

**МПС РОССИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

---

**11/14/1**

Одобрено кафедрой  
«Энергоснабжение  
электрических  
железных дорог»

**УТВЕРЖДЕНО**  
деканом факультета  
«Транспортные средства»

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Рабочая программа и задание  
на курсовой проект с методическими указаниями  
для студентов VI курса*

специальности  
**100400. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ  
(ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (ЭНС)**

специализации  
**100401. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**



Москва - 2001

Разработана на основании примерной учебной программы данной дисциплины 1997 года, составленной в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 100400 “Электроснабжение железнодорожного транспорта”.

Составитель программы – доц. Ю.Н. МИРОНОВ

Рецензент – канд. техн. наук, проф. Р.В. ШИЛОВСКАЯ

Курс - 6

Всего часов - 260

Лекционные занятия - 24 ч

Лабораторные занятия - 30 ч

Курсовой проект - 1 (один)

Самостоятельная работа – 161 ч

Зачет - 1 (один)

Экзамен - 1 (один)

---

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Цель преподавания дисциплины состоит в изучении студентами теоретических основ и практической реализации современных технических средств и методов автоматизации управления системой электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Предмет изучения охватывает как теоретические положения, являющиеся основой построения аппаратуры автоматики, телемеханики и автоматизированных рабочих мест диспетчеров (АРМ), так и принципы выполнения устройств управления, поддержания заданного режима работы и предотвращения развития аварийных режимов в устройствах электроснабжения.

Изучение данной дисциплины основывается на знаниях, полученных студентами в предшествующих дисциплинах: «Теоретические основы электротехники», «Электронная техника и преобразователи», «Релейная защита».

Преподавание данной дисциплины взаимосвязано с курсами «Электроснабжение железных дорог», «Электроника и микросхемотехника».

### **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Изучив дисциплину, студент должен:

1.2.1. Знать и уметь использовать на практике теоретические основы автоматики и телемеханики, принципы построения

автоматизированных систем управления устройствами электроснабжения железных дорог и метрополитенов, их место в автоматизированной системе управления железнодорожным транспортом (метрополитеном).

1.2.2. Уметь разрабатывать технические требования к аппаратуре и системам управления, рационально выбирать и использовать технические средства автоматизированной системы управления (АСУ) электроснабжения, оценивать их технико-экономическую эффективность.

1.2.3. Владеть навыками анализа и синтеза схем устройств автоматики. Уметь составлять алгоритм их работы.

1.2.4. Знать оборудование и уметь осуществлять техническое обслуживание устройств автоматики, телемеханики и АРМ работников дистанций электроснабжения.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Введение**

Задачи дисциплины. Краткая история развития средств автоматики телемеханики и АСУ. Особенности применения средств автоматики, телемеханики и АСУ в устройствах электроснабжения железных дорог, метрополитенов и предприятий транспорта.

### **2.2. Система электроснабжения железных дорог, как объект автоматизации**

Организационная и функциональная структура управления системой электроснабжения железнодорожного транспорта (метрополитена). Цели и задачи автоматизации управления системой электроснабжения. Диспетчерско-технологическое управление дистан-

цией электроснабжения. Иерархическая структура и уровни управления. Автоматизированная система управления электроснабжением.

### ***2.3. Элементы теории дискретных устройств***

Дискретные устройства и их место в решении вопросов автоматизации и телемеханизации устройств электроснабжения. Свойства дискретных устройств и математический аппарат их построения.

### ***2.4. Импульсные функциональные устройства автоматических и телемеханических систем***

Импульсные цифровые устройства и сигналы. Генераторы импульсов, счетчики импульсов, шифраторы и дешифраторы. Распределители импульсов, регистры, преобразователи последовательных кодов в параллельные и обратно. Сумматоры. Устройства ввода и вывода информации. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты. МикроЭВМ.

### ***2.5. Аналоговые и аналого-дискретные элементы***

Операционные усилители и их применение в устройствах автоматики. Модуляторы импульсных последовательностей, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Преобразователи аналоговых величин в код.

### ***2.6. Кодирование в телемеханике***

Основные понятия, язык и алфавит источника сообщений и канала передачи, код, его основание и длина. Основные свойства

кодов. Виды кодов, используемых при формировании телемеханической информации. Протоколы передачи информации в современных телемеханических системах. Методы повышения достоверности передачи кодированной информации.

### **2.7. Принципы построения устройств телемеханики**

Телемеханические системы и требования к ним при телемеханизации устройств электроснабжения железных дорог и метрополитенов. Структура телемеханических систем. Методы формирования и передачи телемеханической информации (избирание объекта, синхронизация работы передающих и приемных устройств, особенности передачи телеизмерений).

### **2.8. Системы управления устройствами электроснабжения железных дорог и метрополитенов**

Краткий обзор применяемых систем и перспектив их развития (системы «ЛИСНА», МСТ-95, ЭЛОТ, АСТМУ, ПТК-ТЛС и др.). Принципы действия систем «ЛИСНА» и АСТМУ. Системы телеуправления в сетевых районах.

Структурная схема передающего полукомплекта системы «Лисна». Работа модулей передающего полукомплекта: шифратор, блок кодирования, блок управления передачей. Формирование фазирующего импульса в системах «Лисна В» и «Лисна Ч».

Структурная схема приемного полукомплекта системы «Лисна». Система синхронизации передающего и приемного полукомплектов. Работа модулей защиты от сбоев.

