

САМАРСКИЙ ордена **ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ**
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. **АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА**

ВНУТРИСХЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

САМАРА 1991

Государственный комитет РСФСР
по делам науки и высшей школы

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

ВНУТРИСХЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Методические указания к лабораторной работе

Самара 1991

Составители: Н.Е.К о н ъ х о в,
Б.В.С к в о р ц о в, Д.В.Б о р и с о в

УДК 621.385

Внутрисхемный контроль транзисторов: Метод.
указания /Самар. авиац. ин-т; Сост.
Н.Е.К о н ъ х о в, Б.В.С к в о р ц о в,
Д.В.Б о р и с о в. Самара, 1991. 12 с.

Рассмотрены методы внутрисхемного контроля транзисторов, приведено подробное описание тестера внутрисхемного контроля, освещены вопросы оценивания пунтирующего влияния других элементов схемы, подробно описана лабораторная установка, применяемые приборы и методика работы с ними.

Предназначены для студентов радиотехнических специальностей по курсу "Автоматические системы контроля параметров РЗА" Работа подготовлена на кафедре электротехники.

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

Рецензент доц. Г.П.В е ч к а н о в

Ц е л ь р а б о т ы: изучение методов и приборов внутрисхемного контроля транзисторов.

КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основная проблема, возникающая при внутрисхемном контроле транзисторов, заключается в устранении влияния остальной части контролируемой схемы. Методы внутрисхемного контроля подразделяются на качественное и количественное оценивание работоспособности транзисторов. При качественном оценивании исправности транзистор может проверяться как два встречно включенных диода, т.е. проверяются значения сопротивлений переходов в открытом и закрытом состояниях. Данный метод не может использоваться в схемах, где параллельно контролируемому переходу включен нелинейный элемент, диод или переход другого транзистора.

При количественном оценивании работоспособности транзисторов производятся измерения отдельных их параметров. В этом случае появляется возможность предсказания ранних отказов контролируемого транзистора. Транзисторы характеризуются большим числом рабочих параметров. Исследования показали, что общим, интегральным параметром, наиболее достоверно характеризующим работоспособность транзистора, является статический коэффициент передачи тока базы β (коэффициент усиления тока базы). Поэтому при внутрисхемном контроле транзисторов принято оценивать только коэффициент β . Для устранения шунтирующего влияния других элементов схемы процесс измерения осуществляется с помощью тестовых сигналов и организуется в два цикла.

В первом цикле используемый транзистор открыт, и реакция объекта контроля на тестовые воздействия обусловле-

на протеканием токов как через открытый транзистор, так и через остальные элементы схемы.

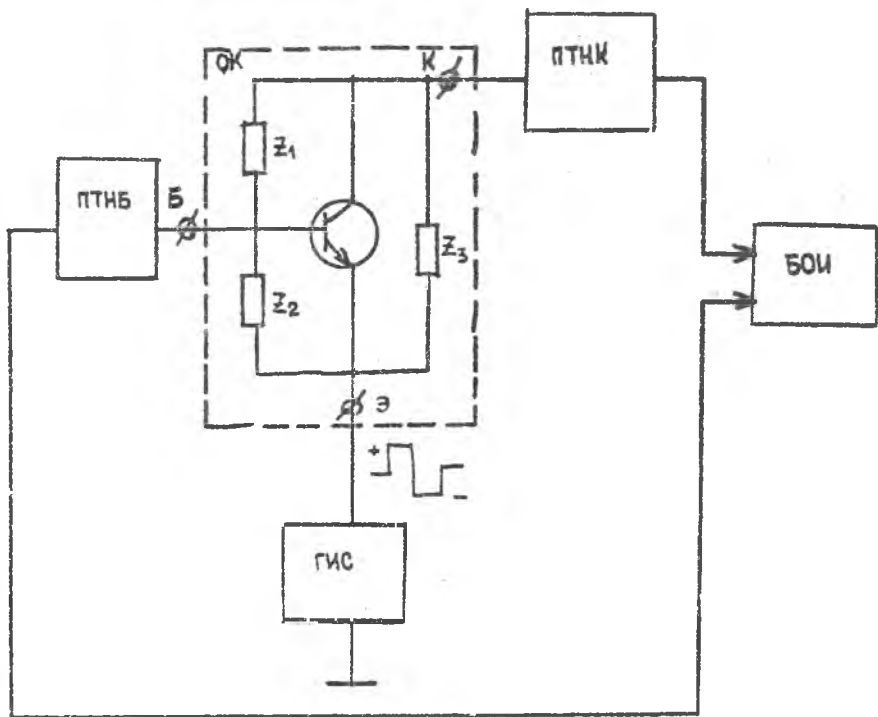
Во втором цикле транзистор закрыт, и реакция объекта контроля определяется только прохождением токов через шунтирующие элементы. Устройство обработки оценивает сигналы реакций и позволяет получить информацию о коэффициенте β . В соответствии с типом воздействия методы измерения применяют в режимах постоянного тока и в импульсном. В первом случае в транзисторе выделяется большая мощность, что может вывести его из строя. Более эффективен и экономичен внутрисхемный контроль транзисторов в импульсном режиме. Структура тестера импульсного контроля транзисторов приведена на рис. 1. Испытуемый транзистор Т включен в схему объекта контроля. Остальные элементы, шунтирующие транзистор, представлены в виде эквивалентных цепей Z_1, Z_2, Z_3 . Значение β транзистора измеряется в режиме, близком к насыщению.

