

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации
Уральская государственная лесотехническая академия

Кафедра автоматизации производственных
процессов

В.Е. Выборнов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ЭЛЕКТРОНИКА"
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ И ЗАОЧНОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ**

Электронный архив УГЛТА
Рассмотрены и рекомендованы к изданию методической
комиссией лесоинженерного факультета УГЛТА.
Протокол N 32 от 2.02.99.

Рецензент доц., канд. техн. наук Денисламов В. Д.

Редактор Сабитова Ю. Р.

Подписано в печать 16.06.99, Формат 60x84 1/16

Плоская печать

Печ. л. 1,39

Тираж 100 экз.

Заказ N 38/581

Лоз. 28

Цена 4 р. 40 к.

Редакционно-издательский отдел УГЛТА
Отдел оперативной полиграфии

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом для специальности 2102.00 "Автоматизация технологических процессов лесопромышленного комплекса" предусмотрена курсовая работа по дисциплине "Электроника".

Курсовая работа выполняется студентами 3 курса как очного, так и заочного обучения.

Цель курсовой работы состоит в выработке у студентов навыков самостоятельной работы по проектированию измерительной части автоматических устройств контроля физических и электрических параметров (таких как: масса, освещенность, сопротивление изоляции, давление воздуха, постоянное и переменное напряжения, постоянный и переменный токи).

Кроме того, студентам предстоит разработать источник напряжения питания (стабилизированный для операционных усилителей и опорных напряжений, а также нестабилизированный для питания выходных сигнализирующих элементов).

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1. В процессе курсовой работы студентам предстоит разработать свой вариант устройства контроля физических и электрических параметров.

К физическим параметрам относятся: масса дозируемого материала, давление газа, освещенность рабочего места, температура окружающей среды.

К электрическим параметрам относятся: постоянный и переменный токи, напряжение постоянного и переменного тока, импульсное напряжение, сопротивление изоляции общей шины электронной аппаратуры относительно ее корпуса.

1.2. В объем курсовой работы входит разработка схемы электрической принципиальной на формате А2 и оформление расчетной пояснительной записки (РПЗ) в объеме 15-20 страниц рукописного текста (допускается оформлять РПЗ машинным способом).

1.3. Схема электрическая принципиальная должна обязательно сопровождаться перечнем элементов, задействованных в разработке.

1.4. В РПЗ должны быть следующие материалы:

- аннотация;
- содержание;

- введение;
 - все необходимые требования технического задания курсовой работы конкретного варианта, а также разделы:

- 1) описание схемы электрической структурной;
- 2) электрический расчет и выбор типов электрорадиоизделий (ЭРИ) с указанием технических характеристик и габаритных размеров;
- 3) описание принципа работы устройства с ссылкой на элементы схемы электрической принципиальной.

1.5. Аннотация оформляется в объеме не более полстраницы, где называется тема курсовой работы, количество страниц РПЗ, количество таблиц, рисунков, приложений.

2. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

2.1. Вариант курсовой работы выбирается из табл. 1 на пересечении вертикальных колонок, соответствующих последней цифре, взятой из суммы цифр номера зачетной книжки, с горизонтальными линиями, соответствующими первой букве фамилии студента. Затем из табл. 2 по выбранному номеру варианта курсовой работы необходимо определить вид контролируемого параметра X_i с соответствующими тишами трех выходных сигнализирующих элементов СЭ1, СЭ2, СЭ3.

2.2. Конкретные виды выходных сигнализирующих элементов СЭ1, СЭ2, СЭ3 указаны для каждого варианта курсовой работы в столбцах

2 - 6 табл. 2.

2.3. Разрабатываемое устройство должно производить контроль выбранного параметра по двум предельным значениям:

- а) нижнее предельное значение $X_{н.п.з.}$
- б) верхнее предельное значение $X_{в.п.з.}$

Таблица 1

Номера вариантов курсовой работы в зависимости от первой буквы фамилии и последней цифры в сумме цифр номера зачетной книжки

Первая буква фамилии	Последняя цифра в сумме цифр номера зачётной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	19	39	16	43	27	53	60	21	47	3
Б	52	46	28	26	59	19	6	58	37	45
В	20	27	40	52	50	5	59	34	1	42
Г	10	47	26	3	2	38	40	44	49	44
Д	8	41	53	35	27	45	34	5	23	5
Е	30	33	13	28	40	31	51	16	54	25
Ё	32	49	20	7	5	17	57	18	17	9
Ж	30	48	11	54	15	53	52	43	26	35
З	36	10	44	49	14	12	46	25	41	38
И	2	37	42	6	29	39	19	40	13	35
К	11	29	11	47	22	56	41	55	1	10
Л	19	26	48	33	22	29	46	18	36	50
М	9	48	57	14	49	32	59	3	4	7
Н	32	31	50	37	56	6	43	3	48	14
О	37	56	3	16	35	17	23	58	1	23
П	44	38	6	24	21	33	18	12	49	54
Р	26	52	46	28	40	15	22	34	58	60
С	11	57	31	14	14	33	55	36	43	13
Т	10	8	60	12	30	55	5	18	37	43
У	19	9	15	20	58	48	25	26	51	53
Ф	50	1	34	12	47	24	45	51	45	39
Х	36	11	21	16	40	27	59	22	4	51
Ц	3	42	12	17	41	53	13	54	54	35
Ч	28	56	51	51	1	5	2	42	4	45
Ш, Щ	47	31	14	37	8	42	30	35	52	25
Э, Ю	29	7	4	39	2	38	55	15	24	13
Я	58	19	60	21	12	33	41	22	10	53