## **2.9. Каналы связи телемеханики на электрифицированных железных дорогах и метрополитенах**

Виды каналов связи. Проводные линии, их параметры и характеристики. Уровни сигналов и помех. Виды помех и искажение сигналов при передаче. Частотное и временное уплотнение. Обходные каналы связи при передаче информации на большие расстояния. Применение радиоканалов и каналов по высоковольтным линиям. Перспективы применения других видов каналов связи.

## **2.10. Аппаратура каналов связи системы телеуправления «ЛИСНА» и аналогичных по принципам кодирования систем**

Основные характеристики аппаратуры. Электрические фильтры, модуляторы и демодуляторы. Частотные приемники и передатчики. Включение аппаратуры в линию связи.

## **2.11. Автоматическое повторное включение (АПВ)**

Общие сведения. Выбор уставок АПВ фидеров контактной сети, высоковольтных линий СЦБ (ВЛ СЦБ), высоковольтных линий в сетевых районах. Взаимодействие устройств АПВ и релейной защиты. Устройства АПВ контактной сети и других линий.

## **2.12. Автоматическое включение резерва (АВР)**

Назначение. Устройство АВР и выбор его уставок. АВР питающих линий, секционных выключателей, трансформаторов собственных нужд.



### **2.13. Автоматические устройства в системе электроснабжения**

Автоматика преобразовательных агрегатов и вспомогательных устройств. Автоматическое определение мест повреждения контактной сети и ВЛ СЦБ. Автоматическое регулирование напряжения на тяговых подстанциях. Автоматическое регулирование напряжения на контактной сети. Автоматическое регулирование мощности.

### **2.14. Информационные и управляющие системы в устройствах электроснабжения**

Общие сведения. Автоматизированные рабочие места энергодиспетчеров и других работников дистанций, служб. Взаимодействие АРМ. Микропроцессорные информационно-управляющие системы на тяговых подстанциях. Перспективы развития информационно-управляющих систем в тяговом электроснабжении.

## **3. ВИДЫ РАБОТ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕНИ**

Общее количество часов на дисциплину по учебному плану составляет 260 часов, из них лекционные занятия - 24 часа, лабораторные занятия - 30 часов, курсовой проект, зачет и экзамен по курсу.



#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование темы и ее содержание	Количество часов
1	<u>Введение.</u> Задачи дисциплины. Особенности применения средств автоматики и телемеханики в устройствах электроснабжения ж. д. и метрополитенов.	2
2	<u>Раздел 1. Импульсные функциональные устройства автоматических и телемеханических систем.</u> Основные импульсные устройства систем автоматики. Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ в устройствах автоматики железных дорог.	2
3	<u>Раздел 2. Кодирование в телемеханике.</u> Виды кодов, используемых при формировании телемеханической информации. Протоколы передачи информации. Состав командной серии системы «Лисна».	4
4	<u>Раздел 3. Передающий полукomплект системы «Лисна».</u> Функциональная схема. Работа блока кодирования, шифратора, блока управления передачей, формирование фразирующего импульса в системе «Лисна В» и «Лисна Ч».	4
5	<u>Раздел 4. Приемный полукomплект системы «Лисна».</u> Функциональная схема. Работа счетчика распределителя. Расшифровка приказа. Синхронизация. Состав и работа основных модулей проверки достоверности приказа.	4
6	<u>Раздел 5. Система телесигнализации.</u> Кодирование информации. Преобразование аналоговой информации в цифровую. Аналого-цифровые (АЦП) и цифро-аналоговые преобразователи. Функциональная схема АЦП.	4
7	<u>Раздел 6. Автоматика электрических железных дорог.</u> АПВ, АВР, автоматическое определение места повреждения (ОМП). Системы регулирования напряжения на шинах тяговых подстанций и в тяговой сети.	4

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТ ДОЛЖЕН ПРАБОТАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО

1. Операционные усилители и их применение в устройствах автоматики. Модуляторы импульсных последовательностей [1,5].	25 часов
2. Каналы связи телемеханики на электрифицированных железных дорогах и метрополитенах [1].	30 часов
3. Аппаратура каналов связи систем телеуправления. Основные характеристики. Электрические фильтры, модуляторы и демодуляторы, Включение аппаратуры в линию связи [1].	40 часов
4. Автоматика преобразовательных агрегатов и вспомогательных устройств [1,9].	30 часов
5. Автоматическое регулирование мощности [1].	10 часов
6. Применение микропроцессоров и микропроцессорных комплектов в устройствах автоматики и телемеханики [1,3,9].	26 часов

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Изучение принципа действия элементов, используемых в устройствах автоматики и телемеханики	-10 часов
2. Изучение устройств АПВ	- 4 часа
3. Изучение устройств АВР	- 4 часа
4. Исследование работы функциональных блоков устройств автоматики и телемеханики.	- 8 часов
5. Исследование аппаратуры каналов связи	- 4 часа

## 7. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовой проект связан с разработкой устройства телемеханического управления коммутационными аппаратами тяговых подстанций и постов секционирования на базе системы «Лисна».

Проект должен содержать:

1. Описание выбранного способа кодирования и вида импульсной модуляции.
2. Функциональную схему телемеханического устройства.
3. Временные диаграммы, поясняющую работу схемы для заданного режима.

