

Министерство высшего и среднего специального образования  
Р С Ф С Р

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

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ  
ИНДИКАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ

У т в е р ж д е н о  
редакционно-издательским  
советом института  
в качестве  
методических указаний  
к лабораторной работе № 9  
для студентов

Куйбышев 1987

УДК 621.3

Приводится принцип работы газоразрядных, накальных, электролюминесцентных, светодиодных и жидкокристаллических индикаторов. Рассматриваются вольт-амперные, яркостные, частотные характеристики данных устройств. Анализируются схемы управления индикаторами. Определяются токи и напряжения зажигания. Оценивается работа электронных кубиков, индикаторов наличия напряжения, полярности напряжения, перегорания предохранителя.

Рекомендуется студентам специальности 0705.

Составитель М.Н.П и г а н о в

Рецензенты: В.Ф.Соколов, О.В.Филонин

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Редактор Т.А.И с а е в а

Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к

Корректор

Подписано в печать 15.11.87г. Формат 60x84 1/16.

Бумага оберточная белая. Печать оперативная.

Усл.п.л. 2,00. Уч.-изд.л. 2,0. Т.500 экз.

Заказ № 4444. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Молодогвардейская, 151.

Типография им.Мяги Куйбышевского полиграфического объединения,  
г. Куйбышев, ул. Вонька, 60

Ц е л ь р а б о т ы - изучение принципа действия и основных характеристик газоразрядных, накальных, электролюминесцентных, светодиодных и жидкокристаллических устройств, ознакомление со схемами управления.

### Задание:

1. Изучить конструкции и принцип действия индикаторов.
  2. Исследовать вольт-амперные характеристики газоразрядных, накальных, электролюминесцентных, светодиодных и жидкокристаллических индикаторных устройств.
  3. Исследовать яркостно-частотные характеристики газоразрядных и электролюминесцентных индикаторов.
  4. Определить ток и напряжение зажигания индикаторов.
  5. Произвести игру на электронных кубиках со светодиодами и на газоразрядных индикаторах. Проверить работу индикаторов наличия напряжения, полярности напряжения, перегорания предохранителя.
  6. Ознакомиться со схемами управления исследуемых индикаторов.
- В Н И М А Н И Е !** Перед выполнением работы проверьте наличие и надежность заземления установки. При выполнении задания помните о соблюдении мер безопасности. Корпус установки соединен с общим проводом питания, который в свою очередь соединен непосредственно с сетью.

## I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ

### I.1. Классификация и характеристики индикаторов

В настоящее время индикаторные устройства находят широкое применение во многих областях науки и техники: автоматизированные системы управления, часы, измерительные приборы, калькуляторы, телевизоры и др. По виду сигналов, несущих информацию, их можно разделить на три группы: сигнализирующие, знаковые и обзорные. Индикаторы первого типа выдают световой или звуковой сигнал о состоянии контролируемого объекта. Знаковые индикаторы выдают информацию в виде набора знаков (цифр, букв, их сочетаний). Индикаторы третьего типа выдают большое количество разнообразной информации, по которой можно оценить обстановку на производственном участке, удаленном объекте и т.д.

По принципу светоотдачи индикаторы можно разделить на активные и пассивные. В первом случае индикаторы преобразуют электрическую

энергию в световую, во втором случае - модулируют внешний световой поток с помощью электрического поля или тока.

По физическим процессам светостдачи и светомодуляции различают газоразрядные, жидкокристаллические, вакуумные люминесцентные, светодиодные (полупроводниковые), накальные, электрохимические и прочие.

В рамках данных методических указаний будут рассматриваться в основном знаковые индикаторы.

По принципу воспроизведения изображения (знака) индикаторы делятся на знакомодулирующие, знакогенерирующие и знаковосинтезирующие. Различают одноразрядные и многоразрядные индикаторы. По способу формирования знаков можно выделить сегментные и матричные индикаторы. Различают индикаторы коллективного, группового и индивидуального пользования. По конструкции индикаторы делятся на цилиндрические и плоские. В зависимости от формы представления информации различают цифровые и аналоговые индикаторы.

К основным параметрам индикаторов относятся: допустимое расстояние наблюдения, внешняя освещенность, размеры знака, угол обзора, яркость, контрастность, цвет свечения, спектральная характеристика, время реакции, время релаксации, энергопотребление, разрешающая способность, информационная емкость, частотная характеристика.

## 1.2. Жидкокристаллические индикаторы

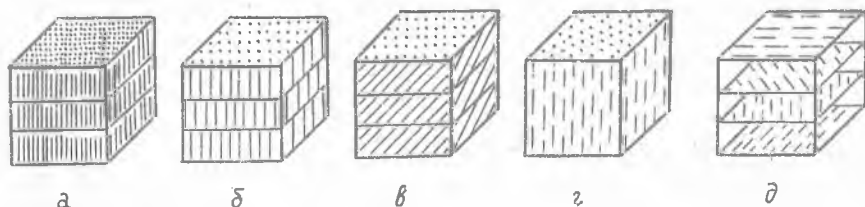
Жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ) относятся к классу пассивных индикаторов. Эти индикаторы не излучают света, поэтому они потребляют малую мощность. Принцип действия ЖКИ основан либо на рассеянии света возбужденными зонами жидкокристаллического вещества, либо на изменении плоскости его поляризации. Иногда используются другие эффекты. Для считывания информации используют естественное освещение или дополнительные источники света.

Жидкокристаллическое состояние - это такое агрегатное состояние, при котором вещество сохраняет анизотропию физических свойств, присущую твердым кристаллам, и текучесть, характерную для жидкостей. Это состояние является термодинамически устойчивым. Такое состояние вещества называют еще мезофазой (промежуточной фазой) или мезоморфным. Все жидкие кристаллы (ЖК) состоят из молекул сравнительно большой длины и относительной малой ширины. Упорядоченное расположение молекул обеспечивается относительно слабыми дальнедействующими силами. Поскольку межмолекулярные силы малы, структура ЖК во многом зависит

от воздействия внешних факторов: температуры, электрических и магнитных полей, механических деформаций, ультразвуковых колебаний и др. При таких воздействиях изменяются оптические свойства ЖК.

В ЖК молекулы подвижны в двух измерениях и могут вращаться вокруг одной оси. При изменении температуры изменяется структура ЖК вещества. Температуру перехода из кристаллической фазы в мезофазу называют температурой плавления, а температуру, при которой мезофаза переходит в обычное жидкое состояние - температурой просветления.

Различают следующие типы ЖК: смектические (А, В и С - модификации), нематические и холестерические (рис.1). В смектиках слои рас-



Р и с. 1. Типы ЖК-структур: а - смектическая А-модификация; б - смектическая В-модификация; в - смектическая С-модификация; г - нематическая; д - холестерическая

положены один над другим на равных расстояниях. Молекулы расположены параллельно своим длинным осям и образуют слои одинаковой толщины, близкой к длине молекул. В нематических ЖК отдельных слоев нет. Оси молекул расположены параллельно друг другу, а их центры размещены хаотично. В холестерических ЖК наблюдается винтовая закрученность структуры вокруг оси, перпендикулярной направлению молекулярной ориентации. Молекулы в этом случае расположены в слоях, а длинные оси молекул параллельны плоскости слоев.

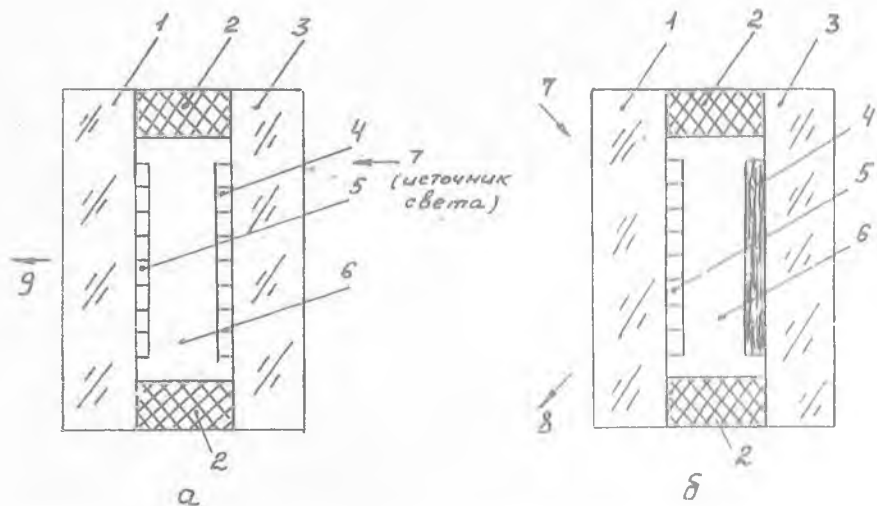
Удельное сопротивление ЖК изменяется от  $10^6$  до  $10^{13}$  Ом·см, поэтому их можно отнести к диэлектрикам. Для них характерна анизотропия

электрических и оптических свойств (анизотропия диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , анизотропия показателя преломления  $n$ ). Различают ЖК  $n$ - и  $p$ -типа.