Таблица 2

Технические требования вариантов курсовой работы

Наименование контролируемого параметра (X_i), имеющего два фиксированных предельных значения: нижнее предельное значение ($X_{нпз}$) и верхнее ($X_{впз}$)	Номер варианта курсовой работы с конкретным наименованием контролируемого параметра (X_i) с соответствующими типами выходных сигнализирующих элементов: СЭ1, СЭ2, СЭ3 при наличии элементов гальванической развязки (с Г.Р) или без гальванической развязки (без Г.Р)				
	СЭ1-светодиоды		СЭ1-электролампы 1Вт,30В		Электролампы 220В 50 Гц
	с Г.Р	без Г.Р	с Г.Р	без Г.Р	с Г.Р
1	2	3	4	5	6
1. Постоянное напряжение, изменяющееся от 0 до 120 В ($U_{нпз} = 90 В, U_{впз} = 110 В$)	1	2	3	4	5
2. Переменное напряжение частоты 50 Гц, изменяющееся от 0 до 250 В ($U_{нпз} = 198 В, U_{впз} = 242 В$)	6	7	8	9	10
3. Постоянный ток, изменяющийся от 0 до 50 мА ($I_{нпз} = 30 мА, I_{впз} = 45 мА$)	11	12	13	14	15
4. Переменный ток, изменяющийся от 0 до 15 А ($I_{нпз} = 9 А, I_{впз} = 11 А$)	16	17	18	19	20
5. Температура, контролируемая термосопротивлением, изменяющаяся от +90 до +100°С ($T_{нпз} = 90°С, T_{впз} = 94°С$)	21	22	23	24	25

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
6. Температура, контролируемая термопарой, изменяющаяся от 0 до +150 °С ($T_{нпз} = 120\text{ °С}$, $T_{впз} = 140\text{ °С}$)	26	27	28	29	30
7. Сопротивление изоляции $R_{из}$, изменяющееся от 0,8 до 1,2 МОм ($R_{нпз} = 0,9\text{ МОм}$, $R_{впз} = 1,1\text{ МОм}$)	31	32	33	34	35
8. Масса дозируемого материала (W), изменяющаяся от 0 до 2 Т ($W_{нпз} = 1,6\text{ Т}$, $W_{впз} = 1,8\text{ Т}$)	36	37	38	39	40
9. Амплитуда импульсных сигналов (U), изменяющаяся от 0 до 60 В ($U_{нпз} = 45\text{ В}$, $U_{впз} = 55\text{ В}$)	41	42	43	44	45
10. Давление газа (P), изменяющееся от 0 до 5 кгс/см ² ($P_{нпз} = 2,5\text{ кгс/см}^2$, $P_{впз} = 3,5\text{ кгс/см}^2$)	46	47	48	49	50
11. Освещенность рабочего места оператора (X), изменяющаяся от 0 до 200 лк ($X_{нпз} = 90\text{ лк}$, $X_{впз} = 110\text{ лк}$)	51	52	53	54	55
12. Влажность окружающей среды (M), изменяющаяся от 70 до 80 % при температуре +30 °С ($M_{нпз} = 74\%$, $M_{впз} = 78\%$)	56	57	58	59	60

2.4. Состояния сигнализирующих элементов (СЭ1 - СЭ3), сработанные или нет, зависят от того, в какой зоне относительно предельных значений находится контролируемый параметр. Конкретные состояния СЭ1-СЭ3 представлены в таблице 3.

Таблица 3

Состояния сигнализирующих элементов
в зависимости от величины контролируемого параметра

Диапазон контролируемого параметра	Состояния сигнализирующих элементов		
	СЭ1	СЭ2	СЭ3
$0 < X_i < X_{н.п.з}$	сработан	нет	нет
$X_{н.п.з} < X_i < X_{в.п.з}$	нет	сработан	нет
$X_{в.п.з} < X_i$	нет	нет	сработан

2.5. Кроме вывода информации на три сигнализирующих элемента в курсовой работе необходимо предусмотреть четвертый выход устройства с унифицированным выходным напряжением постоянного тока, изменяющимся от 0 до 10 В линейно и пропорционально с изменением контролируемого параметра от $X_{мин}$ до $X_{макс}$, как указано в столбце 1 табл. 2.

2.6. В процессе курсовой работы кроме разработки преобразовательной, измерительной, усилительной и сигнализирующей частей устройства контроля заданного параметра предстоит разработать блок питания, состоящий из понижающего сетевого трансформатора с необходимым количеством вторичных обмоток, выпрямительных устройств, RC - фильтров и стабилизаторов напряжения.

2.7. В каждом варианте курсовой работы необходимо выбрать тип датчика и преобразователя выходного сигнала датчика в унифицированное напряжение постоянного тока, изменяющееся от 0 до 10 В.

2.8. На рис. 1 представлен пример унифицированной схемы электрической структурной устройства двухдopusкового контроля давления газа, у которого в качестве первичного преобразователя давления пара в электрический сигнал (в унифицированный постоянный ток, изменяющийся от 0 до 5 мА) используется отечественный преобразователь типа "САПФИР". В качестве выходных сигнализирующих элементов СЭ1- СЭ3 используются электролампы НЛ1 - НЛ3 с рабочим напряжением 220 В переменного тока.