## 8. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Обязательная литература

1. Автоматизация систем электроснабжения: Учебник для вузов ж.-д. транспорта./Под ред. Н.Д. Сухопрудского. - М.: Транспорт, 1990. - 359 с.
2. Интегральные микросхемы в устройствах автоматики и защиты тяговых сетей./Под ред. В.Я. Овласюка. - М.: Транспорт, 1985. - 302 с.

### 8.2. Рекомендуемая литература

3. Сапожников В.В. и др. Дискретные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. - М.: Транспорт, 1988. - 255 с.
4. Скаржепа В.А., Луценко А.Н. Электроника и микросхемотехника: Учебник для вузов: Часть I. - Киев: Вища школа, 1989. - 431 с.
5. Ногин В.Н. Аналоговые электронные устройства. - М.: Радио и связь, 1992. - 304 с.

6. Интегральные микросхемы: Справочник/Б.В.Тарабрин, Л.Ф.Лунин, Ю.Н.Смирнов и др.; Под ред. Б.В.Тарабрина. -М.: Энергоатомиздат, 1985. -528 с.

### **8.3. Перечень компьютерных программ**

7. Electronics workbench. Программа моделирования и анализа работы аналоговых и цифровых электронных устройств.

### **8.4. Другие методические материалы и пособия**

8. Джонс М.Х. Электроника - практический курс. - М.: Постмаркет, 1999. -528 с.

9. Шалягин Д.В. Теоретические основы автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте./Часть 1. Дискретные автоматы. - М.: РГОТУПС, 1998. -144 с.

## **9. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

### **9.1. Содержание курсового проекта и исходные данные**

Целью курсового проекта является приобретение студентами практических навыков по синтезу электронных телемеханических устройств и анализу их работы методом построения временных диаграмм.

При выполнении курсового проекта необходимо:

1. Выбрать наиболее рациональный способ кодирования сообщений.

2. Составить структурную схему проектируемого устройства с предполагаемыми логическими связями между функциональными блоками.

3. Составить подробную функциональную схему.
4. Составить временные диаграммы работы устройства для заданного режима.
5. Определить наибольшую дальность действия устройства при отсутствии пунктов ретрансляции сигнала.
6. Составить краткую расчетно-пояснительную записку. В результате выполнения курсового проекта необходимо представить:
  1. Исходные данные.
  2. Описание работы устройства.
  3. Структурную схему заданного полукомплекта.
  4. Функциональную схему заданного полукомплекта.
  5. Временные диаграммы.

### **Исходные данные**

В зависимости от номера учебного шифра студент выбирает один из двух вариантов задания на курсовой проект: разработка передающего или приемного полукомплектов телеуправления устройствами электроснабжения. Вариант задания выбрать по таблице 1.

Другие исходные данные принимаются по таблице 2 и таблице 3.

Таблица 1

Цифра учебного шифра, означающая сотни	Полукомплект телеуправления
1, 3, 5, 7, 9	Передающий
0, 2, 4, 6, 8	Приемный

Таблица 2

Последняя цифра учебного шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число контролируемых пунктов	12	11	10	9	8	6	5	4	7	2
Временная диаграмма: передающий полукомплект	Передача холостой серии					Передача приказа				
Временная диаграмма: приемный полукомплект	Прием приказа					Сбой во время приема приказа				
Пропускная способность линии связи, имп/с	20	23	25	20	25	20	23	25	20	25
Несущая частота канала связи, Гц	1170	450	630	810	1170	450	630	810	630	810

Таблица 3

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Тип и параметры линии связи	Кабельная Диаметр жил кабеля 1,2 мм				Воздушная Расстояние между про- водами ли- нии связи, см			Кабельная Диаметр жил кабеля 0,9 мм			
					20	40	60				
					Диаметр проводов, мм						
					4	5	4				
Уровень помех, Нп	-6	-7	-8	-9	-7	-8	-9	-6	-7	-8	
Затухание, вносимое аппаратурой канала, Нп	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	
Число объектов на КП	20	8	15	10	25	30	10	35	40	50	
Допустимое время передачи, С	2,3	1,7	2,2	2,0	2,4	4,4	4,0	4,6	4,6	4,6	
Число серий при передаче приказа	Однократная					Двукратная					



Команды телеуправления передаются по одному общему для всех контролируемых пунктов каналу связи, т.е. устройства телеуправления имеют один общий передающий полукомплект и индивидуальные приемные. Импульсный признак – временной. Кодирование осуществляется только на импульсах.

## **9.2. Рекомендуемый порядок выполнения курсового проекта**

Разработку проекта рекомендуется вести в такой последовательности:

1. Выбрать и обосновать наиболее рациональный способ кодирования команд с учетом требований к емкости телемеханического устройства и времени передачи.

2. Составить структурную (блочную) схему проектируемого устройства с предполагаемыми логическими связями между функциональными блоками.

3. На основе блочной схемы разработать подробную функциональную схему проектируемого устройства.

4. Составить временные диаграммы, характеризующую работу отдельных узлов в динамике, и, тем самым, проанализировать правильность построения функциональной схемы и наличие всех необходимых связей между ее элементами.

5. На основании результатов проведенного анализа откорректировать ранее составленную функциональную схему, если это необходимо.

6. Выполнить расчеты, предусмотренные заданием.