На вывод Э объекта контроля (ОК) генератора испытательного сигнала (ГИС) поступают прямоугольные импульсы с чередующейся полярностью. Токи с выводов Б и К поступают в преобразователь среднего значения тока в постоянное напряжение (ПТК) и (ПТНБ). Напряжение с выходов ПТК и ПТНБ поступает в блок обработки и индикации (БОИ), где отношение напряжений U_K и U_B преобразуется в цифровое значение и индицируется на цифровом табло.

Функциональная схема ГИС приведена на рис. 2. В состав ГИС входят следующие элементы: усилитель ДУ с нелинейной обратной связью (два встречноключенных р-п-перехода), интегратор Иг, реализованный на операционном усилителе, конденсаторе C_p и резисторе R_p ; два компаратора КТ, КТ с положительным U_p^+ и отрицательным U_p^- опорными напряжениями, управляемый источник опорного напряжения УИОН, реализованный на стабилизаторах +15 В, -15 В.

Работает ГИС следующим образом: напряжение U_f с выхода ДУ поступает на вход интегратора Иг. При положительной полярности U_f на выходе ОУ формируется линейно спадающее напряжение. При достижении значения напряжения U_p^- сработает компаратор K_p^- , изменит свое состояние триггер Т, в результате чего изменится полярность напряжения U_0 УИОН.

Изменится также полярность U_{fp} , и на выходе интегратора начнет формироваться линейно нарастающее напряжение. При достижении



Р и с. 1.

U_r^+ сработает компаратор K_r^+ , опять изменит свое состояние триггер T , в результате чего изменится полярность напряжения U_D .

Вследствие этого на выходе усилителя DU формируются прямоугольные импульсы с чередующейся полярностью. Этот процесс будет продолжаться до прихода управляющего сигнала СТОП с БОИ.

ПТНК и ПТНБ состоят (рис. 3) из операционных усилителей с конденсаторами C_K и C_B для обратной связи. Конденсаторы C_K и C_B периодически через 2 с разряжаются при помощи управляющими сигналами с БОИ.

БОИ состоит из дополнительного компаратора формирующего сигнала СТОП при превышении выходной частоты ГОС более, чем в 10 раз; таймера формирующего сигнала СБРОС через каждые 2 с; ключей, формирующих сигналы $n-p-n$, $p-n-p$, ПЕРЕРЕГРУЗКА $R_{БЗ}$, ПЕРЕРЕГРУЗКА B ,