Для создания индикаторов можно использовать следующие эффекты в ЖК: динамическое рассеяние света, "твист-эффект", электрически управляемое двулучепреломление, переход от холестерической фазы к нематической, эффект "гость-хозяин", холестерическая память, термооптический эффект.

Промышленностью освоен выпуск ЖКИ, принцип действия которых основан на динамическом рассеянии света и электрически управляемом двулучепреломлении.

На рис.2 показаны ячейки ЖКИ, работающие на просвет (а) и на

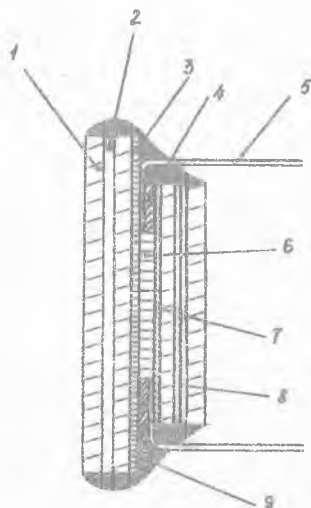


Р и с. 2. Конструкции ЖК индикаторов: а - на просвет; б - на отражение; 1,3 - стеклянные пластины; 2 - склеивающее соединение; 4 - задний прозрачный (а) и отражающий (б) электроды; 5 - передний прозрачный электрод; 6 - ЖК; 7 - падающий свет; 8 - отраженный свет; 9 - прошедший через ЖК; в - индикатор ИЖКИ-4/8: 1 - стеклянная пластина; 2' - поляридная пленка; 3 - общий электрод; 4 - прокладка; 5 - вывод; 6 - ЖК; 7 - электроды-элементы

отражение (б). В отражательном ЖКИ второй электрод должен быть зеркальным. На один электрод нанесены элементы изображения знака, на другой - общий слой. Каждый элемент имеет отдельный вывод. Все общие слои знаков электрически соединены и имеют один общий вывод. Между электродами находится слой ЖК вещества толщиной 12...20 мкм. Если между общим слоем и электродом-знаком подать напряжение, то ЖК вещество помутнеет. На индикационном поле возникает изображение знака (цифра, буква). При снятии напряжения помутнение исчезает и поле индикации становится однородным.

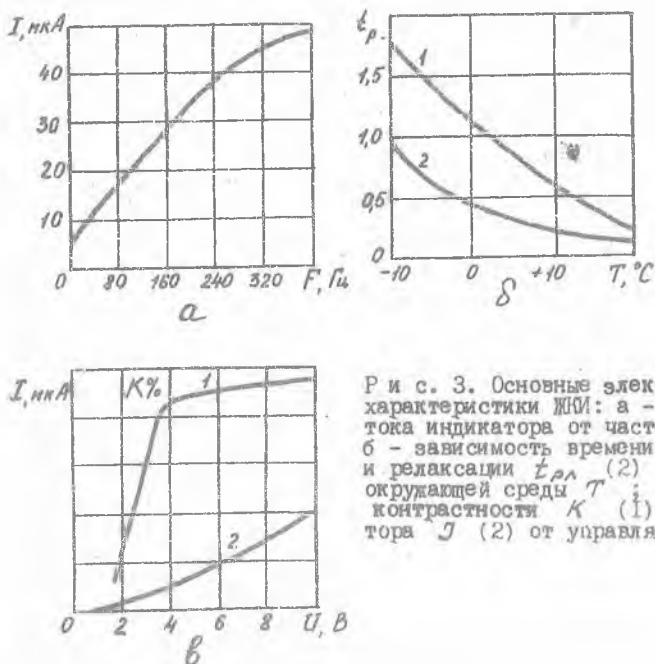
При использовании второго эффекта ЖК вещество помещают между двумя поляризаторами с взаимно перпендикулярной поляризацией. Если на ячейку наложить электрическое поле, то структура ЖК изменяется. Вещество становится двулучепреломляющим. В этом случае можно реализовать как негативное, так и позитивное изображение. На рис. 2, в показана конструкция серийно выпускаемого индикатора ИЖИЦ I-4/3.

Все ЖКИ работают на переменном токе. Рабочее напряжение при использовании первых двух эффектов составляет обычно 4...15 В. Частота управляющего напряжения может изменяться от 30 до 3000 Гц (рекомендуется частота 50 Гц). Угол обзора ЖКИ на эффекте динамического рассеяния света достигает  $120^\circ$ , у индикаторов с двойной поляризацией -  $60^\circ$ . Время реакции ЖКИ составляет 1...20 мс, время релаксации - 100...200 мс. Контрастность знака по отношению к полю индикации составляет 70...90%. Индикаторы могут работать при температуре окружающей среды от  $-10$  до  $+55^\circ\text{C}$ .



Р и с. 2, в

На рис.3 приведены графические зависимости основных электрических характеристик ЖИ. В приложениях I и 2 приведены электрические, эксплуатационные и другие характеристики индикаторов, а также их конструктивные параметры.



Р и с. 3. Основные электрические характеристики ЖИ: а - зависимость тока индикатора от частоты поля  $F$ ; б - зависимость времени реакции  $t_p$  (1) и релаксации  $t_{rel}$  (2) от температуры окружающей среды  $T$ ; в - зависимость контрастности  $K$  (1) и тока индикатора  $I$  (2) от управляющего напряжения

### 1.3. Вакуумные люминесцентные индикаторы

Принцип действия этой группы индикаторов основан на свечении люминофора при бомбардировке его пучком электронов. В вакуумных люминесцентных индикаторах (ВЛИ) используется низковольтная катодолюминесценция. Она имеет место только у ограниченного числа материалов, таких, как  $ZnS$ ,  $CdS$ ,  $ZnO$ ,  $SnO_2$  и др. Катодолюминофоры должны иметь значение ширины запрещенной зоны не более 3-4 эВ, высокое значение электропроводности, низкую величину потенциала начала катодолюминесценции (не более 10 В), высокую светоотдачу.



Такие индикаторы имеют цилиндрическую или плоскую конструкцию. Плоская конструкция является эргономически более совершенной. Она используется только для многоразрядных индикаторов. Многоразрядные плоские индикаторы имеют, как правило, целевое назначение. Например, индикаторы ИВ1-7/5, ИВЛ2-7/5, ИВЛ3-7/5 используются в электронных часах. Индикаторы ИВЛ1-8/6, ИВЛ1-8/12 используются в микрокалькуляторах.

Одноразрядный индикатор показан на рис.4. Элементы индикатора закреплены на керамическом основании.

Слой люминофора нанесен на проводящие элементы, которые выполнены в углублениях основания.

Каждый элемент имеет отдельный вывод. Катод выполнен в виде тонкой вольфрамовой нити (иногда используется две нити), которая закреплена на растяжках параллельно аноду.

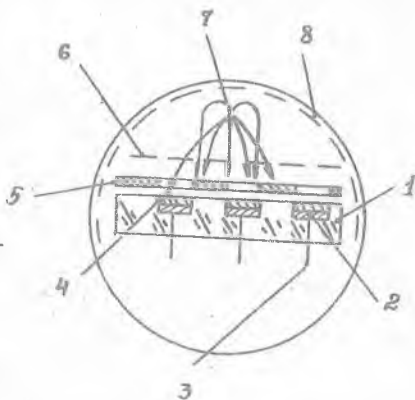
На передней стенке основания размещают плоский экранирующий электрод с отверстиями. Между этим электродом и катодом натянута плоская крупноячеистая управляющая сетка.

Она выполняется из никелевой проволоки. Внутренняя поверхность цилиндрического баллона покрыта прозрачным токопроводящим слоем. Этот слой устраняет неравномерность яркости свечения

сегментов знака, которая возникает при скоплении зарядов на стеклянной поверхности баллона.

В статическом режиме на элементы анода и сетку подают положительное относительно катода напряжение одинаковой величины в пределах 20...30 В (в импульсном режиме до 50...70 В), а на катод - напряжение от 0,85 до 5 В, в зависимости от типа индикатора. Нить катода целесообразно питать переменным током от отдельной обмотки трансформатора.