7. Составить пояснительную записку к проекту.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### 10.1. Выбор рационального способа кодирования команд

Выбор способа кодирования команд зависит от допустимого времени передачи и требуемой емкости устройства. При этом желательно, чтобы количество элементов телемеханического сигнала более или менее удачно согласовывалось с числом позиций распределительных блоков телемеханического устройства. Особо это имеет значение, когда в качестве распределителей используются двоичные счетчики в сочетании с матричными дешифраторами двоичного кода. Принципиально такие распределители можно выполнить на любое число состояний, но наиболее просты и надежны схемные решения, когда это число равно  $2^n$ , например, 16, 32 и т.д.

При использовании интегральных элементов это соображение теряет решающее значение, особенно если в качестве распределителя используются регистры сдвига.

При определении необходимого числа позиций распределителя следует учитывать, что не все элементы сигнала используются для передачи приказа. Исходная позиция всегда используется для приведения приемного полукомплекта в состояние готовности к приему очередного приказа и еще одна или две, обычно последние позиции используются для разграничения циклов передачи и контроля синхронно-синфазной работы распределителей передающего и приемного полукомплектов. Поэтому необходимо предусмотреть возможность выделения у распределителя двух – трех позиций для «служебных» целей.

От принятого способа кодирования существенно зависит степень сложности отдельных функциональных блоков, и в первую очередь – блока кодирования. Поэтому следует, по возможности, выбирать простейший вариант кодирования, при котором удовлетворяются требования, оговоренные в задании.

Соответственно могут рассматриваться следующие виды избирания:

- а) прямое распределительное;
- б) групповое распределительное двухступенчатое (выбор операции - выбор объекта);
- в) групповое распределительное трехступенчатое (выбор операции - выбор группы - выбор объекта);
- г) избирание кодами на одно сочетание;
- д) смешанные виды избирания.

В современном телемеханическом устройстве "Лисна" узел кодирования в передающем полукомплекте телеуправления обеспечивает соотношение между длинными и короткими импульсами, равное 5. Так как паузы между импульсами используются лишь для разграничения активных элементов сигнала и имеют ту же длительность, что и короткие импульсы, то период, составленный из длинного импульса и последующей паузы, будет в 3 раза больше периода, состоящего из короткого импульса и паузы. Сверхдлинный, присутствующий в каждом телемеханическом сигнале, эквивалентен по длительности одиннадцати коротким импульсам (рис.1.). Период, состоящий из сверхдлинного импульса и последующей паузы, будет в 6 раз больше периода, состоящего из короткого импульса и паузы. Кроме того, при передаче команды, как правило, всегда удлиняется первый импульс.



Рис. 1

Учитывая изложенное, время передачи телемеханического сигнала при однократной передаче приказа можно определить из выражения

$$T = \frac{n_K + 3(n_D + 3)}{C}$$

где  $n_K$  — число коротких импульсов в составе кода;  
 $n_D$  — число длинных импульсов, не считая служебных;  
 $C$  — пропускная способность линии связи.

При двукратной передаче приказа полное время передачи будет, очевидно, в два раза больше.

Так как допустимое время передачи и предельная частота следования импульсов в канале связи известны из задания, то необходимо выбрать способ кодирования, при котором числа  $n_K$  и  $n_D$ , будучи подставленные в приведенное выше выражение, обеспечивали бы приемлемый результат. Способ кодирования выбирают путем последовательных проб различных методов избирания, начиная с простейших. Во всех случаях следует ориентироваться на помехозащищенные коды и, в частности, на коды, содержащие постоянное число длинных импульсов в любом сигнале.

Совершенно не обязательно, чтобы все без исключения рабочие позиции распределителя были использованы для реализации того или иного метода избирания. Несколько позиций могут оказаться "лишними", а, следовательно, будут соответствовать передаче холостых тактовых импульсов. Возражения против такого решения могут возникнуть только в тех случаях, когда более полное использование того же распределителя позволяет применить более простой метод избирания.

В некоторых случаях может оказаться, что намеченный вариант избирания не удастся реализовать из-за нехватки одной рабочей позиции у распределителя. Однако, если вначале предполагался вариант образования сверхдлинного импульса путем слияния двух длинных, то имеется реальная возможность его изменить и в дальнейшем считать, что этот импульс будет образовываться в

одной последней позиции распределителя (аналогично формированию сверхдлинного импульса в системе «Лисна В»). Тем самым число служебных позиций снижается с трех до двух, а, следовательно, одна позиция высвобождается и может быть использована как рабочая. Такое решение в известной мере предопределяет будущую схему узла образования фазировочного импульса.

В системе «Лисна В» также отсутствует первый длинный служебный импульс, поэтому при использовании командной серии, состоящей из шестнадцати импульсов, число рабочих позиций распределителя составляет пятнадцать.

Таким образом, выбор рационального способа кодирования определяет не только схему узла формирования сверхдлинного импульса, но и вид модуляции (амплитудная или частотная).