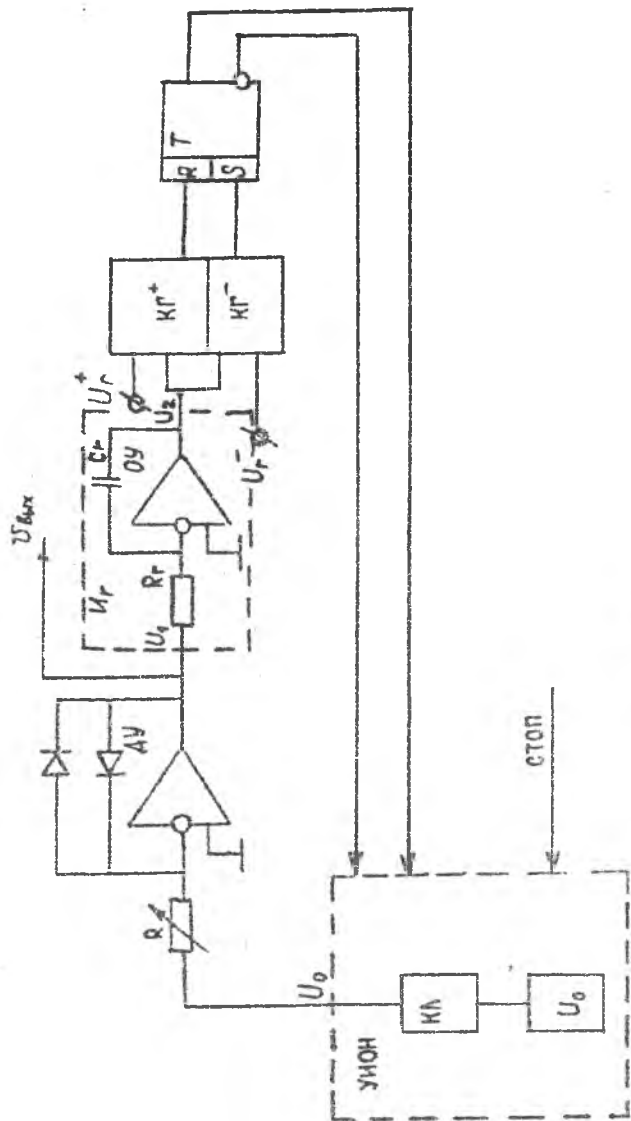
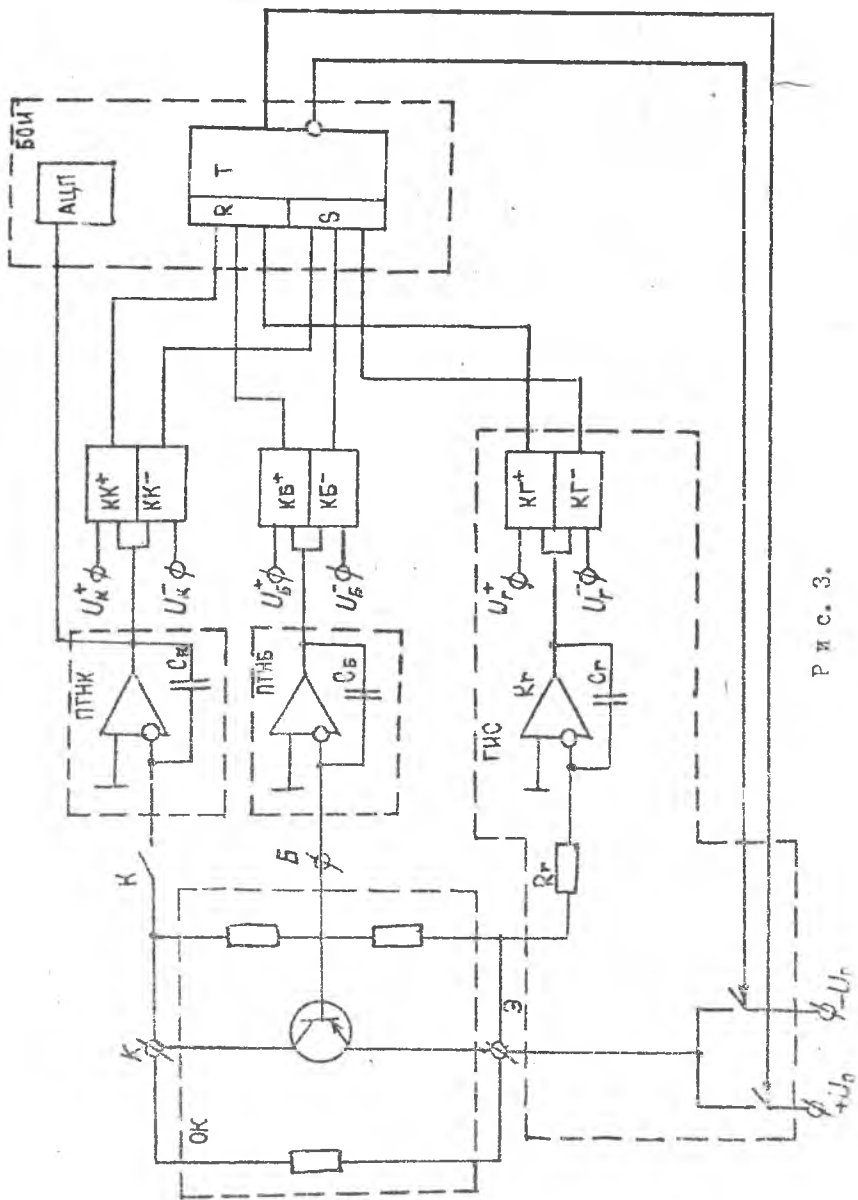