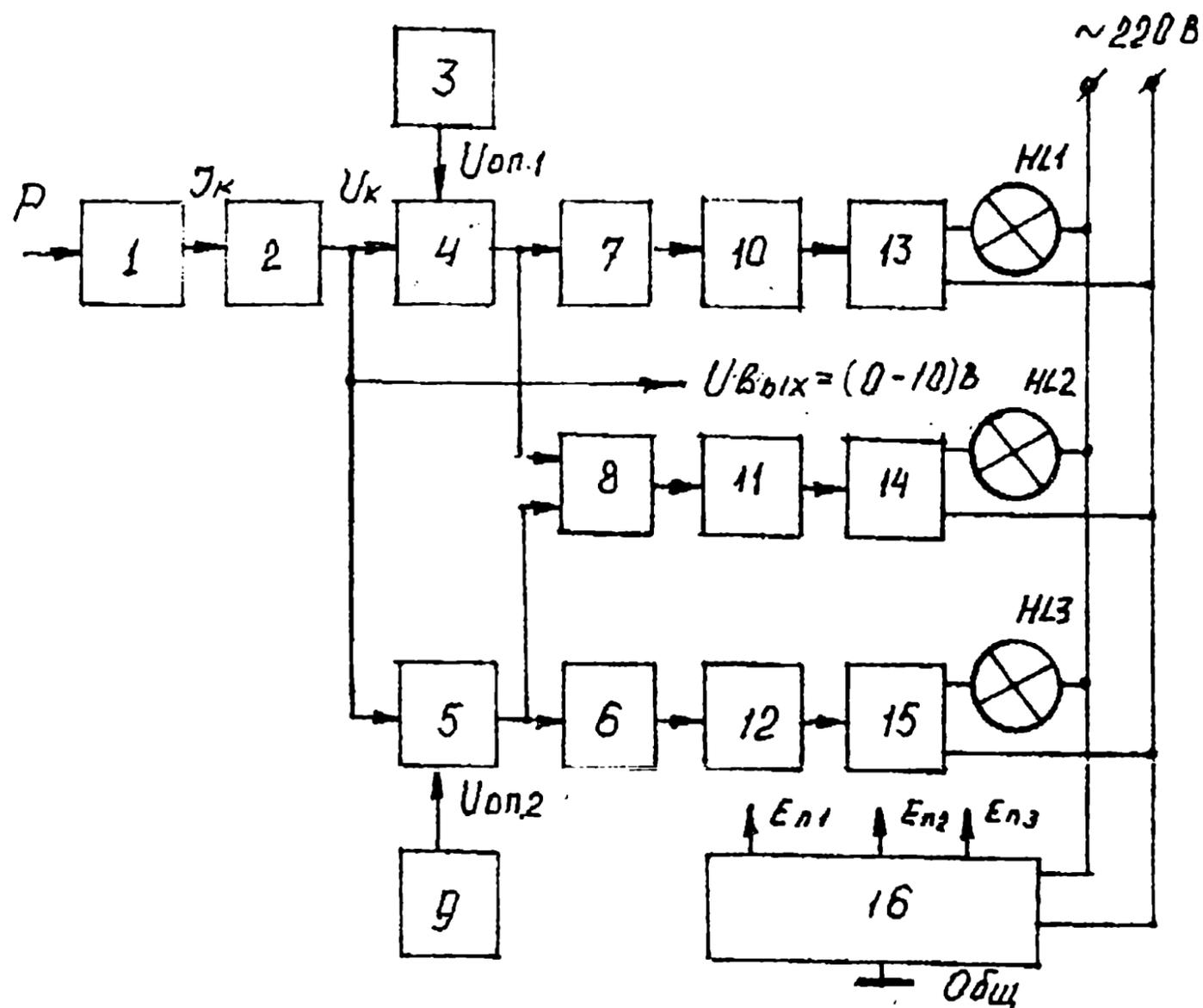


Рис. 1. Схема электрическая структурная устройства двухдопускового контроля давления

- 1 - Датчик давления "Сапфир"; ✓
- 2 - Преобразователь тока в напряжение; суматор.
- 3, 9 - Источники опорных напряжений;
- 4, 5 - Схемы сравнения (компараторы);
- 6, 7, 8 - Логические микросхемы;
- 10, 11, 12 - Выходные усилители;
- 13, 14, 15 - Узлы гальванической развязки;
- 16 - Блок питания;
- HL1, HL2, HL3 - Лампы электрические 220 В, 100 Вт

2.9. Для обеспечения контроля постоянного напряжения величиной более допустимого значения (15 В) для работы операционного усилителя необходимо применить резисторный делитель, понижающий большое входное контролируемое напряжение, например 120 В, до необходимой величины, допускающей работу операционного усилителя.

2.10. Для контроля переменного напряжения (0 – 250 В) необходимо его преобразовать в постоянное напряжение с применением сглаживающего RC - фильтра.

2.11. Для контроля переменного тока необходимо использовать трансформатор тока (ТА), преобразующий переменный ток большой величины в напряжение переменного тока необходимой величины с последующим его выпрямлением и сглаживанием с помощью RC - фильтра.

2.12. Для преобразования постоянного контролируемого тока в напряжение постоянного тока необходимо использовать преобразователь тока в напряжение, выполненный на базе операционного усилителя, у которого $U_{\text{вых}} = I_{\text{вх}} \cdot R_{\text{ос}}$.

2.13. Для преобразования температуры (контролируемой термометром сопротивления, например, типа ТСМ) в постоянное напряжение необходимо использовать четырехплечевую мостовую резисторную схему.

В питающую диагональ необходимо подать напряжение постоянного тока не более 5 В, а выходы измерительной диагонали подключить ко входам операционного усилителя, работающего в режиме линейного усиления, обеспечивающего изменение выходного напряжения от 0 до 10 В при изменении контролируемой температуры от 90 до 100°С.

2.14. Для преобразования температуры, контролируемой с помощью термоэлектрического термометра (термопары) в постоянное напряжение, изменяющееся от 0 до 10 В, необходимо применить операционный усилитель с соответствующим коэффициентом усиления.

2.15. Для контроля сопротивления изоляции общей шины электронной аппаратуры относительно заземленного корпуса используется так же, как при контроле температуры, четырехплечевой резисторный измерительный мост, в одно из плеч которого включена контролируемая цепь с соответствующим сопротивлением изоляции.

2.16. Для преобразования массы дозируемого материала используется отечественный датчик силонизмерительный тензорезисторный типа 1909 ДСТ, который представляет собой четырехплечевой резисторный мост. Все плечи датчика образованы тензорезисторами. При питании датчика постоянным напряжением 24В

выходной сигнал представляет собой линейно изменяющееся напряжение постоянного тока в пределах от 0 до 40 мВ при загрузке от 0 до максимально допустимой величины. Датчик имеет большое количество вариантов на различные допустимые нагрузки:

0 - 10; 0 - 15; 0 - 25; 0 - 50; 0 - 75; 0 - 100; 0 - 150; 0 - 250; 0 - 500 кг.

2.17. Для обеспечения контроля амплитуды импульсного напряжения необходимо использовать амплитудный детектор (выпрямитель), собранный на операционном усилителе. Амплитудный детектор отслеживает амплитуду входных контролируемых импульсов, то есть преобразовывает медленно изменяющиеся амплитуды импульсного сигнала в медленно изменяющееся напряжение постоянного тока.

2.18. Для обеспечения контроля давления газа используется отечественный преобразователь типа "САПФИР", о котором было сказано выше.

2.19. В качестве первичного преобразователя освещенности чаще используются фоторезисторы, включенные вместе с прецизионным резистором в цепь, представляющую собой делитель напряжения. Выходное напряжение делителя подается на один из входов схемы сравнения, собранной на операционном усилителе, на второй вход которого подается стабилизированное опорное напряжение.