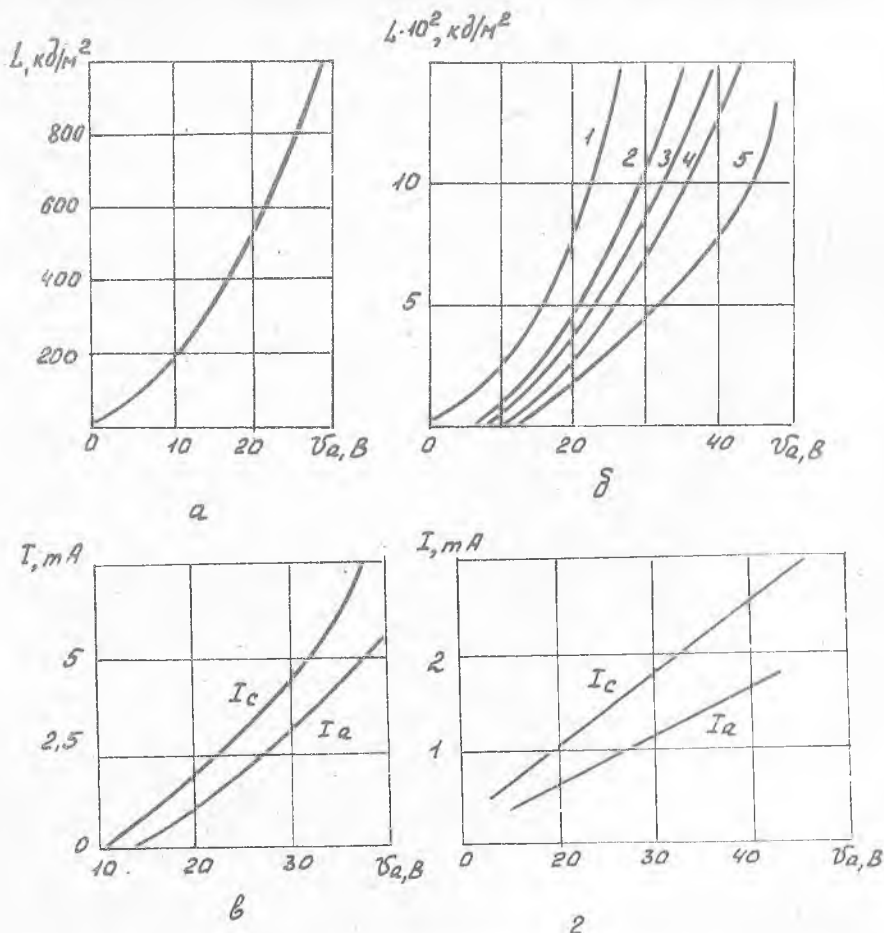
В этом случае яркость свечения сегментов знака будет одинаковой. На экранирующий электрод подают напряжение той же величины, что и на сетку. Эмиттируемые раскаленным катодом электроны под действием ускоряющего поля сетки попадают на сегменты анода, вызывая свечение люми-



Р и с. 4. Конструкции одноразрядного ВЛИ: 1 - основание; 2 - проводящий слой; 3 - вывод; 4 - люминофор; 5 - экранирующий электрод; 6 - сетка; 7 - катод; 8 - прозрачный токопроводящий слой

нофора. Управление индикатором осуществляется по сеточным или сеточно-анодным цепям. Во втором случае яркость свечения сегментов знака по площади будет постоянной.

Яркость свечения люминофора зависит от его состава и режима работы индикатора. Величина яркости может достигать  $1000 \text{ кд/м}^2$  (рис. 5, а).



Р и с. 5. Основные характеристики ВЛИ; а - зависимость яркости свечения  $L$  от анодного напряжения  $U_a$  (яркостная характеристика); б - влияние анодного напряжения и скважности импульсов  $Q$  на яркость свечения; в - зависимость анодного тока  $I_a$  и тока сетки  $I_c$  от анодного напряжения для индикаторов ИВ-18, ИВ-27, ИВЛИ-8/13; г - зависимость анодного тока и тока сетки анодного напряжения для индикаторов ИВ-21, ИВ-28А, ИВЛИ-8/12  
1-Q=5; 2-Q=10; 3-Q=12; 4-Q=14; 5-Q=20

По теоретическим оценкам максимальное значение яркости свечения составляет  $1600 \text{ кд/м}^2$  при плотности тока  $1 \text{ мА/см}^2$ , энергии электронов 20 эВ, квантовом выходе 25...30 %. На рис.5 приведены яркостная характеристика (б) и зависимости анодного и сеточного токов (в,г) от напряжения на аноде для серийно выпускаемых многоразрядных индикаторов.

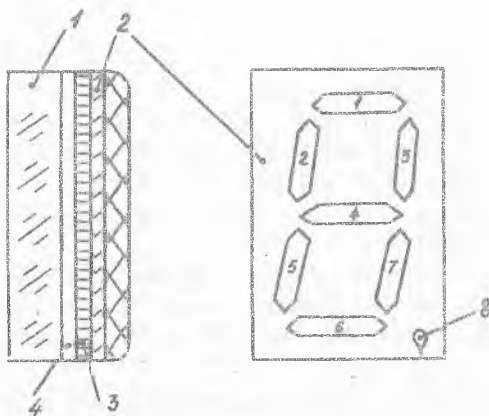
В настоящее время выпускается как одноцветные (красное или зеленое свечение), так и полицветные индикаторы. Они имеют широкий угол обзора (до  $120^\circ$ ). Некоторые индикаторы могут высвечивать как цифры от 0 до 9, так и буквы русского, латинского и греческого алфавитов, цифро-буквенные сочетания.

ВЛИ могут использоваться при уровнях внешней освещенности от 200 до 10000 лк. Индикаторы отличаются высокой экономичностью. Параметры ВЛИ приведены в приложениях 3 и 4.

#### 1.4. Электролюминесцентные индикаторы

Принцип действия электролюминесцентного индикатора (ЭЛИ) основан на свечении люминофора при его возбуждении электрическим полем. Конструкция ЭЛИ приведена на рис.6. Индикатор выполнен в виде плоского конденсатора. Промежутком между обкладками заполнен порошкообразным электролюминофором. В качестве люминофора чаще всего используют  $\text{ZnS}$ ,  $\text{ZnSe}$ ,  $\text{ZnSiO}_4$ . При приложении к структуре переменного напряжения возникает предпробойная электролюминесценция. Свет выводится через стеклянную обкладку с прозрачным металлическим покрытием. При введении в люминофор различных активаторов ( $\text{Mn}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ ) можно получить различный цвет свечения.

Свет выводится через стеклянную обкладку с прозрачным металлическим покрытием. При введении в люминофор различных активаторов ( $\text{Mn}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ ) можно получить различный цвет свечения.



Р и с. 6. Конструкция ЭЛИ: 1 - стеклянная пластина; 2 - металлический экран; 3 - электролюминесцентный слой; 4 - прозрачный электропроводящий слой

Например, индикатор ЭЛ-515 имеет зеленый цвет свечения, ЭЛ-455 - синий, ЭЛ-580 - желтый, ЭЛ-650М - красный.

Яркость свечения ЭЛИ зависит от частоты и величины рабочего напряжения:

$$L = L_0 \omega e^{-\frac{U}{U_0}}$$

где  $U$  - постоянная;  $\omega = 2\pi f$ ;

$f$  - частота, Гц;

$U$  - эффективное значение рабочего напряжения;

$L_0$  - яркость свечения при номинальных частоте и напряжении, кд/м<sup>2</sup>.

Значения яркости для некоторых ЭЛИ приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Напряжение, В	Частота, Гц	$L$ , кд/м <sup>2</sup>			
		ЭЛ-515	ЭЛ-455с	ЭЛ-580	ЭЛ-650М
220	50	4-8	2-4	1-2	-
220	400	14-40	6-20	3-10	-
220	1200	40-80	20-45	10-20	4-5

Рабочее напряжение ЭЛИ изменяется обычно от 175 до 250 В. При этом яркость свечения может достигать 300...400 кд/м<sup>2</sup>.

В настоящее время разработаны ЭЛИ на постоянном токе. Энергопотребление ЭЛИ зависит от площади знака. При  $U = 220$  В,  $f = 400$  Гц реактивная мощность составляет 30 мВ·А/см<sup>2</sup>, а активная - 0,1 мВт/см<sup>2</sup>.

Существенным недостатком таких индикаторов является высокий уровень рабочих напряжений. Это усложняет схему управления ЭЛИ. Этот недостаток частично устранен у пленочных ЭЛИ.

### 1.5. Светодиодные индикаторы

Принцип работы светодиодных индикаторов основан на двух физических процессах: инжекции неосновных носителей заряда в активную область полупроводниковой структуры электронно-дырочным переходом

или гетеропереходом; излучательной рекомбинации инжектированных носителей в активной области кристалла. Активной областью кристалла будет та, которая обладает более высоким внутренним квантовым выходом излучения. Инжекция начинается при подаче на р-п-переход прямого напряжения смещения. Для излучающих структур желательно иметь одностороннюю инжекцию. Инжектированные носители должны направляться только в активную область. Задача односторонней инжекции легче решается в гетеропереходах.