После того как будет установлен конкретный вариант кодирования, следует проверить фактическое время передачи и убедиться, что оно не превышает допустимое. Окончательно выбранный способ кодирования следует иллюстрировать кодовыми таблицами и рисунком, отражающим один из возможных сигналов кода. При этом передача короткого импульса серии может быть представлена как "0", а передача длинного импульса - как "1". Таким образом, рисунок, показывающий серию телеуправления, может быть представлен в виде горизонтальной линии, на которой вдоль нее показаны в определенной последовательности на отрезках равной длины "0" и "1". Число кодовых таблиц должно соответствовать числу ступеней избирания. В начальной верхней горизонтальной строчке таблицы показываются номера импульсов, выделенных для данной ступени, а в начальной (левой) вертикальной строчке для одной таблицы - выбор КП, для другой - выбор операции, для третьей - выбор объекта и для последней - выбор группы (если это предусмотрено кодированием). В горизонтальных строчках каждой таблицы располагаются "0" и "1" (по числу импульсов, выделенных для данной ступени), последовательность чередования которых определяет выбор КП, операции, объекта и группы. Общее число таблиц и их конкретное содержание зависят от принятого способа кодирования.



После выбора рационального способа кодирования необходимо привести пример командной серии при передаче конкретного приказа. Командная серия изображается в виде последовательности импульсов. Соотношение длительности импульсов должно соответствовать приведенному выше.

Приведенная командная серия должна быть использована при построении соответствующих временных диаграмм (п. 9.2.4. методических указаний).

## **10.2. Составление структурной схемы проектируемого устройства**

На структурной схеме условными обозначениями показывают все основные функциональные блоки устройства и отражают существующие между ними логические связи. К основным функциональным блокам в передающем устройстве следует отнести: генератор импульсов, распределитель, блок кодирования, шифратор, линейный блок, блок управления, блок ключей управления, а также отдельные формирователи, временные ограничители, логические элементы. В приемном устройстве: линейный элемент, распределитель, дешифратор, блок фиксации импульсного признака, блоки синхронизации и фиксации сбоя, блоки памяти и исполнения команд, блока защиты от исполнения ложных команд, отдельные формирователи и логические элементы.

В конкретной схеме некоторые блоки могут отсутствовать или объединяться.

Целью данного этапа работы является формирование четких представлений о взаимных связях будущей функциональной схемы и облегчение ее последующего составления.

### 10.3. Составление функциональной схемы

Функциональная схема не зависит от конкретной элементной базы и разъясняет процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях. Этот тип схемы подлежит в курсовом проекте наиболее детальной разработке по сравнению с другими схемами. Поэтому в ней необходимо более подробно детализировать функциональные задачи и использовать условные обозначения, раскрывающие функции элементов и характер взаимодействия между ними. При выполнении функциональной схемы следует указывать конкретные соединения между элементами или устройствами и направление воздействия, а также обозначения и тип элементов и при необходимости - поясняющие надписи.

В проекте рекомендуется использовать графические обозначения элементов цифровой вычислительной техники. Согласно действующему ГОСТу элементы изображаются в виде прямоугольников, к которым подводятся линии вводов и выводов и внутри которых в общем случае располагаются три поля: среднее - основное и два дополнительных - слева и справа от основного. В основном поле на первой верхней строке помещается обозначение функции, выполняемой элементом, а ниже - буквенно-цифровое обозначение элемента, используемое при составлении описания работы схемы и построении временной диаграммы. В левом дополнительном поле помещаются обозначения меток, отражающих назначение входов, а в правом дополнительном поле - обозначения меток выходов, т.е. входы элемента, располагаются слева, а выходы - справа. В том случае, когда отдельные входы или выходы не используются, они вместе с соответствующими метками могут не показываться.

Допустимо поворачивать условные графические обозначения отдельных элементов на  $90^\circ$  в направлении вращения часовой стрелки.

Ниже приведены примеры выполнения функциональных схем отдельных узлов.

На рис. 2 показан возможный вариант выполнения функциональной схемы датчика времени в блоке кодирования передающего



устройства телеуправления применительно к случаю, когда датчик времени состоит из двоичного двухразрядного счетчика и формирующей схемы и обеспечивает соотношение длинного и короткого импульсов, равное 5. Схема работает следующим образом:

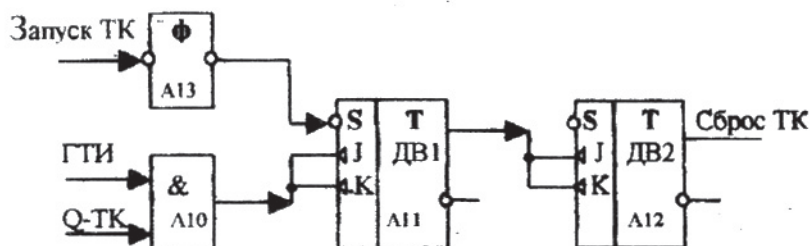


Рис. 2

В исходном состоянии на прямом выходе триггера кодирования ТК имеет место логический "0". Логическая схема A10 закрыта и не пропускает импульсы от генератора тактовых импульсов ГТИ, непрерывно поступающих на один из ее входов. При этом оба триггера датчика времени ДВ1 и ДВ2 находятся в сброшенном состоянии (в состоянии "0") и на их прямых выходах имеет место сигнал логического "0". При запуске триггера кодирования, через формирующую схему  $\Phi$  первый триггер датчика времени ДВ1 устанавливается в состояние "1" и одновременно снимается запрет с логической схемы A10, которая начинает пропускать импульсы от генератора тактовых импульсов на счетный вход первого триггера датчика времени. При этом первое же переключение триггера ДВ1 от этих импульсов ведет и к переключению второго триггера ДВ2, так как через формирующую схему  $\Phi$  триггер ДВ1 уже был установлен в состояние "1". Второй импульс от ГТИ вызывает переключение только первого триггера ДВ1, так как переключение триггера ДВ2 по счетному входу, получаемому объединением инверсных динамических входов  $J$  и  $K$ , может

произойти только в момент смены на этом входе логической «1» на «0». При поступлении третьего импульса от ГТИ переключаются оба триггера датчика времени. При этом логическая «1» на прямом выходе триггера ДВ2 сменяется на «0», в результате чего происходит сброс триггера кодирования ТК, логическая схема А10 закрывается и работа датчика времени прекращается.