2.20. В качестве первичного преобразователя влажности окружающей среды обычно используется так называемый гигрометр, представляющий собой четырехплечевой резисторный мост. В одно нижнее плечо мостовой схемы включено термосопротивление, находящееся на открытом воздухе, а во второе нижнее плечо схемы включено такое же термосопротивление, но помещенное в "ванночку" с водой. В первом случае датчик температуры называют "сухим", а втором - "мокрым". Сигнал, снимаемый с указанных термосопротивлений, поступающий на прямой и инверсный входы операционного усилителя, пропорционален разности температур "сухого" и "мокрого" датчиков, и значит пропорционален влажности окружающей среды.

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1. В расчетной части РИЗ должны быть приведены расчеты электрических параметров ЭРИ, на которые имеются предельно допустимые ограничения как в максимальную, так и в минимальную стороны, и по этим параметрам рассчитать величины сопротивлений резисторов, обеспечивающих требуемые режимы работы.

3.2. Кроме того, в расчетной части РПЗ необходимо произвести расчет делителей напряжения, обеспечивающих стабилизированным опорным напряжением схемы сравнения, и разработать источники стабилизированного напряжения для питания операционных усилителей, измерительных мостов и нестабилизированные источники для питания выходных усилителей, обеспечивающих срабатывание сигнализирующих элементов. Расчет источника питания завершается определением эффективного значения напряжения на всех вторичных обмотках как силового трансформатора, так и трансформаторов, используемых в качестве преобразователей переменного контролируемого напряжения в постоянное напряжение, и преобразователей контролируемого переменного тока в постоянное напряжение.

3.3. Предстоит также рассчитать RC - фильтры в зависимости от заданных значений коэффициента пульсаций на выходе фильтра, тока нагрузки и выходного выпрямленного напряжения. Коэффициент пульсации определяется выражением:

$$K_p = \frac{U_p}{U_{\text{вых}}} \cdot 100, \%$$

где U_p - абсолютная величина пульсации на выходе RC - фильтра (на конденсаторе C (RC - фильтра));

$U_{\text{вых}}$ - выходное выпрямленное напряжение постоянного тока на конденсаторе фильтра.

Значения коэффициентов пульсаций для расчета RC - фильтра приведены в табл. 4.

Коэффициенты пульсации выпрямленного напряжения условно определяются в зависимости от последней цифры в сумме цифр номера зачетной книжки.

Таблица 4

Значения коэффициентов пульсаций и токов нагрузки источников питания

Последняя цифра суммы цифр номера зачетной книжки	K_p – значение коэффициента пульсаций, %	Величина тока нагрузки, $I_n = I_{n. \text{факт}} + I_{n. \text{доп}}$
0	1	2
0	1.0	0.1
1	1.1	0.11
2	1.2	0.12
3	1.3	0.13
4	1.4	0.14
5	1.5	0.15
6	0.6	0.06
7	0.7	0.07
8	0.8	0.08
9	0.9	0.09

В этой же таблице приведены необходимые величины токов нагрузки при расчете источников питания, которые определяются выражением:

$$I_n = I_{n. \text{факт}} + I_{n. \text{доп}}$$

где I_n условно зависит также от последней цифры в сумме цифр номера зачетной книжки;

$I_{n. \text{факт}}$ - фактическая величина тока нагрузки, определяемая суммой потребляемых токов задействованных активных элементов схемы (операционные усилители, транзисторные усилители, токи сигнализирующих элементов, токи делителей напряжений);

$I_{n. \text{доп}}$ - дополнительный ток к фактическому току для получения заданной величины тока нагрузки согласно табл. 4. Добавочный ток нагрузки $I_{n. \text{доп}}$ обеспечивается подключением к выходу RC - фильтра добавочного шунтирующего резистора с необходимой величиной сопротивления.

4. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СХЕМНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

4.1. В процессе проектирования графическая часть работы должна состоять из схемы электрической принципиальной, выполненной на ватмане формата А1. По принятой в Российской Федерации системе обозначения схемной, конструкторской и текстовой документации должны состоять из 13 буквенно-цифровых знаков. Пример оформления схемы электрической принципиальной ЛАКР. 000.000.221 ЭЗ приведен на рис. 1.

Согласно требованию ГОСТ 2.701-84 (п.2.4.2.) условные графические обозначения электрорадиоизделий (ЭРИ) изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения.

Графические обозначения ЭРИ на схеме изображают линиями той же толщины, что и линии связей.

4.2. Линии связей должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и пересечений. Рекомендуемая толщина линий связи от 0,3 до 0,4 мм, расстояние между соседними линиями должно быть не менее 3 мм.

4.3. Все элементы схемы должны иметь позиционные обозначения. Порядковые номера позиционных обозначений электрорадиоизделий (ЭРИ) должны быть присвоены сверху вниз в направлении слева направо, как показано на рис. 1. Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условным графическим обозначением элементов сверху или с правой стороны (см. рис. 1).