При перемещении инжектированных носителей по активной области происходит их рекомбинация с основными носителями. В процессе рекомбинации выделяется энергия в виде фотонов. Различают следующие механизмы излучательной рекомбинации: межзонная рекомбинация; рекомбинация свободных носителей на примесных центрах; междоимесная рекомбинация; рекомбинация связанных экситонов; экситонная рекомбинация. Максимум спектрального распределения для межзонного излучения можно определить следующим образом

$$\lambda_{\max} \approx \frac{1,239}{E_g},$$

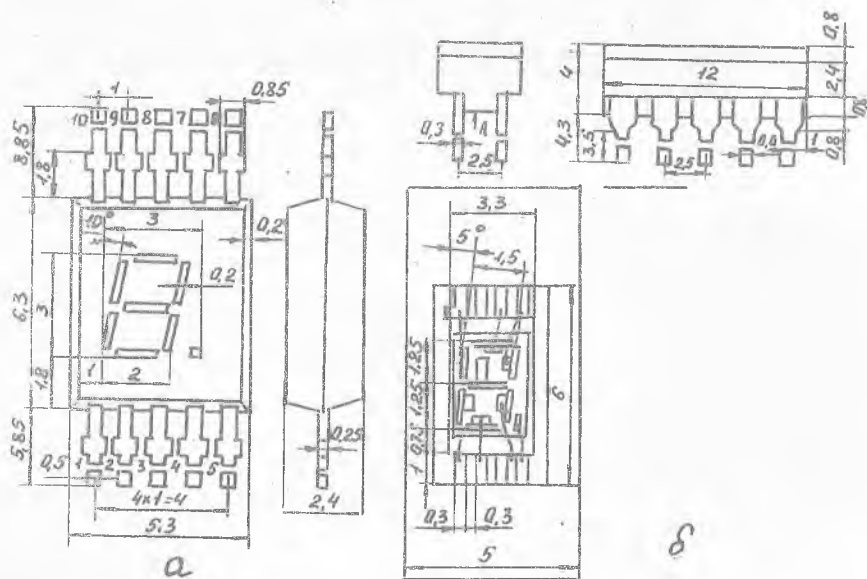
где  $E_g$  - ширина запрещенной зоны, В;

$\lambda_{\max}$  - длина волны, соответствующая максимуму спектральной характеристики, мкм.

Кроме излучательных переходов имеют место безызлучательные переходы, что снижает КПД преобразования электрической энергии в световую. КПД преобразования составляет 0,5...6 %. В качестве материала используют арсенид галлия, фосфид галлия, карбид кремния и др.

Величина рабочего напряжения составляет 1,5...4 В. Потребляемый светодиодами ток изменяется от 3 до 20 мА, а в импульсном режиме может достигать 500 мА.

В качестве элементов индикации можно использовать как отдельные светодиоды, так и цифровые, знаковые, линейные индикаторы. Промышленностью выпускаются как одноразрядные, так и многоразрядные цифровые и знаковые индикаторы. Такие индикаторы широко используют в калькуляторах, электронных часах, секундомерах; устройствах автоматики, счетно-вычислительных машинах. Светодиоды и индикаторы помещают в металлический корпус или герметизируют пластмассой. Выпускаются также бескорпусные элементы. Некоторые конструкции индикаторов приведены на рис.7 и 8.



Р и с. 7. Конструкции корпусных светодиодных индикаторов:  
а - АЛ304В; б - АЛ338А

Цифровые индикаторы имеют разный цвет свечения и высоту цифр от 2,5 до 25 мм. Линейные индикаторы высвечивают изображение в виде нескольких параллельных линий. В матричных индикаторах индикационное поле состоит из дискретных светящихся точек (35 или 100 точек).

Светодиодные индикаторы имеют яркое и насыщенное свечение, являются экономичными, технологичными, долговечными, отличаются удобством управления. В приложениях 5-9 приведены электрические, эксплуатационные и конструктивные характеристики светодиодных индикаторов.

### 1.6. Газоразрядные индикаторы

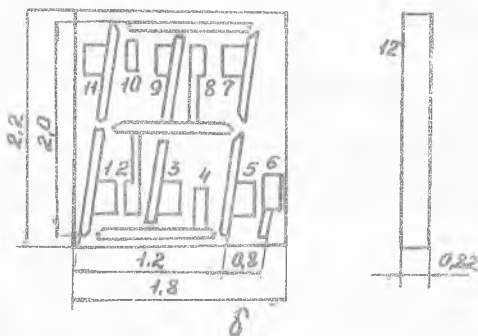
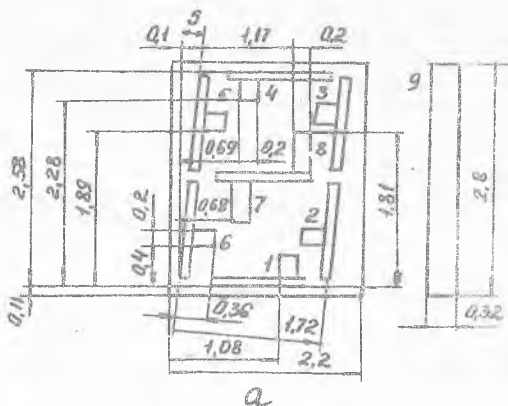
Газоразрядные индикаторы находят широкое применение для отображения информации. В таких индикаторах используется свечение газового разряда. В качестве газовой среды обычно используют гелий или неон. Индикаторы работают в режиме тлеющего разряда. Для возбуждения тлеющего разряда используют диодную систему анод-катод. Тлеющий разряд

возникает при относительно небольших плотностях тока. Структура тлеющего разряда показана на рис.9. Можно выделить пять основных областей разряда: катодное свечение, темное катодное пространство, отрицательное свечение, Фарадеево темное пространство, положительный столб. Излучение квантов света происходит при переходе возбужденных при ионизации атомов газа в нормальное состояние. Основной областью излучения является отрицательное свечение.

Различают нормальный и аномальный тлеющий разряд. В газоразрядных индикаторах используют аномальный тлеющий разряд.

Индикатор обычно имеет один или два анода и несколько катодов (по числу знаков), выполненных в виде цифр, букв или знаков. Используют как фигурные, так и синтезирующие знаки. Катоды и анод размещают в стеклянном баллоне. При напряжении анода-катод, превышающем напряжение зажигания, возникает тлеющий разряд. Он охватывает всю поверхность катода. При этом становится видна соответствующая цифра. Напряжение зажигания составляет величину 100...200 В и зависит от расстояния между электродами, их геометрии, рода газа и величины его давления.

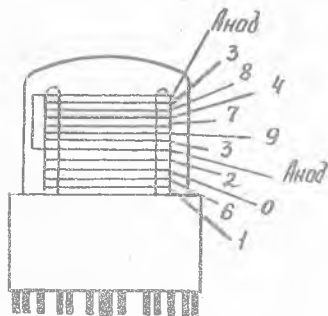
Общий вид такого индикатора приведен на рис.10. Высота знаков в разных типах индикаторов изменяется от 3 до 60 мм. Например, г,



Р и с. 8. Конструкции бескорпусных светодиодных индикаторов: а - АИС313А-5; б - АИС323А-5



Р и с. 9. Структура тлеющего разряда: 1 - катодное свечение; 2 - темное катодное пространство; 3 - отрицательное свечение; 4 - Фарадеево темное пространство; 5 - положительный столб



Р и с. 10. Конструкция газоразрядного индикатора: 0-9-катоды в виде цифр

индикаторе ИН-1 она составляет 20 мм, а в ИН-2 высота цифры равна 9 мм. Преимуществом конструкции с фигурными знаками является привычная для восприятия форма знака, а недостатком - ограниченный угол обзора вследствие размещения электродов в разных плоскостях.

Яркость свечения индикатора пропорциональна разрядному току. Однако при больших значениях тока сокращается срок службы индикатора из-за интенсивного распыления материала катода. Для повышения яркости свечения в основной газ вводят примесные добавки других газов (аргона, криптона, ксенона, водорода). Величина добавки не превышает одного процента. Такой газ называют смесью Пеннинга. При использовании

этой смеси процессы ионизации, возбуждения и рекомбинации протекают более интенсивно. В настоящее время разрабатываются индикаторы, в которых используется свечение положительного столба. Для увеличения долговечности индикатора в него вводят небольшое количество ртути. При этом процесс разрушения катодов замедляется.

В последние годы стали использоваться шкальные, сегментные; матричные, цифро-аналоговые индикаторы плоской конструкции. Такие индикаторы имеют удобную форму и малые габариты. Различают индикаторы постоянного и переменного тока. Разработаны газоразрядные индикаторные панели, состоящие из большого числа двухэлектродных ячеек. При



и использовании люминофоров можно получить требуемый цвет свечения.

Люминофоры возбуждаются излучением газового разряда.

Газоразрядные индикаторы отличаются относительно малым энергопотреблением (порядка 5 мВт на сегмент или около 30 мВт на разряд), невысокой инерционностью (единицы микросекунд), низкой стоимостью. Недостатком таких индикаторов является высокий уровень шумов. Шумы возникают как в процессе коммутации схем возбуждения индикатора, так и во время действия разряда.

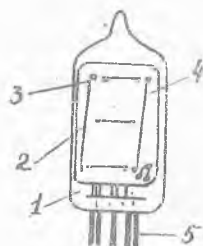
Промышленностью выпускаются устройства, содержащие в едином блоке индикатор и схему управления. Например, унифицированные индикаторы Ф207, Ф207А, Ф207В, Ф228, Ф238 и др.