Рис. 2.



Р и с. 3.

ПЕРЕГРУЗКА R_{K2} ; блок индикации, содержащего аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и индикатор на светодиодных матрицах.

При подключении ОК ГИС продолжает работать с частотой $f = 1 \text{ кГц}$ ($T = 1 \text{ мс}$). По цепям B и K ОК протекают токи, заряжая конденсаторы C_K и C_B . Направление изменения напряжений на C_K, C_B, C_r всегда одинаковое. При положительной полярности U_0 ГИС напряжение на выходах ПТНК, ПТНБ интегратора ГИС (Иг) спадает, а при отрицательном U_0 - нарастает (см. рис. 3).

Компараторы $KK^+, KK^-, KB^+, KB^-, KГ^+, KГ^-$ следят за напряжениями на выходах ПТНК, ПТНБ, U_r . При достижении порогового напряжения U_B^+ или U_B^- срабатывает KB^+ или KB^- , который через управляющий вход ГИС менее, чем за 1 мкс изменит полярность УИСН.

При этом уменьшается время перезаряда конденсаторов C_K, C_B, C_r . Каждое последующее срабатывание KB^+, KB^- будет уменьшать время перезаряда конденсаторов C_K, C_B, C_r , т.е. будет увеличиваться частота ГИС до срабатывания дополнительного компаратора в БОИ. Он выдает команду СТОП на размыкание ключа K .

ПТНК переходит в режим хранения информации. Выходное напряжение, пропорциональное β , поступает на вход АЦП, преобразуется в цифровое значение и индицируется.

При срабатывании одного из KK^+, KK^- БОИ выдает команду на загорание лампочки ПЕРЕГРУЗКА β . При срабатывании обоих KK^+, KK^- одновременно загорятся лампочки ПЕРЕГРУЗКА R_{K2} .

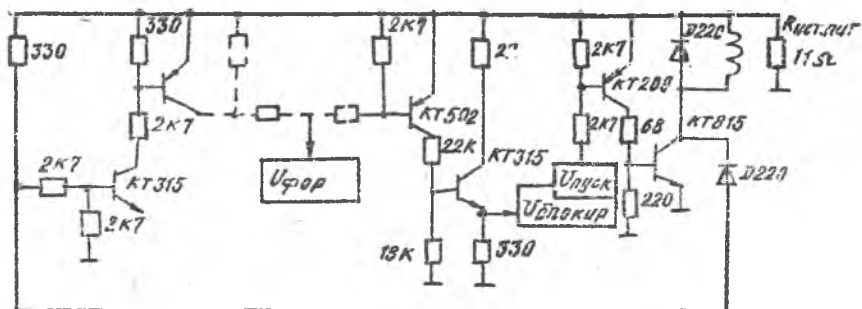
При срабатывании KB^- БОИ выдает команду на загорание лампочки $p-n-p$ при срабатывании KB^+ - $n-p-n$.

Если сработают оба KB^+, KB^- , то БОИ включает лампочку ПЕРЕГРУЗКА R_{D2} .

При одновременном срабатывании $KB, KГ$ или $KB, KГ$ БОИ выдает команду на размыкание ключа K .