Буквенно-цифровые обозначения каждого элемента (А10, А11, А12, А13) необходимы для составления описания работы схемы и построения временной диаграммы.

На рис.3 приведена функциональная схема временного ограничителя, входящего в состав передающего устройства телеуправления и выдающего на выходе кратковременно сигнал логической «1» спустя некоторое время после переключения распределителя.



Рис. 3

Схема работает следующим образом:

При появлении во входной цепи +И логического «0», что соответствует переднему фронту импульса и, следовательно, моменту переключения распределителя, запускается первый элемент задержки А1 и выдает на выходе логическую «1» в течение короткого времени, определяемого внутренними параметрами этого элемента. В момент, когда «1» на его выходе сменится на «0», запускается второй элемент задержки, выдавая при этом на своем выходе кратковременно «1». На это время открывается инвертор А3 и закрывается инвертор А4, выдавая на своем выходе логическую «1». Инверторы А3 и А4 нужны для усиления выходного сигнала. Если этого не требуется, например, при малом числе групп, на которые разбиты объек-

ты, или при их отсутствии, инверторы А3 и А4 могут быть исключены из схемы.

На рис.4 показана функциональная схема узла синхронизации приемного устройства телеуправления для случая образования сверхдлинного импульса в двух последних позициях распределителя.

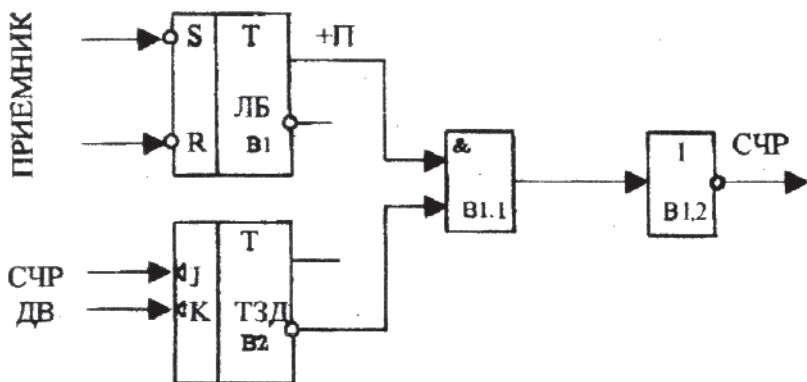


Рис. 4

Схема работает следующим образом.

В исходном состоянии на инверсном выходе триггера задержки ТЗД имеет место логическая «1», и импульсы +П (сигнал логического «0») соответствует заднему фронту импульса) с линейного триггера ЛБ через логическую схему V1.1 попадают на инвертор V1.2, вызывая на каждом импульсе переключение счетчика распределителя СЧР. Триггер задержки ТЗД переключается по динамическому инверсному входу J при переключении распределителя приемного устройства в предпоследнюю позицию. При переключении триггера кодирования логическая схема V1.1 запирается, инвертор V1.2 закрывается и переключение распределителя приемного устройства прекращается. Сброс триггера задержки происходит по динамическому инверсному входу K от датчика времени на сверхдлин-

ном импульсе. При этом открывается логическая схема В1.1, инвертор В1.2 выдаст на счетный вход счетчика логический «0», вызывая дополнительное переключение распределителя и компенсируя недостающий для завершения цикла импульс в серии.

В случае рассинхронизации приемный распределитель останавливается в предпоследней позиции и дальнейшее его переключение возможно лишь при поступлении из линии очередного сверхдлинного импульса, что будет иметь место при переключении передающего распределителя в такую же позицию. Очередное переключение распределителя приемного устройства в первую позицию будет происходить синхронно с переключением распределителя передающего устройства.

Функциональную схему счетчика-распределителя можно не разрабатывать, а представить ее в виде прямоугольника с одним счетным динамическим инверсным входом и соответствующим числом выходов.

#### **10.4. Построение временных диаграмм**

Временные диаграммы на практике строятся для проверки правильности построения функциональной схемы и ее работоспособности. При курсовом проектировании временная диаграмма служит также целям самопроверки, и в ходе ее построения могут обнаружиться недостатки схемы, устраняемые последующей корректировкой.

Временная диаграмма должна достаточно полно отражать динамику работы схемы при заданном режиме.

Это, однако, не означает необходимости иллюстрировать на диаграмме все импульсные процессы, происходящие внутри функциональных блоков, поскольку некоторые блоки строятся по заранее известному и многократно проверенному на практике стандарту. Например, распределитель совместно с матричным дешифратором рассматривают как единый блок, имеющий счетный вход и определенное число выходов. Для показа импульсов на всех выходах распределителя потребовалось бы большое число строк.