### 1.7. Вакуумные накаливаемые индикаторы

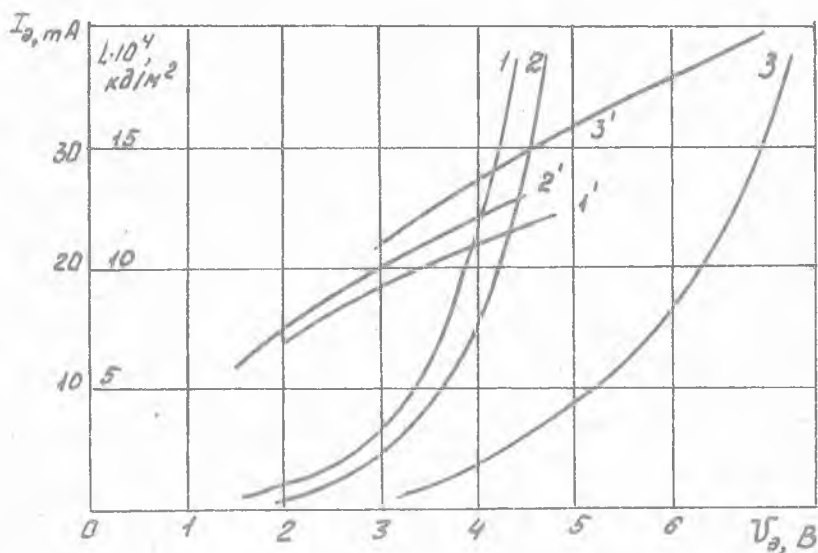
Вакуумные накаливаемые индикаторы (ВНИ) исторически были первыми типами индикаторов. Принцип действия ВНИ основан на тепловом излучении вольфрамовой нити, нагреваемой протекающим током до температуры 2000...3000°K. В настоящее время промышленностью выпускаются одноразрядные сегментные индикаторы ИВ-9, ИВ-10, ИВ-13, ИВ-14, ИВ-20 и др. В этих индикаторах вольфрамовые сегменты крепятся на керамическом основании, установленном в стеклянном баллоне (рис.11). В индикаторах ИВ-9, ИВ-10, ИВ-13, ИВ-14 информация считывается через боковую поверхность баллона, а в ВНИ ИВ-19, ИВ-20 - через торцевую. Индикаторы имеют от 4 до 10 сегментов. Изменяя варианты подключения сегментов, можно отобразить цифры от 0 до 9, буквы русского и латинского алфавита, знаки.

Яркость свечения ВНИ достигает величины 20000 кд/м<sup>2</sup>. Эти индикаторы отличаются самым лучшим считыванием информации при солнечном и искусственном освещении. В некоторых случаях для улучшения условий считывания используют светофильтры. Рабочее напряжение у ВНИ составляет 3...6 В. Энергопотребление на один сегмент составляет 12...15 мА. Индикаторы имеют угол обзора 90-100°. Он слабо зависит от углового размера знака.

На рис.12 приведена яркостная и эмиссионная характеристика ВНИ.



Р и с. 11. Конструкция ВНИ: 1 - стеклянный баллон; 2 - нить накаливания; 3 - опора нити накаливания; 4 - керамическое основание; 5 - вывод



Р и с. 12. Зависимость яркости свечения (1, 2, 3) и тока эмиссии (1', 2', 3') от напряжения: 1 - ИВ-9, ИВ-10, ИВ-16; 2 - ИВ-19, ИВ-20; 3 - ИВ-13, ИВ-14. 1' - ИВ-19, ИВ-20; 2' - ИВ-9, ИВ-10, ИВ-16; 3' - ИВ-13, ИВ-14

Эти индикаторы в большей степени, чем остальные, подвержены ударным и вибрационным нагрузкам. Другим недостатком ВНИ является низкий КПД (единицы процентов). Это обусловлено тем, что интенсивность излучения нити в видимой области спектра мала. Большая часть излучения приходится на инфракрасную область и воспринимается в виде тепла.

### 1.8. Электрохимические индикаторы

Принцип действия этой группы индикаторов основан на различных электрооптических эффектах (их более 20) в твердых кристаллах, смесях жидкокристаллических веществ, электрохромных, электроферетических, электрооптических композициях. Используют эффекты обратимого электроосаждения металлов в неорганических окислах (электрохромизм); электрохимические реакции, при которых образуются окрашенные ион-радикалы

(электрохемихромизм); направленное движение заряженных частиц (ионов) в коллоидном растворе при наложении внешнего электрического поля (электрофорез) и др.

В электрохимических индикаторах (ЭХИ) возбужденные зоны вещества поглощают свет, в отличие от жидкокристаллических, в которых происходит рассеивание света или изменение плоскости его поляризации.

Такие индикаторы имеют малые рабочие напряжения, низкое энергопотребление, большую функциональную плотность и надежность. Они не являются источниками помех, мало чувствительны к электромагнитным и электрическим полям, могут работать при больших давлениях, в широком диапазоне температур, в агрессивных средах.

## 2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

### 2.1. Конструктивное выполнение лабораторной установки

Лабораторная установка содержит набор индикаторов, источников питания, схем управления индикаторами, двух электронных "кубиков", выполненных в едином блоке. Передняя панель лабораторного макета показана на рис. 13. На ней расположены сетевой выключатель типа "ТУМБЛЕР", переключатель имитации перегорания предохранителя "ПЕРЕГОР.", кнопки Кн1, Кн2 для изучения электронных кубиков, рукоятки изменения напряжения источников питания Е1-Е6, переключатели частоты подаваемого сигнала, номера индикатора, рода работы  $\mathcal{S} I - \mathcal{S} 3$ . Под светофильтром расположены исследуемые индикаторы: ИИ-2, ИИ-4, ИИ-14, ИВ-2, ИВ-6, АЛС324, АЛ102, ИЦЖ1/6, ИВ-18, ЛН-1, ЛН-2, ЛН-3. На панели имеется ряд гнезд для подключения амперметра и вольтметра (Г1-Г24) и исследуемого источника (Г25-Г27). Амперметр включается в разрыв цепи. При подключении вольтметра в соответствующие гнезда следует вставить проводные перемычки.

Исследования следует проводить, начиная с максимальных значений частоты и напряжения. Запрещается подавать на индикаторы напряжения больше рабочих.

С помощью переключателей  $\mathcal{S} I - \mathcal{S} 3$  поочередно можно подключать индикаторы к питающему напряжению.

Вольтамперные характеристики индикаторов снимаются согласно приведенным схемам.

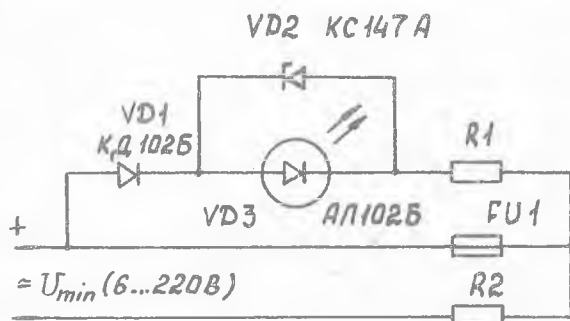


## 2.2. Схемы управления

Для управления работой исследуемых индикаторов используются схемы, показанные на рис. I4-I7.

### Индикатор перегорания предохранителей

В ряде случаев требуется своевременная информация о перегорании предохранителей. Для этого можно использовать индикатор перегорания предохранителя на светодиоде. На рис. I4 приведена схема индикатора, который может работать как в сети постоянного, так и переменного тока.



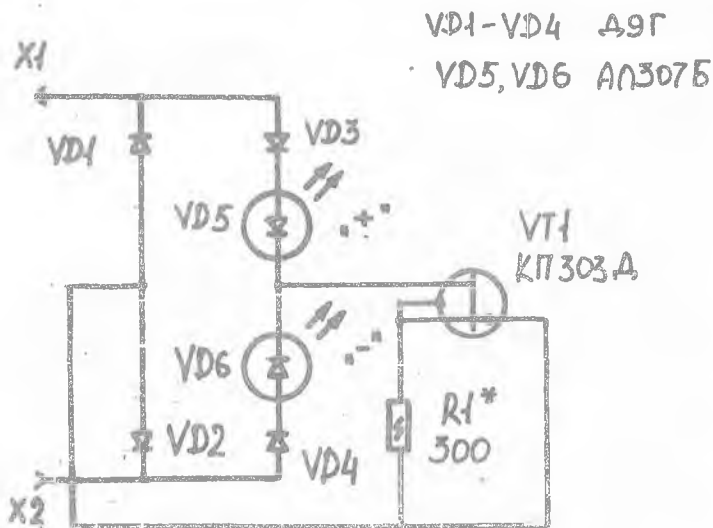
Р и с. I4. Схема индикатора перегорания предохранителя

Если предохранитель  $FU1$  исправен, то падение напряжения на нем мало и светодиод не светится. В случае перегорания предохранителя напряжение сети  $U_{пит}$  через относительно небольшое сопротивление  $R_H$  прикладывается к цепи индикатора. Светодиод  $VD3$  начинает светиться. Значение тока через светодиод должно составлять  $5 \dots 10$  мА. Оно обеспечивается соответствующим выбором сопротивления резистора  $R1$ . Для защиты светодиода от обратного напряжения и выпрямления переменного напряжения используют диод  $VD1$ . Защита светодиода от перегрузки прямым током производится стабилизатором  $VD2$ .