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка включает в себя стандартный тестер внутрисхемного контроля транзисторов АМЦ 15202 с объекта контроля, состоящий из двух частей: контролируемая схема (рис. 4) и устройство автоматической коммутации транзисторов (УАКТ), передняя панель которого изображена на рис. 5. Тестер АМЦ 15202 конструктивно выполнен в настольном варианте.



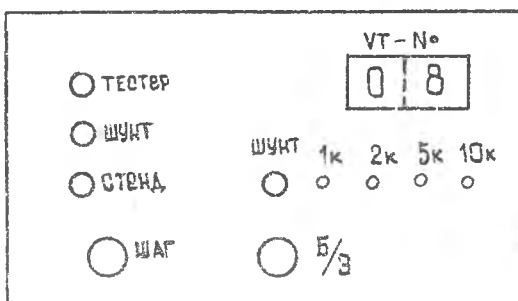
Р и с. 4.

На лицевой панели тестера расположены: тумблер СЕТЬ; ячейка индикации (цифровое табло), предназначенная для индикации коэффициента усиления по току транзисторов; индикаторы $n-p-n$;

$p-n-p$; U ; индикаторное табло НЕПЕРГРУЗКА, I_B ; R_B ; I_K ; R_K ; I_E ; R_E ; β ; переключатели ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ, ТОК КОЛЛЕКТОРА; тумблер $\beta-U$;

розетка типа СР-50; ВХОД U для измерения напряжения; розетка (УК) типа РГ-1П для подключения устройства контактно-тирующего, используемая при внутрисхемном контроле; розетка (УКУ) типа УКУ-1-14П для подключения устройства контактного.

На задней панели тестера расположены: клемма заземления; шнур питания "220 В, 50 Гц"; предохранитель "1 А"; гнезда \perp , +5 В, -5 В, +15 В, -15 В.



Р и с. 5.

Тестер имеет диапазон изменения коэффициентов усиления 10-500. Допустимые значения шунтирующих активных сопротивлений составляет $R_{K\beta} \geq 100 \text{ Ом}$; $R_{K\beta}$ и $R_{\beta\beta}$ не менее $100+10\beta \text{ Ом}$, время одного измерения - 5 с. Погрешность составляет $\pm 30\%$.

Контролируемая схема (рис. 4) состоит из пяти транзисторов и представляет собой блок форсированного включения электромагнитов магнитофона "Комета-225".

УАКТ (рис. 5) позволяет подключать к тестеру один из пятнадцати транзисторов. Причем выбор подключаемого транзистора производится по случайному закону при каждом четвертом нажатии кнопки "Шаг" (рис. 5). При этом на передней панели индицируется номер шага, которому соответствует тип подключенного транзистора. Предусмотрено исследование транзисторов с шунтами и без шунтов, а также на стенде с помощью выносных амперметров.

Номер на индикаторе	Тип транзистора
0	КТ 626В
1	КТ 315А
2	КТ 315Д
3	КТ 502Г
4	КТ 503Б
5	КТ 3102Е
6	КТ 605ЕМ
7	КТ 315П
8	КТ 361Г
9	КТ 3107И
10(12)	КТ 315Б
11(13)	КТ 361Е
12(14)	КТ 209А
13(15)	КТ 315Г
14(16)	КТ 503Г
15(17)	КТ 603Е

Полный цикл исследования одного транзистора осуществляется посредством трех нажатий кнопки "Шаг". Индикация режима исследования осуществляется при загорании лампочек "Тестер", "Шунт", "Стенд". Если горит лампочка "Тестер", то исследуемый транзистор подключен к тестеру без шунтирующих резисторов. При следующем нажатии кнопки "Шаг" дополнительно загорится лампочка "Шунт". Это значит, что к транзистору между коллектором и эмиттером подключен шунт, при этом сопротивление шунта индицируется соответствующей лампочкой на передней панели (1к, 2к, 5к, 10к). В этом режиме сопротив-

ление шунта можно изменять соответствующей кнопкой (рис. 5). При следующем нажатии кнопки "Шаг" загорается индикатор "Стенд", и последующий транзистор подключается к выносной колодке, где можно измерить токи коллектора и базы с помощью внешних амперметров.