Поэтому не для всех выходов распределителя нужно выделять соответствующие строки на временной диаграмме, а делать это следует выборочно, сообразуясь с тем, какие выходы непосредственно влияют на цикл передачи или приема при заданном режиме. Для иллюстрации работы распределителя в целом следует под строкой, отражающей импульсы на счетном входе, провести размерную линию и разметить на ней интервалы пребывания распределителя в различных позициях. Работа счетных схем в блоках кодирования и фиксации импульсных признаков иллюстрируется так же, как и работа распределителя, но с показом всех выходных сигналов.

Для остальных элементов показываются диаграммы входных и выходных сигналов. Так как выходной сигнал одного элемента практически всегда является входным для какого-либо другого, то на диаграмме они отражаются одной строкой.

Не следует допускать положений, при которых происхождение выходного сигнала какой-либо логической схемы не пояснялось бы формами сигналов на всех входах этой схемы, так как только при наличии всех данных будет очевиден закон преобразования информации.

Масштаб времени на диаграмме может быть выбран произвольно при достаточной его четкости и должен соблюдаться на всем протяжении диаграммы.

За сигнал, соответствующий логическому «0», на диаграмме принимается потенциал заземленного полюса источника питания, т.е. нулевой потенциал. Линия нулевого потенциала в строке диаграммы обозначается как ось абсцисс графика.

За сигнал, соответствующий логической «1», принимается потенциал, близкий к потенциалу другого полюса источника питания. Для модулей серии «Сейма» это будет отрицательный потенциал,

При построении временной диаграммы желательно размещать в непосредственной близости друг от друга графики сигналов в цепях взаимосвязанных элементов, так как в этом случае легче анализируются связи отдельных элементов и функциональных узлов. Однако часто такую последовательность выдержать невозможно при взаимных связях, охватывающих сразу несколько элементов. Тогда целесообразно соединить тонкой вертикалью одновременно образующиеся сигналы.



Общее количество строк зависит от вида устройства и режима, для которого строится временная диаграмма. Ниже в качестве примера показаны временные диаграммы работы отдельных узлов функциональных схем.

На рис. 5 приведена временная диаграмма работы датчика времени в блоке кодирования передающего устройства телеуправления. Функциональная схема этого узла показана на рис. 2.

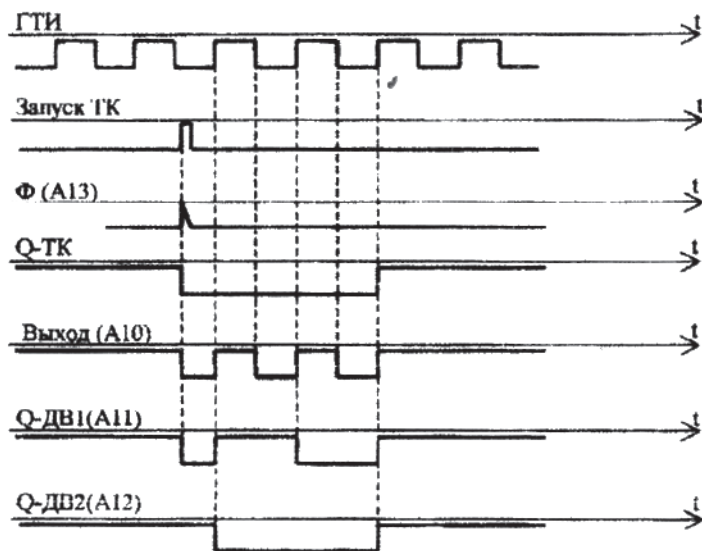


Рис. 5

На рис. 6 приведена временная диаграмма работы временного ограничителя, функциональная схема которого показана на рис. 3.

На рис. 7 приведена временная диаграмма работы узла синхронизации в приемном устройстве телеуправления. Функциональная схема этого узла показана на рис. 4.

В ряде случаев временные диаграммы строят применительно к различным вариантам нарушений нормального режима работы устройства для проверки действия защитных узлов. Когда на диаграмме надо отразить случаи рассинхронизации распределителей, можно поступить следующим образом.