## Индикатор напряжения

Схема индикатора приведена на рис.15. Индикатор позволяет определить наличие, полярность и вид напряжения (постоянное и переменное). Он измеряет постоянное напряжение в диапазоне 2...30 В, переменное - 1,5...21 В. Выпрямитель собран на диодах  $VD1-VD4$ . Стабилизатор тока собран на транзисторе  $VT1$ . Индикаторами напряжения являются светодиоды  $VD5$ ,  $VD6$ , включенные в плечи моста.

Индикаторное устройство работает следующим образом. Зажим  $X2$  соединяют с общим проводом контролируемой конструкции. Щупом  $X1$



Р и с. 15. Схема индикатора напряжения

касается проверяемых цепей. Если на щупе плюс, а на зажиме минус напряжения, то светится светодиод  $VD5$ . При обратной полярности светится светодиод  $VD6$ . В случае подключения переменного тока светятся оба светодиода.

## Электронный кубик на основе газоразрядных индикаторов

Принципиальная схема кубика приведена на рис.16. Генераторы прямоугольных импульсов с частотой 8...10 кГц собраны на микросхеме Д1. Импульсы генераторов поступают на счетчики Д2 и Д4. В счетчиках импульсы преобразуются в сигналы двоичного кода. При каждом шестом импульсе счетчик автоматически сбрасывается в нулевое положение. Сигналы двоичного кода поступают на дешифраторы Д3 и Д5. Эти сигналы преобразуются в дешифраторе в десятичный код. Дешифраторы управляют индикацией. При нажатой кнопке  $S_1$  на индикаторах Н1 и Н2 поочередно индицируются цифры от 1 до 6. Если кнопку отпустить, то на индикаторах высвечиваются случайные цифры, так как при срыве колебаний генераторов счетчики фиксируются в случайном положении.

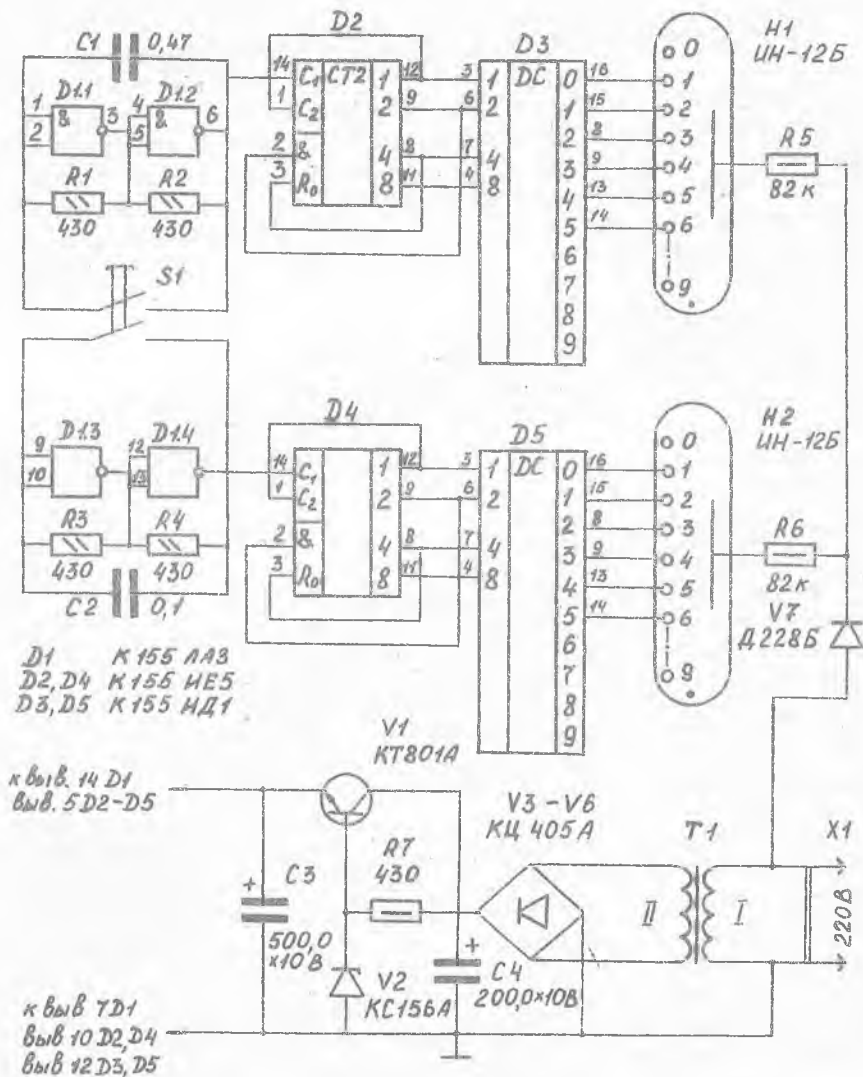
Питание индикаторов Н1 и Н2 осуществляется от сети переменного тока через однополупериодный выпрямитель на диоде  $V_7$ .

## Электронный кубик на основе светодиодов

Принципиальная схема кубика приведена на рис.17. Кубик содержит тактовый генератор Д1.1, Д1.2, счетчики импульсов на микросхеме Д2, дешифраторы Д3-Д5 и светодиоды  $V_1 - V_7$ . При нажатии кнопки  $S_1$  на выводе 8 элемента Д1.3 появляется логическая единица, разрешающая работу генератора. Генерируемые импульсы поступают на счетчик. С выхода счетчика сигналы поступают на дешифратор Д3. При этом на его выходах последовательно появляется логический нуль, поступающий на входы дешифратора Д3, Д4. Скорость "перемещения" логического 0 зависит от величины емкости конденсатора С1 и составляет 1...2 кГц.

Если кнопку  $S_1$  отпустить, то генерация срывается и логический нуль установится по случайному закону на одном из выходов дешифратора Д3. Пусть это будет выход 0. Сигнал с этого выхода (вывод 16 микросхемы Д3) поступает на вход элементов Д4.1 и Д5.1 (выводы 1). На выходах этих элементов появится 1, так как на выводах 2 элемента Д4.1 и 5 элемента Д5.1 будет логическая 1. Поэтому светодиоды  $V_2 - V_5$  светиться не будут. Не будут светиться и светодиоды  $V_6, V_7$ , так как логическая единица, поступающая с вывода 14 Д3, преобразуется инвертором Д4.3 в логический нуль. Он поступает на вывод 4 элемента Д4.2, при этом на его выходе будет логическая единица.

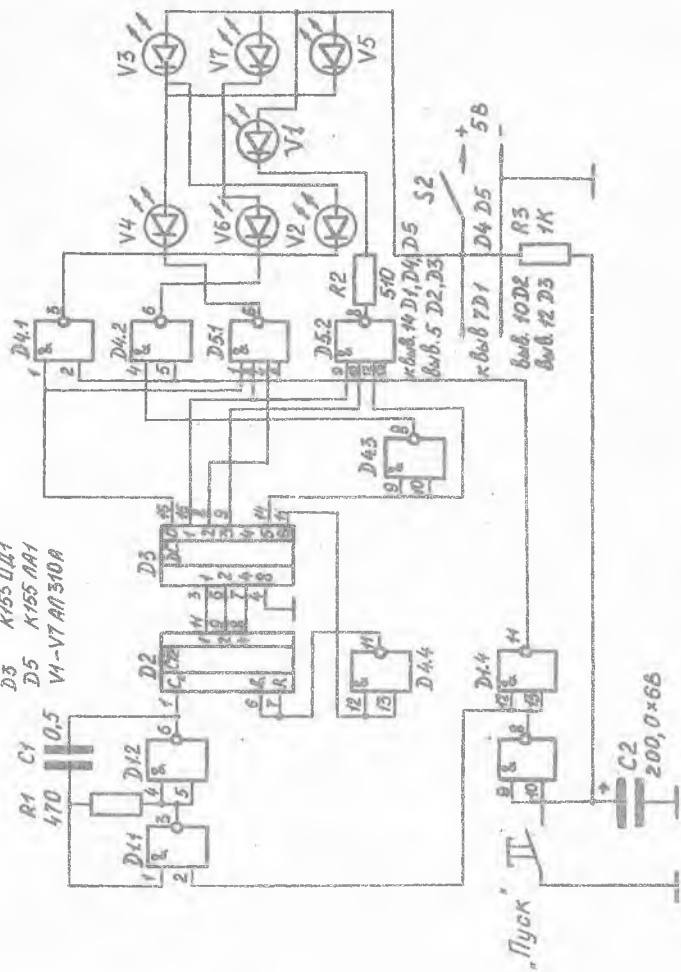
Только на всех входах элемента Д5.2 будут действовать логические 1. Соответственно на выходе этого элемента будет логический 0, разрешающий свечение светодиода  $V_1$ .



Р и с. 16. Принципиальная схема электронного кубика на газоразрядных индикаторах



D1, D4 K155 AQ3  
 D2 K155 UE4  
 D3 K155 U41  
 D5 K155 AH1  
 V1-V7 AN 310A



Р и с. 17. Принципиальная схема электронного кубика на светодиодах

При установке нуля на выходе I (вывод I5 микросхемы Д3) будут светиться светодиоды V2 и V3. Когда нуль установится на выводах I4, I3, 9, 8 дешифратора Д3 будут светиться светодиоды V2-V7, V1-V5, V2-V5, V1-V3 соответственно. Если логический нуль установится на выводе II, то он поступит на инвертор Д4.4; в нем он будет преобразован в логическую единицу, которая поступит на вход R счетчика. Счетчик перейдет в состояние, при котором логический нуль снова установится на выводе 0 (вывод I6 дешифратора Д3).