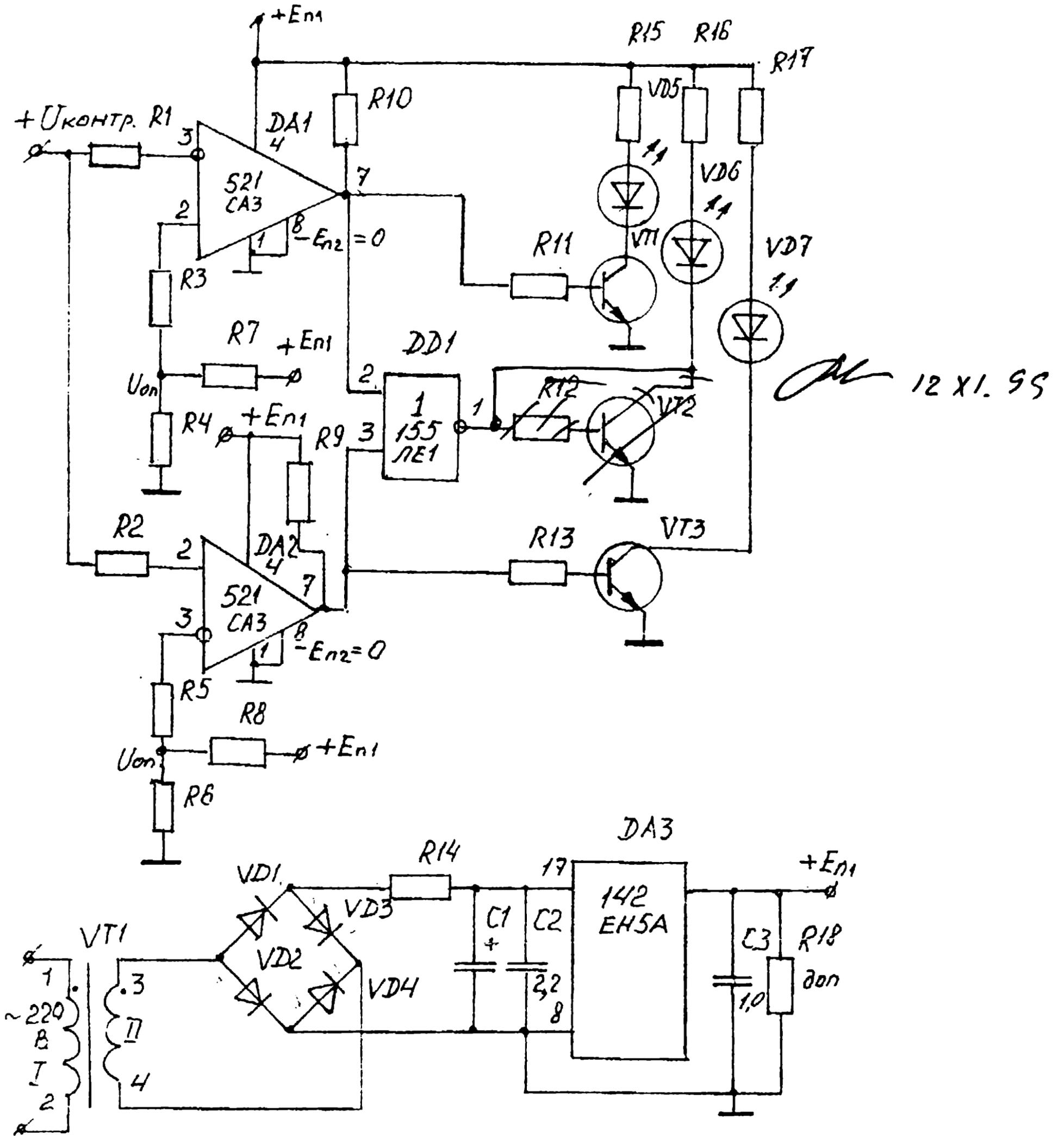


Рис. 2 ЛАКР.000.000.221ЭЗ

Устройство двухполюсного контроля
напряжения постоянного тока.

Схема электрическая принципиальная

5. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛОЖЕНИЙ

5.1. В прил. 1 на рис.1-4 приведены габаритные размеры диодов полупроводниковых соответственно:

на рис. 1 - 2D102A;

на рис. 2 - 2D106A;

на рис. 3 - 2D212A;

на рис. 4 – КЦ401А (диодная сборка)

5.2. В приложении 2 на рис. 1- 3 приведены габаритные размеры светоизлучающих диодов и фоторезисторов соответственно:

на рис. 1 - АЛ336Ж, Б, И (светодиоды);

на рис. 2 – СФ2-1(фоторезистор);

на рис. 3 – СФ2-12(3) (фоторезистор).

5.3. В приложении 3 на рис. 1- 5 приведены габаритные размеры конденсаторов соответственно:

На рис. 1 - КМ-6А;

на рис. 2 - К10-17-1;

на рис. 3 - К10-17-2;

на рис. 4 - К50-18;

на рис. 5 - К50-37.

5.4. В приложении 4 в табл. 1- 4 приведены технические характеристики рекомендуемых ЭРИ соответственно:

в табл. 1 - полупроводниковых диодов:

2D102A, 2D106A, 2D212A и диодной сборки КЦ401А;

в табл. 2 - светоизлучающих диодов АЛ336Ж, Б, И;

в табл. 3 - фоторезисторов: СФ2-1 и СФ2-12(3)

в табл. 4 - конденсаторов: КМ-6А, К10-17-1, К10-17-2, К50-18, К50-37;