Только при четвертом нажатии кнопки "Шаг" к тестеру подключается другой транзистор. Для изменения полярности напряжений при исследовании транзисторов предусмотрена кнопка изменения цоколевки, которой пользуются при нестабильности показаний тестера.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. В контролируемой схеме (см. рис. 4) проверить все транзисторы, подключая их к входным проводам тестера. Определить, какие транзисторы неисправны. Измерить коэффициенты усиления исправных транзисторов. Определить, какие транзисторы не могут быть проконтролированы из-за сильного шунтирующего влияния схемы. При этом необходимо соблюдать следующий порядок работы:

прогрейте тестер в течение 15 мин;

подключитесь к выводам транзистора в контролируемой схеме, при этом не более чем за 5 с загорится один из индикаторов $n-p-n$ или $p-n-p$, указывающих на тип проводимости транзистора, а на цифровом табло индицируется значение β ;

правильно выберите рабочий ток коллектора для проведения достоверного контроля транзисторов с помощью переключателя ТОК КОЛЛЕКТОРА. Для маломощных транзисторов (типа КТ 315, КТ 361 и др.) положение МИН соответствует значению тока 100 мкА, НОМ - 1 мА, МАКС - 10 мА. Для других транзисторов ток увеличивается пропорционально площади эмиттерного перехода;

для правильного выбора режима работы и диагностирования транзисторов служат индикаторы ПЕРЕГРУЗКА;

увеличьте предел измерения при загорании индикатора β ;

загорание индикатора $R_{БЭ}$ сигнализирует о наличии низкоомного шунта в цепи "база - эмиттер", загорание индикаторов I_2 ,

R_2 сигнализирует о наличии низкоомного шунта в цепи эмиттера.

П р и м е ч а н и е. Если индикатор $R_{БЭ}$ загорится после загорания одного из индикаторов $n-p-n$, $p-n-p$, то результат измерения считается достоверным. Незагорание индикаторов $n-p-n$, $p-n-p$ сигнализирует о неисправности транзистора. При переключении тумблера $\beta-U$ в положение U и подключении к разъему ВХОД U кабеля соединительного АМЦ 4.853.017 тестер используется в режиме измерения напряжения. Предел измерения выбирается при помощи переключателя ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЯ.

2. Определить коэффициент усиления β пяти случайно выбранных транзисторов с помощью УАКТ. Для этого включить УАКТ с помощью кнопок "Шаг" и "Шунт", осуществить полный цикл исследования транзисторов с шунтами и без них, определить тип транзистора. Оценить влияние шунтов. Сравнить значение β с паспортными данными на исследуемые транзисторы. Результаты занести в таблицу.

Номер ш/п	Транзис- тор	Тип инди- катора	Сопротивление шунтов, КОМ					Паспорт- ные дан- ные	Ток ба- зы, I_b	Ток кол- лектора I_k	Стенд
			0	1	2	5	10				
7	315 И	$p-n-p$									

Примечание. Токи базы и коллектора измерены с помощью внешних амперметров в момент загорания индикатора "Стенд" на передней панели УАКТ.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Структурная схема тестера внутрисхемного контроля.
2. Результаты экспериментов.
3. График зависимости от сопротивления шунта.
4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и принцип действия тестера внутрисхемного контроля транзисторов.
2. Нарисуйте структурную схему генератора испытываемого сигнала.
3. За счет чего устраняется влияние шунтирующих элементов на результат измерения?
4. Какими параметрами характеризуется транзистор?
5. Что такое сервиспригодность?
6. Какие методы внутрисхемного контроля вам известны?

Библиографический список

Спистунов В.Н., Свездлова Д.М., Чумаков А.А. Тестер внутрисхемного контроля // Приборы и системы управления. 1988. № 5. С. 31

ВНУТРИСХЕМНЫЙ КОНТРОЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Составители: *Конюхов Николай Евгеньевич,
Скворцов Борис Владимирович,
Борисов Дмитрий Анатольевич*

Редактор Т. И. Кузнецова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Е. Д. Антонова

Подписано в печать 17.01.92. Формат 60×84 1/16.
Бумага оберточная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,6. Тираж 200 экз.
Заказ 18. Бесплатно.

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

Участок оперативной полиграфии Самарского
авиационного института.
443001. Самара, ул. Ульяновская, 18.