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя задание.
2. Ознакомиться с лабораторной установкой.
3. Изучить конструкции и принцип действия индикаторов.
4. Включить лабораторный макет в сеть. Сетевой выключатель на передней панели макета перевести в положение ВКЛ.
5. Подключить вольтметр к гнездам Г1 и Г2, а амперметр к гнездам Г3 и Г4. Переключатель S3 перевести в положение "50 Гц". Изменяя напряжение источника E1, снять вольт-амперную характеристику (ВАХ) газоразрядных индикаторов ИН-2, ИН-4, ИН-12. Коммутация индикаторов типа ИН осуществляется переключателем S1.
6. Аналогично п.5 с помощью источника E2 снять ВАХ светодиодных индикаторов АЛГО2А, АЛГО2Б, АЛГО6, АЛС321. Коммутация индикаторов осуществляется переключателем S2.
7. С помощью источника E3 и переключателя S1 снять ВАХ и изучить работу индикатора ИН-13. Амперметр и вольтметр подключаются аналогично п.5 к гнездам Г9-Г12.
8. Изменяя напряжение источника E4 снять ВАХ индикаторов ИВ-3, ИВ-6, ИВ-18. Методика измерения аналогична предыдущим пунктам.
9. С помощью источника E5 снять ВАХ индикаторов ИВ-16, ЛН-1, ЛН-2, ЛН-3. Подключение индикаторов типа ЛН осуществляется переключателем S2, а ИВ-16 - переключателем S1.
10. Перевести переключатель S2 в положение ЖИИ. С помощью источника E6 снять ВАХ индикаторов ИЦД I/6.
11. С помощью источников E1 и E4, переключателей S3 и S1 и фотоприемника снять яркостно-частотные характеристики газоразрядных и электролюминесцентных индикаторов.

12. По ВАХ определить напряжения и токи зажигания.

13. Перевести переключатель  $S3$  в положение "КУБИК 1". С помощью кнопок Кн1 и Кн2 проверить работу электронного кубика на индикаторах ИИ-12.

14. Перевести переключатель  $S3$  в положение "КУБИК 2". С помощью кнопки Кн1 проверить работу кубика на светодиодах.

15. С помощью переключателя "ПЕРЕГОР" проверить работу индикатора перегорания предохранителя. Для этого переключатель  $S3$  перевести в положение ИПЛ.

16. Подключить щупы к гнездам Г25-Г27 и участкам электрической схемы. Проверить наличие и полярность напряжения с помощью соответствующих индикаторов.

17. Сетевой выключатель на передней панели перевести в положение ВЫКЛ. Обесточить лабораторный макет установки.

### Контрольные вопросы

1. Основные психофизиологические требования к индикаторным устройствам.

2. Принцип действия, преимущества и недостатки, области применения накатных индикаторов.

3. Принцип действия газоразрядного индикатора.

4. Нарисуйте и объясните вольтамперную характеристику газоразрядного индикатора.

5. Принцип действия электролюминесцентного индикатора.

6. Объясните зависимость яркости свечения электролюминесцентных индикаторов от частоты и напряжения питания.

7. Принцип действия жидкокристаллического индикатора.

8. Нарисуйте и объясните зависимость времени реакции и времени релаксации ЖКИ от температуры окружающей среды.

9. Принцип действия светодиодного индикатора.

10. Проведите сравнение индикаторных устройств по потребляемой мощности, яркости свечения, диапазону рабочих температур, сроку службы.

11. Нарисуйте схему управления индикатором и объясните ее работу.

### Содержание отчета

I. Цель работы.

2. Схема передней панели установки.
3. Вольт-амперные характеристики исследованных индикаторов.
4. Яркостно-частотные характеристики.
5. Методика измерений.
6. Анализ полученных зависимостей.
7. Выводы.

#### Библиографический список

1. Лямичев И.Я. Устройства отображения информации с плоскими экранами.-М.:Радио и связь, 1983.- 208 с.
2. Индикаторные устройства на жидких кристаллах/ З.Ю.Готра, Л.К.Вистинь, В.В.Пархоменко, Л.М.Смеркало и др.//Под ред. З.Ю.Готры.- М.:Сов.радио, 1980.- 240 с.
3. Быстров Ю.А., Литвак И.И., Персианов Г.М. Электронные приборы отображения информации.-М.:Радио и связь, 1985.- 240 с.
4. Каминский Ю.Д., Коменда Э.И. Индикаторные и регистрирующие устройства для системы автоматического контроля.-М.:Энергия, 1967.- 96 с.

П р и л о ж е н и е I

Индикатор	Основные характеристики						
	К, % не менее	$I_L$ , мкА, не более	$I_{гр}$ , В	$f_{ред}$ , Гц	$Z_p$ , мс, не более	$Z_{ред}$ , мс, не более	$Z_p$ , мс, не более
ИЖКЦ-1/1а	83,3	8	7	50	-	-	800
ИЖК-8	90	1500	24	50	50	800	-
ИЖКЗ-1, ИЖКЗ-2	90	200	20	50	80	1500	-
ИЖКЦ 2-4/3	83,3	0,8	2,7	64	-	-	400
ИЖК-2	83,3	1,5	4,5	64	-	-	400
ИЖКЦ2-4/5, ИЖКЦЗ-4/5	83,3	1,0	2,7	64	-	-	400
ИЖКЦ-4/16	90	2,0	24	50	600	800	-
ИЖКЦ-4/18	87,5	100	7	50	-	-	800
ИЖК-6	83	1	4,5	64	-	-	400
ИЖКЦ-6/17, ИЖКЦ2-6/17	90,1	45	6	64	-	-	400
ИЖКЦЗ-6/17, ИЖКЦ4-6/17	90,1	70	9	64	-	-	300
ИЖК-5	20,2	60	15	32	-	-	600
ИЖК-9	83	2	2,7	64	-	-	400
ИЖКЦ-8/5	83,5	8	6,3	120	-	-	350
ИЖК-4, ИЖК4-1	90	100	20	50	-	-	800
ИЖКС1-ИЖКС8	87,61	70	7	50	-	-	800

Индикатор	Предельно допустимый режим			$f_{\text{раб. макс}}$ , Гц	Рабочая температура, °С
	$U_{\text{упр. мин.}}$ , В	$U_{\text{упр. макс.}}$ , В	$f_{\text{раб. мин.}}$		
ИЖКП-1/16	4	10	30...1000		-10...+55
ИЖ-8	15	30	30...1000		+1...+50
ИЖЗ-1, ИЖЗ-2	15	30	30...50		-10...+50
ИЖКП-4/3	2,4	6	30...1000		+1...+50
ИЖ-2	4	6	30...1000		+1...+50
ИЖС2-4/5, ИЖКП-4/5	2,4	6	30...1000		+1...+50
ИЖКП-4/16	15	30	30...500		+1...+50
ИЖКП-4/17	5	10	30...1000		+1...+50
ИЖ-6	4	6	30...1000		+1...+50
ИЖКП-6/17, ИЖКП-6/17	4	10	30...300		+1...+50
ИЖКПЗ-6/17, ИЖКП-6/17	4	10	30...300		-10...+55
ИЖ-5	15	30	30...50		+5...+50
ИЖ-9	2,4	6	30...1000		+1...+50
ИЖКП-8/5	5,4 <sup>3</sup>	6,3 <sup>3</sup>	60...180		+1...+40
ИЖ-4, ИЖ4-1	10	30	30...70		-10...+50

3 - амплитудное значение

Параметры вакуумных люминесцентных индикаторов

Параметр	ИВШЛ- II/1	ИЛТИ-9М	ИВДШЛ- II/2	П-402	ИЛТ4-30М	П-403	ИЛТИ-8М	ИЛТИ-7Д (П-404)
Цвет и яркость свечения, кд/м <sup>2</sup> , не менее	зелен. 300 красн. 70	зелен. 300 красн. 50	зелен. 300 красн. 70	зелен. 300 красн. 70	зелен. 400 красн. 70	зелен. 300 красн. 70	зелен. 400 красн. 70	зелен. 400 красн. 70
Номинал. яркость, кд/м <sup>2</sup>	-	-	-	1300	1300	-	1300	-
Размер информационного поля, мм	-	22x2,4	54x17	67x15	70x18	42x12	50x20	65x20
Напряжение накала, В:								
эксплуатационное	2-2,65	I-I,4	2-2,65	2,95-3,85	2,95-3,85	2, I-2,6	2, I-2,6	2,6-3,5
номинальное	2,4	I,2	2,4	3,5	3,5	2,4	2,4	3,15
Напряжение на сетке, В	-	15-18	-	15-25	15-25	15-25	15-25	27-30
Напряжение на элементах-анодах, В	27-33	27-32	27-33	27-35	20-35	27-30	27-35	27-30
Ток накала, мА:								
эксплуатационный	45-55	I4-I7	I40-I70	100-130	100-150	80-100	70-100	85-105
номинальный	50	I5	I60	I15	I15	90	90	95
Ток сетки, мА	-	I-3	-	5	I2	2-4	8	9
Пределы изменения тока анода, Нибольший ток анода), мА	5-10	2-4	-	(I4)	(I6)	8-16	5-8	(8)
Срок службы при работе в мультитипесном режиме	5±0,5	--	10±1	2	2	-	-	-
Время готовности, с	0,5	I	I	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
не более								
Минимальная нагрузка	1000 0	1000 0	1000 0	10000	15000	15000	15000	10000
Масса наибольшего	Т5	6	40	50	50	30	30	-