Приложение I

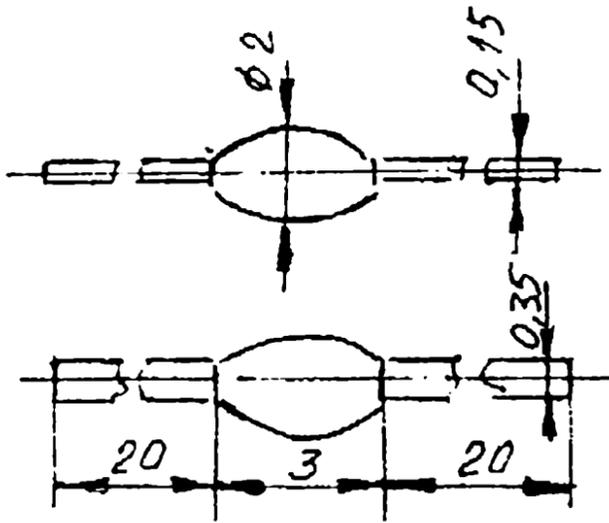


Рис. 1. Диод 2Д102А

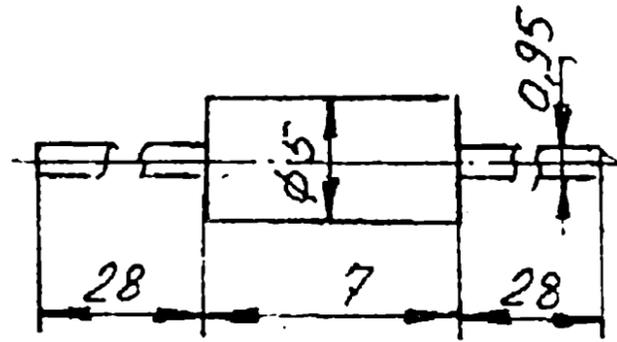


Рис. 2. Диод 2Д106А

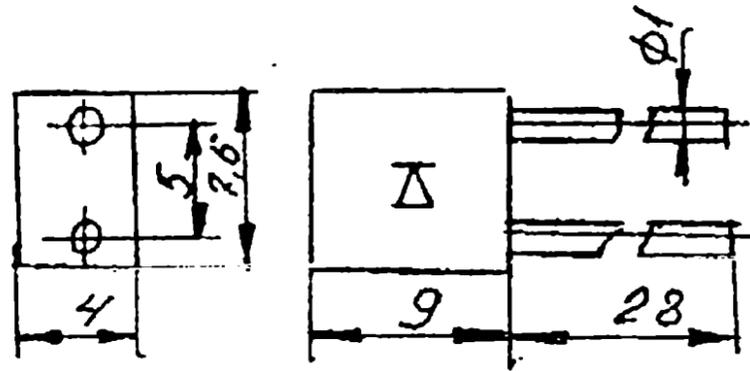


Рис. 3. Диод 2Д212А

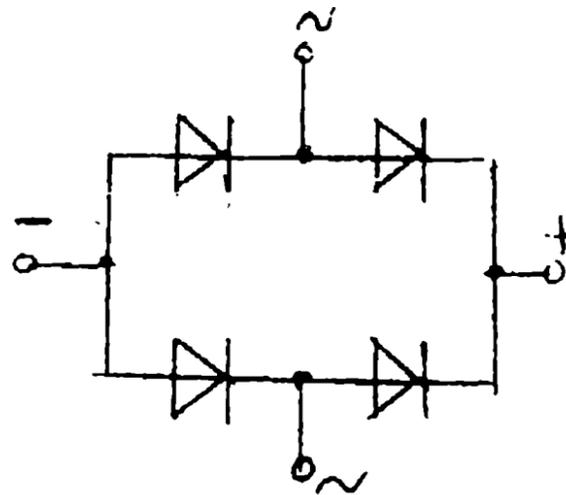
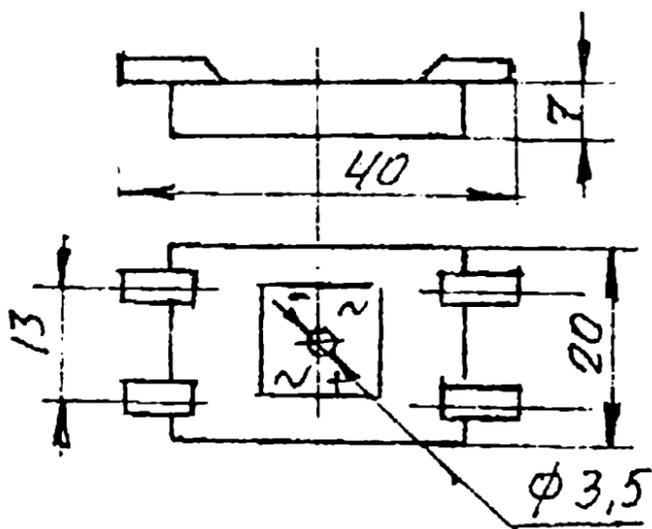


