрать ВГ, нажать клавишу "BK" (на экран выводится запрос номера теста, т.е. номер плана контроля ПН=);

заправить соответствующую перфоленту;

набрать I - "BK" (на экран вновь выводится ПН=);

для ввода следующих лент (тестовых программ) набрать 2 - "BK" и т.д. до I5;

если ввод тестовых программ закончен, после очередного запроса ПН= набрать / - "ВК";
переключатель "Измерение" пульта оператора в положение "Вкл";
нажать "Пуск" на пульте оператора (на экране дисплея сообщение М);
тестер готов к работе.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с описанием тестера.
2. Получить у преподавателя контролируемую партию транзисторов.
3. Ознакомиться со справочными данными этого типа транзисторов.
4. Включить тестер и провести подготовку к работе в соответствии с приведенными указаниями.
5. Переключатели "Измерение", "Печать" установить в положение "Откл", на переключателе "План" набрать номер плана соответствующего типа транзисторов (от I до I5).
6. Установить транзистор в контактное устройство в соответствии с цоколевкой.
7. Нажать кнопку "Пуск" на пульте оператора.
(По окончании плана контроля загорается индикатор "Конец испытаний" и открывается крышка контактного устройства).
8. Визуально определить группу классификации испытанного транзистора по номеру индикатора классификационных групп.
9. Повторить пп.6,7,8 для всех транзисторов партии.
10. Проанализировать результаты контроля партии транзисторов, пользуясь прил. 2.
11. Сформулировать основные выводы.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики тестера I4TKC-100.
2. Устройство и работа тестера.
3. Принцип измерения обратных токов, используемых в тестере.
4. Принцип измерения статического коэффициента передачи тока.
5. Принцип измерения напряжения насыщения транзистора.
6. Принцип измерения граничного напряжения.
7. Принцип измерения малосигнального коэффициента передачи переменного тока.
8. Принципы измерения входного напряжения в схеме с общей базой.

9. Технология контроля биполярных транзисторов.
10. Каковы критерии классификации транзисторов?

Библиографический список

А р о н о в В.Л., Ф е д о т о в Д.А. Испытание и исследование полупроводниковых приборов: Учебн.пособие для вузов. М.:Выш.шк., 1975.

К а п и е в Р.Э. Измерительно-вычислительные комплексы. Л.:Энергоатомиздат, Ленинград.отд-ние, 1988.

НРН
;Т1
IKO=99.9MA, K=135B, PBO=2
BPMI=4OMC

BRM3=5OMC
УПГ=ГР3
ПРИ=25МА
УПБ I=ГР I I
УПМ I=T2
КТ
;Т2
I+BCT=4OMA, IO=2A, KQ2 IOB

BRMI=IMC
BRM3=IOMC
УПГ=ГР3

ПРИ=50
УПБ I=T3
УПМ I=ГР6
КТ

;Т3

KH=5B, IK=5A, IB=0.5A
BRMI=IMC
BRM3=IOMC
УПГ=ГР3
ПРИ! 2.5B
УПБ I=ГР IO
УПМ I=T3
КТ

;Т4

KH=5B, IK=5A, IB=0.5A

BRM3=IOMC

УПГ=ГР3

ПРИ=2.5B

УПБ I=ГР8

УПМ I=T5

КТ

;Т5

IOBO=99.9MA, O=5B

BRMI=IOMC

BRM3=2OMC

УПГ=ГР3

ПРИ=50МА

УАВ I=ГР5

УПМ I=ГР2

КТ

КТ

Программа контроля параметров транзисторов КТ829Б

КТ829Б

ГОД=2

НРН

;Т1

IKO=99.9MMA, K=40B, PBO=6

BRMI=4OMC

BRMI=IMC

BRM3=IOMC

УПГ=ГР3

ПРИ=2.5B

УПБ I=ГР8

УПМ I=T5

ВРМЗ=50МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=500МКА
УПБИ=ГРІІ
УПМ І=Т2
КТ
;Т2
КЭ0=100В, ІК=100МА
ВРВИ=20МС
ВРМЗ=30МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=80В
УПБИ=Т3
УПМ І=ГР9
КТ
;Т3
КН=2В, ІК=3А, ІБ=12МА
ВРВИ=ІМС
ВРМЗ=10МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=2В
УПБИ=ГРІ0
УПМ І=Т4
КТ
;Т4
Бн=3В, ІК=3А, ІБ=12МА