## Параметры вакуумных люминесцентных индикаторов

Параметр	П-408	ИЛТ5-30	П-415	П-416	ИЛТ6-30М (П417В)	ИЛТ7-30М (П417М)	П-423	П-424
Цвет и яркость свечения, кд/м <sup>2</sup> , не менее	зеленый, 400 красный, 70	зеленый, 400 красный, 70	зеленый, 300 красный, 70	зеленый, 300	зеленый, 400 красный, 70	зеленый, 400 красный, 70	зеленый, 300 красный, 70	зеленый, 500
Номинальная яркость, кд/м <sup>2</sup>	-	1300	-	-	1300	1300	-	-
Размер информ. поля, мм	70x14	75x18	30x12	40x12	95x16	100x18	110x29	43x8
Напряжение накала, В:	2,95-3,85	2,95-3,85	4,25-5,5	4,25-5,5	4,25-5,5	4,25-5,5	4,25-5,5	2,1-2,6
эксплуатационное	3,5	3,5	5	5	5	5	5	2,4
Номинальное	15-25	15-25	15-25	15-25	15-30	15-25	24-30	24-30
Напряжение на элементах-анодах, В	27-35	20-35	27-35	27-35	20-35	27-35	24-30	24-30
Ток накала, мА:	100-130	100-150	45-55	35-45	100-150	100-150	135-165	40-70
эксплуатационный	115	113	50	40	130	130	150	60
номинальный	3	12	7	-	4-10	7-14	20	-
Ток сетки, мА	(16)	(16)	(15)	(5)	7-12	7-12	(15)	-
Пределы изменения тока анода (наибольший ток анода), мА	5	5	5	5	-	-	-	-
Сквозность при работе в мультитекстном режиме	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время готовности, с, не более	1500	1500	10000	10000	15000	15000	10000	10000
Минимальная наработка, ч	40	40	-	-	70	60	-	-
Масса наибольшая, г	-	-	-	-	-	-	-	-



Параметры пятисегментных линейных шкал

Тип прибора	Материал	Цвет сечения	Сила света, мкД, при $I_{гр} = 10$ мА, не менее	Постоянное напряжение, В, при $I_{гр} = 10$ мА, не более	Максимум спектрального распределения, мкм	Условное обозначение типа	
						цвет корпуса	число цветных точек
ЗЛСЗ17В	CaAlAs	красный	0,16	2	0,665	красный	одна черная
ЗЛСЗ17Б	CaAlAs	красный	0,35	2	0,665	красный	две черные
ЗЛСЗ17В	CaP	зеленый	0,08	3	0,568	зеленый	одна черная
ЗЛСЗ17Г	CaP	зеленый	0,16	3	0,568	зеленый	две черные
ЗЛСЗ17А	CaAlAs	красный	0,16	2	0,665	красный	без точки
ЗЛСЗ17Б	CaAlAs	красный	0,35	2	0,665	красный	одна синяя
ЗЛСЗ17В	CaP	зеленый	0,08	3	0,568	зеленый	без точки
ЗЛСЗ17Г	CaP	зеленый	0,16	3	0,568	зеленый	одна синяя
ЗЛСЗ17Д	CaP	зеленый	0,32	3	0,568	зеленый	две синие

Значения силы света и прямого напряжения указаны для полного сегмента. Разброс значений силы света в одном приборе не более, чем трехкратный.

В последнее время выпускаются только с общим анодом.

Максимально допустимые режимы:

Прямой постоянный ток при  $T_{акр} = 70^{\circ}\text{C}$  для одного сегмента, мА.....I2

Интервал рабочих температур, %  $^{\circ}\text{C}$ .....-60.....+70

П р и л о ж е н и е 6

Параметры семи сегментных индикаторов

Тип прибора	Цвет свечения	Сила света, при $I_{гр} = 20$ мА, мк, не менее	Постоянное прямое напряжение, В, не более	Максимум спектрального распределения, мкм
АЛС333А	красный	0,2	2	0,65...0,67
АЛС333Б	красный	0,2	2	0,65...0,67
АЛС333В	красный	0,15	2	0,65...0,67
АЛС333Г	красный	0,15	2	0,65...0,67
АЛС334А	желтый	0,2	3,3	0,58...0,59
АЛС334Б	желтый	0,2	3,3	0,58...0,59
АЛС334В	желтый	0,15	3,3	0,58...0,59
АЛС334Г	желтый	0,15	3,3	0,58...0,59
АЛС335А	зеленый	0,25	3,5	0,56...0,57
АЛС335Б	зеленый	0,25	3,5	0,56...0,57
АЛС335В	зеленый	0,15	3,5	0,56...0,57
АЛС335Г	зеленый	0,15	3,5	0,56...0,57

Индикаторы АЛС333 изготавливаются на основе *GaAsP*, остальные - на основе *GaP*.

Разброс силы света - не более 3.

Параметры 35-элементных матричных индикаторов

Тип прибора	Материал	Цвет свечения	Яркость при $I_{np} = 10 \text{ мА, 2 кД/м}^2$	Постоянное прямое напряжение, В, не более	Условное обозначение на корпусе
АЛ306А	CaAsP	красный	350	2	две белые точки
АЛ306Б	CaAsP	красный	200	2	одна белая точка
АЛ306В	CaAsPAs	красный	350	3	две черные точки
АЛ306Г	CaAsPAs	красный	200	3	одна черная точка
АЛ306Д	CaAsPAs	красный	120	3	две зеленые точки
АЛ306Е	CaAsPAs	красный	60	3	одна зеленая точка
АЛ306Ж	CaP	зеленый	120	3	две красные точки
АЛ306И	CaP	зеленый	60	3	одна красная точка

Приложение 8

Параметры одноразрядных семисегментных индикаторов

Тип прибора	Яркость при $I_{np} = 5 \text{ мА, кд/м}^2$	Высота цифр, мм	Условное обозначение на корпусе
АЛ13А	600	3	красная полоса
АЛ13Б	350	3	зеленая полоса
АЛ13В	120	3	синяя полоса
АЛ13Г	350	3	зеленая полоса
АЛ13Д	120	3	синяя полоса
АЛ13Е	600	3	красная полоса
АЛ13Ж	350	3	зеленая полоса
АЛ13И	120	3	синяя полоса
АЛ13К	600	2	красная полоса
АЛ13Л	350	2	зеленая полоса
АЛ13М	120	2	синяя полоса
АЛ13Н	600	2	красная полоса
АЛ13Р	350	2	зеленая полоса
АЛ13С	120	2	синяя полоса

Приложение 9

Параметры одноразрядных светодиодных индикаторов типа АЛС320 (ЗЛС320)

Тип прибора	Материал	Цвет свечения	Сила света, мкд, при $I_{\text{ср}} = 10 \text{ мА}$	Постоянное напряжение, В	Максимум спектрального распределения, мкм	Условное обозначение на корпусе
АЛС320А	GaAsP	красный	0,4	2	0,64-0,67	-
АЛС320Б	GaP	зеленый	0,15	3	0,55-0,57	-
АЛС320В	GaP	зеленый	0,25	3	0,55-0,57	Одна белая точка
АЛС320Г	GaAsP	красный	0,6	2	0,64-0,67	Одна белая точка
ЗЛС320А	GaAsP	красный	0,4	2	0,64-0,67	Белая и желтая точка
ЗЛС320Б	GaP	зеленый	0,15	3	0,55-0,57	Белая и желтая точки
ЗЛС320В	GaP	зеленый	0,25	3	0,55-0,57	Одна белая точка и две желтые
ЗЛС320Г	GaAsP	красный	0,6	2	0,64-0,67	Одна белая точка и две желтые

# СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
I. Теоретические основы работы.....	I
I.1. Классификация и характеристики индикаторов.....	I
I.2. Жидкокристаллические индикаторы.....	2
I.3. Вакуумные люминесцентные индикаторы.....	6
I.4. Электролюминесцентные индикаторы.....	9
I.5. Светодиодные индикаторы.....	10
I.6. Газоразрядные индикаторы.....	12
I.7. Вакуумные накаливаемые индикаторы.....	15
I.8. Электрохимические индикаторы.....	16
2. Описание лабораторной установки.....	17
2.1. Конструктивное выполнение лабораторной установки.	17
2.2. Схемы управления.....	19
3. Порядок выполнения работы.....	24
Контрольные вопросы.....	25
Содержание отчета.....	25
Библиографический список.....	26
П р и л о ж е н и я.....	27