Рис. 4. Диодная сборка КЦ401А

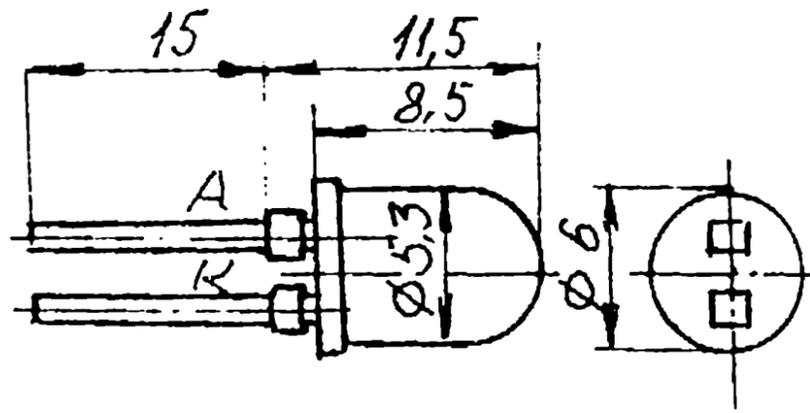


Рис. 1. Светоизлучающий диод АЛ336 Ж, Б, И

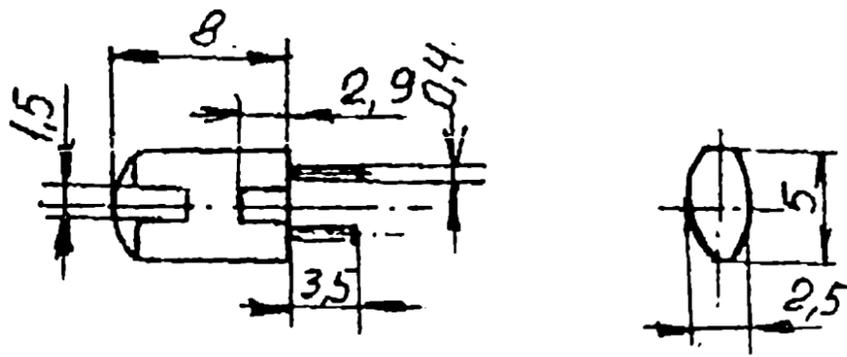


Рис. 2. Фоторезистор СФ2-1

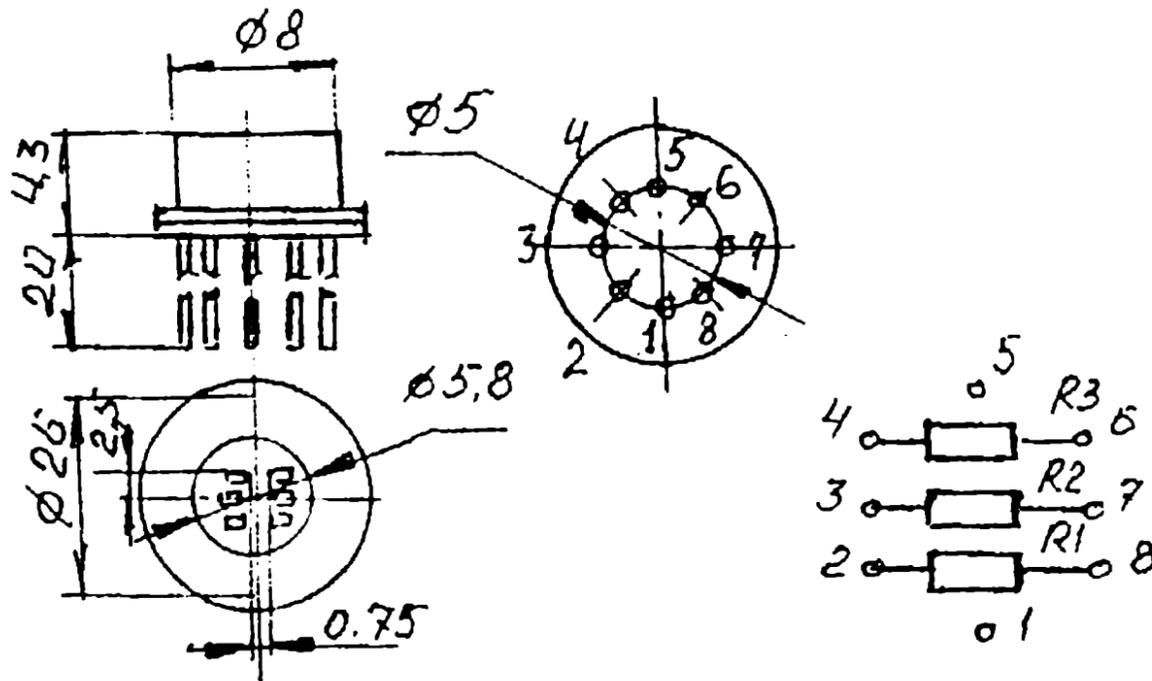


Рис. 3. Фоторезистор СФ2-12(3)