КТ
;Т5
ІЭВ0=2МА, Э=5В
ВРВИ=ІМС
ВРМЗ=10МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=2МА
УПБИ=ГР5
УПМ І=Т6
КТ
;Т6
ККВ0=200МКА, К=80В
ВРВИ=ІМС
ВРМЗ=10МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=200МКА
УПБИ=ГР4
УПМ І=ГР2
КТ
КП

Программа контроля параметров транзисторов КТ829Г

КТ829Г

ГОД=2
НРН
;Т1
ІКЭ=999МКА, К=22В, РБЭ=6
ВРВИ=40МС
ВРМЗ=50МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=500МКА
УПБИ=ГРІ1
УПМ І=Т2
ВРВИ=ІМС
ВРМЗ=10МС
УПГ=ГРЗ
ПРИ=2.5В
УПБИ=ГР8
УПМ І=Т5
КТ
;Т5
ІЭВ0=2МА, Э=5В
ВРВИ=ІМС

КТ
;Т2
КЭ0=100В, Iк=100МА
ВРВИ=20МС
ВРИЗ=30МС
УПГ=ГР3
ПРИ=45В
УПИ=Т3
УПИ=ГР9

КТ
;Т3
КН=2В, Iк=3А, IБ=12МА
ВРВИ=1МС
ВРИЗ=10МС
УПГ=ГР3
ПРИ=2В
УПИ=ГР10
УПИ=Т4

КТ
;Т4
БН=3В, Iк=3А, IБ=12МА

ВРИЗ=10МС
УПГ=ГР3
ПРИ=2МА
УПИ=ГР5
УПИ=Т6
КТ
;Т6
IкБ0=15МА, К=45В
ВРВИ=1МС
ВРИЗ=10МС
УПГ=ГР3
ПРИ=200МА
УПИ=ГР4
УПИ=ГР2
КТ
КП

Программа контроля параметров транзисторов КТ961А

КТ961А

ГОД=2
НРН
;Т1
IкБ0=15МА, К=60В
ВРВИ=80МС
ВРИЗ=10МС
УПГ=ГР3
ПРИ=100МА
УПИ=ГР5
УПИ=Т3
КТ
;Т2
IЭБ0=150МА, Э=5В

;Т4
КН=0.999МВ, Iк=500МА,
IБ=50МА
ВРВИ=5МС
ВРИЗ=10МС
УПГ=ГР3
ПРИ=0.5В
УПИ=ГР10
УПИ=ГР2
КТ
КП

ВРВ1=80M C
 ВРМ3=100M C
 УПГ=ГР3
 ПР1=100M KA
 УПБ1=ГР5
 УПМ1=Т3
 КТ
 ;Т3
 I+BCI=5MA, IЭ=150MA, K=2B
 ВРВ1=5M C
 ВРМ3=10M C
 УПГ=ГР3
 ПР1=40
 УПБ1=Т0
 УПМ1=ГР6
 ПР2=ГР7
 УПБ2=ГР7
 УПМ2=Т3
 КТ

Приложение 2

ГРУППА КЛАССИФИКАЦИИ

ГР2 - родные
 ГР4-ГР6 - больше нормы
 ГР5-ГР10 - больше нормы
 ГР6 - ГР8 - меньше нормы
 ГР7 - ГР8 - больше нормы
 ГР8 - напряжение насыщения база-эмиттер больше нормы
 ГР9 - граничное напряжение на коллекторе меньше нормы
 ГР10 - напряжение насыщения коллектор-эмиттер больше нормы
 ГР11 - обратный ток коллектор-эмиттер больше нормы

Приложение 3

ЗНАЧЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ	РВЭ
РВЭ=2-10 Ом	РВЭ=5-50 Ом
РВЭ=3-1.3	РВЭ=6- бесконечно большое (обрыв)
РВЭ=4-1 КОм	РВЭ=7-100 Ом

ИЗУЧЕНИЕ ТЕСТЕРА І4ТКС-І00-00І
И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Составители: Ч е р н о б р о в и н Николай Григорьевич,
Я с т р е б о в Сергей Евгеньевич

Редактор Е.Д.А н т о н о в а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Н.С.К у п р и н о в а

Подписано в печать 3.04.91. формат 60x84^І/16.
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.
Уч.-изд.л. 1,0. Усл.п.л. 1,2. Усл.кр.-отт. 1,3.
Тираж 300 экз. Заказ № 1772. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип.им.В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099 Самара, ул.Венцека, 60.