Приложение 3

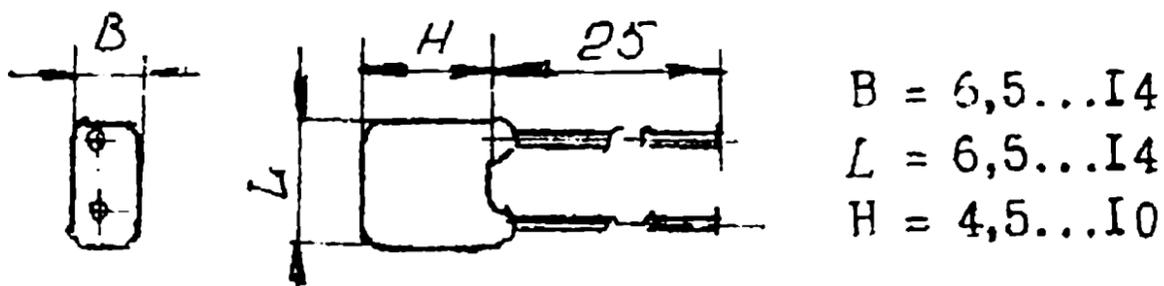


Рис. 1. Конденсатор КМ-6А

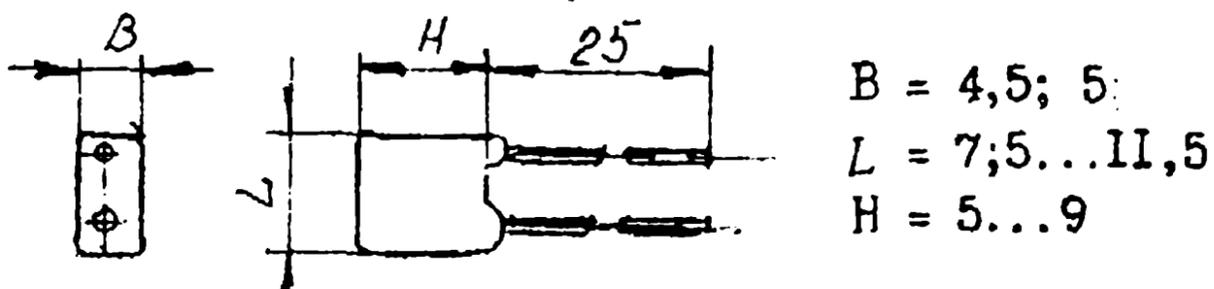


Рис. 2. Конденсатор К10-17-1

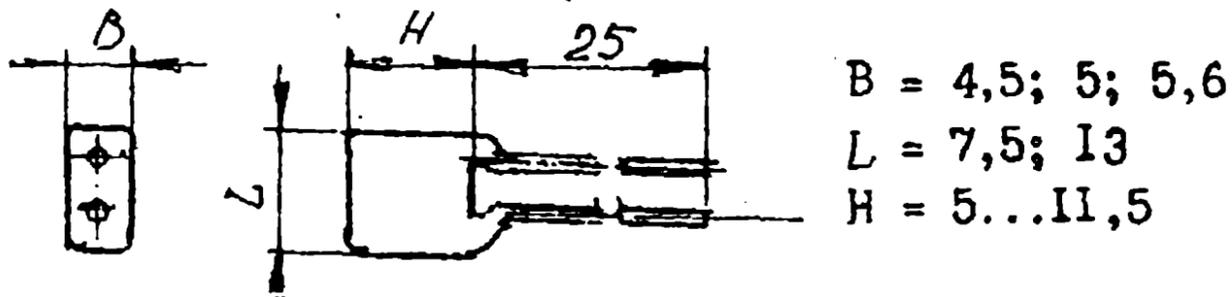


Рис. 3. Конденсатор К10-17-2

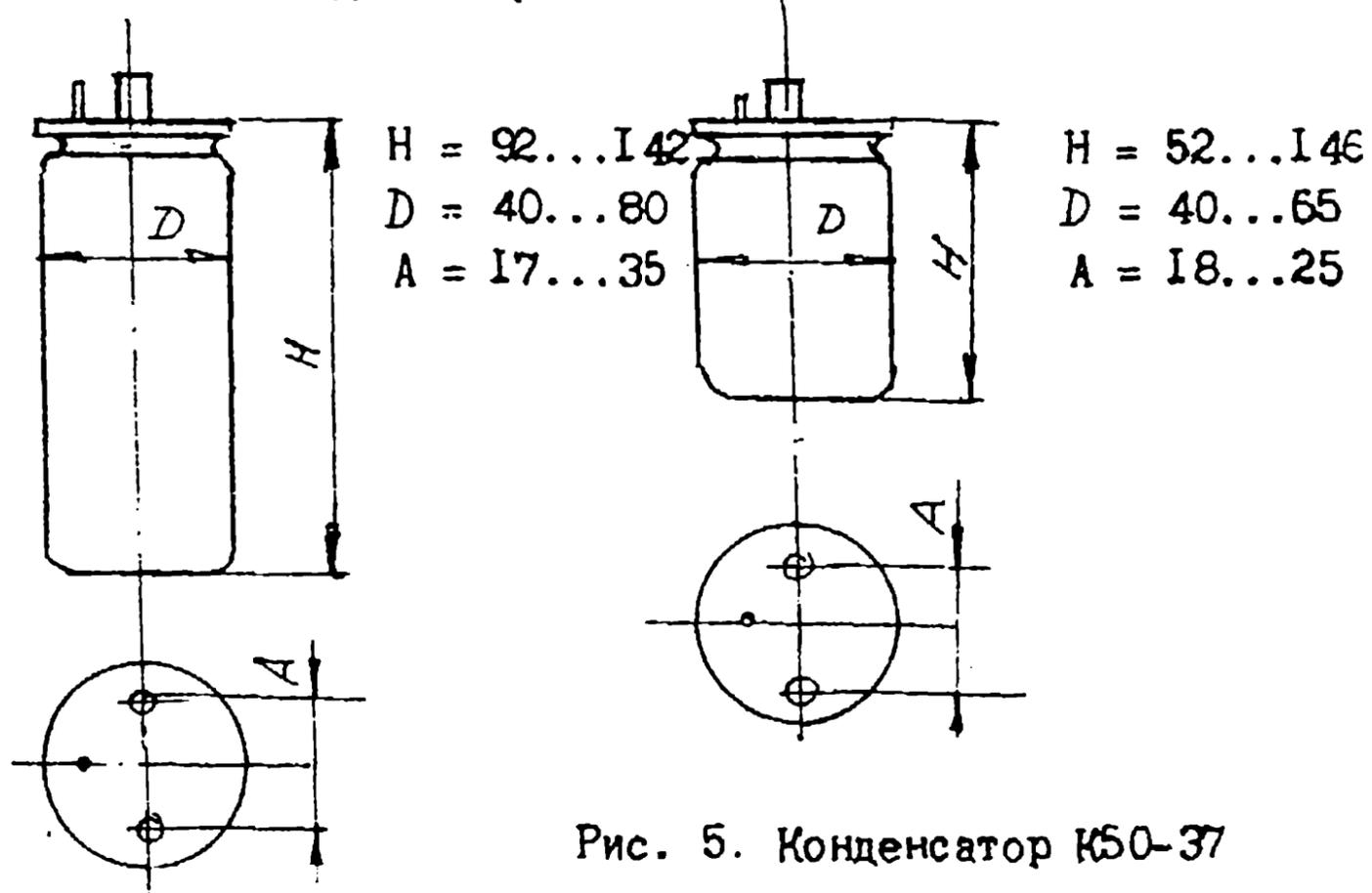


Рис. 5. Конденсатор К50-37

Рис. 4. Конденсатор К50-18

Приложение 4

Таблица 1

Технические характеристики полупроводниковых диодов и диодной сборки

Тип обозначения	Обратное напряжение, В	Прямой ток, А (в скобках импульсное)
Диод 2Д102 А	250	0,1 (2)
Диод 2Д106 А	100	0,3 (3)
Диод 2Д212 А	200	1 (50)
Диодная сборка КЦ 401 А	500	0,4

Таблица 2

Технические характеристики светоизлучающих диодов

Тип светодиода	Сила света, мкд	Цвет свечения	Напряжение, В	Ток (I _{сд}), мА
АЛ 336 Ж	15	жёлтый	2,8	20
АЛ 336 Б	20	красный	2	20
АЛ 336 И	20	зелёный	2,8	20

Продолжение прил. 4

Таблица 3

Технические характеристики фоторезисторов

Тип фоторезисторов	Размеры, мм	Рабочее напряжение, В	Темновой ток, мкА	Общий ток, мА при освещенности 200 (лк)
CF2-1	0,5x1,5	15	1	0,5
CF2-12	0,3x1,5 (3)	5	0,3	0,2

Таблица 4

Технические характеристики конденсаторов

Тип	Диапазон номинальных ёмкостей	Рабочее напряжение, В	Допустимый отклон, %
K10-17-1	6800пФ..0,068мкФ	50	-20 + 80%
K10-17-2	(0,022..2,2)мкФ	25	-20 + 80%
KM-6 A	(120пФ..2,2мкФ	50	-20 + 80%
K50-18	33000, 68000,		
	100000мкФ	16	
	(33000..100000)	25	+70%
	(4700..10000)	50	
K50-37	(15000..22000)	50	
	(2000..100000)		-25%
	(10000..47000) мкФ	40	+70%

Примечания

1. Промежуточные значения номинальных величин емкостей по ГОСТ 2825-67 ряд E 24
(1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3; 4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 7,5; 8,2; 9,1) × 10ⁿ, где n - числа: -5; -4; -3; -2; -1; 0; 1; 2; 3; 4; 5.
2. Примеры обозначения конденсаторов в перечне элементов:
конденсатор К10-17-1-50В-0,68 мкФ;
конденсатор КМ -6А-Н90-2,2 мкФ;
конденсатор К50-18-50В-22000 мкФ.

Список литературы

1. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. 1988.
2. Применение прецизионных аналоговых микросхем / А.Г. Алексенко и др.; 2-изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1985.
3. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. Г. С. Найвельта и др. М.: Радио и связь, 1986.
4. Проектирование транзисторных усилителей низкой частоты / А.В. Цыкина М.: Изд-во Связь, 1968.
5. Иванов В.И. и др. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник / Под ред. Н.Н. Горюнова. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Фоточувствительные приборы и их применение: Справочник / Пароль Н.Р. и др. М.: Радио и связь, 1988.
7. Выборнов В.Е. Бабин А.И. Проектирование систем автоматизации и автоматизация технологических процессов: Метод. указ. к курсовому и дипломному проектированию. Екатеринбург, 1998.