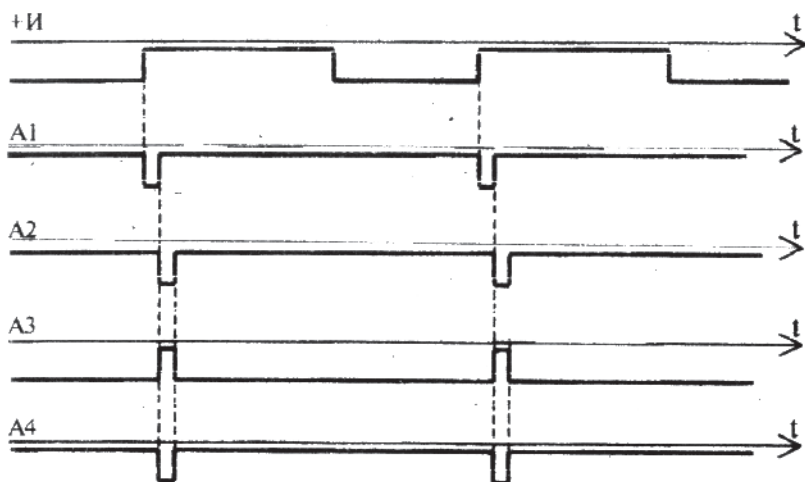


Рис. 6

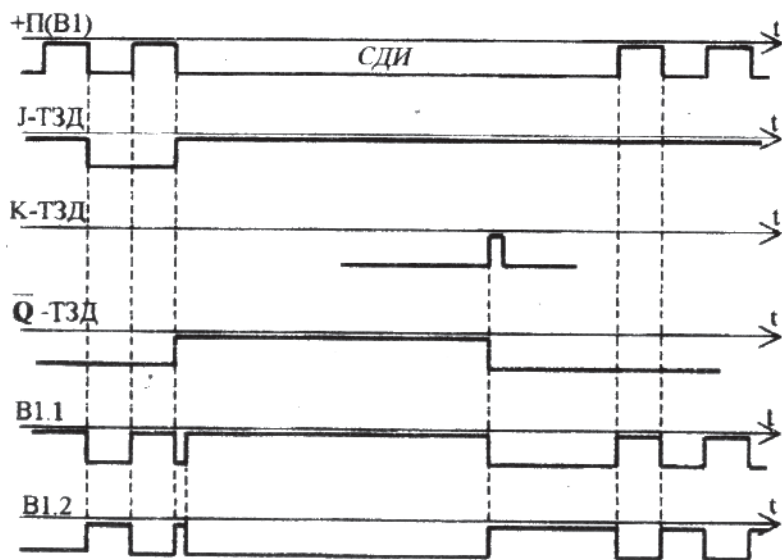


Рис. 7



Если причиной сбоя является непереключение распределителя из очередной позиции в следующую, то при разметке надо дважды повторить номер одной и той же позиции. Если сбой происходит по причине двойного переключения распределителя на каком-либо такте, то при разметке надо пропустить одну позицию.

Поскольку реле исполнения в приемном устройстве после срабатывания удерживается в состоянии "самоподхвата" длительное время, превышающее время передачи, то диаграмму следует условно оборвать и затем показать момент отпускания всех реле.

При построении временных диаграмм следует также учесть, что имеющиеся в составе серии "Сейма" *JK*- триггеры работают следующим образом.

По установочному инверсному входу *S* при подаче на этот вход логического «0» триггер устанавливается в состояние «1». При этом на прямом выходе имеет место логическая «1», а на инверсном выходе - логический «0».

По установочному инверсному входу *R* при подаче на этот вход логического «0» триггер устанавливается в состояние «0» (на прямом выходе логический «0», на инверсном выходе - «1»).

Входы *J* и *K* являются динамическими установочными. По динамическому инверсному входу *J*, в момент появления на этом входе логического «0», триггер должен переключиться в состояние «1», а по входу *K* - в состояние «0».

### 10.5. Расчет дальности передачи

При расчете возможной дальности передачи принимается во внимание тип линии связи, несущая частота канала связи, вид модуляции тока в канале, затухание сигналов, вносимое аппаратурой, и уровень помех в полосе частот канала.

Уровни помех  $P_{\text{пом}}$  и затухание, вносимое аппаратурой связи  $b_{\text{ан}}$ , указываются в задании на проект. При этом условно считается, что величиной  $b_{\text{ан}}$  учитывается как затухание от аппаратуры данного канала, так и от аппаратуры промежуточных пунктов, если существование таких предполагается.

Уровни передачи  $P_n$  ограничиваются условиями надежного разграничения частотных каналов связи и по существующим нормам не должны превышать:

при воздушных линиях связи -  $P_n \leq 0,6$  Нп;

при кабельных линиях связи -  $P_n \leq 1,1$  Нп.

Уровни присма не нормируются, но должно обеспечиваться определенное превышение уровня сигнала на стороне приема над возможным уровнем помех:

при амплитудно-модулированных сигналах -  $P_{cn} \leq 2,8$  Нп;

при частотно-модулированных сигналах -  $P_{cn} \leq 1,8$  Нп.

Единицы измерения непер (Нп) и децибел (дБ) связаны следующими соотношениями:

$$1 \text{ Нп} = 8,68 \text{ дБ}; \quad 1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп.}$$

Тогда, с учетом ранее введенных обозначений, предельно допустимое затухание сигнала в линии связи выразится формулой

$$b_{\max} = \alpha l_{\max} = P_n - (P_{\text{пом}} + P_{\text{сн}}) - b_{\text{ан}},$$

где  $\alpha$  - коэффициент затухания в Нп/км, зависящий от типа линии и несущей частоты канала связи;

$l$  - длина линии, км.

Отсюда возможная дальность передачи

$$l_{\max} = \frac{P_n - (P_{\text{пом}} + P_{\text{сн}}) - b_{\text{ан}}}{\alpha}$$

Величины коэффициентов затухания даны в прил. 1. Для частот, не содержащихся в приведенных таблицах, коэффициенты определяют по методу линейной интерполяции. Для воздушных линий связи коэффициенты даны для сырой погоды, когда затухание наибольшее.

## 10.6. Составление пояснительной записки

Для составления записки может быть рекомендован следующий план:

1. Исходные данные.
2. Назначение проектируемого устройства, его технические характеристики, выбор и обоснование способа кодирования.
3. Общая структурная схема устройства, назначение основных функциональных блоков.
4. Функциональная схема устройства и описание ее действия.
5. Временные диаграммы работы устройства в заданном режиме с необходимыми пояснениями.
6. Расчет дальности передачи.

Курсовой проект следует представить в виде пояснительной записки, оформленной в соответствии с требованиями ЕСКД.

Пояснительная записка должна содержать:

- 1) оглавление;
- 2) исходные данные;
- 3) расчетно-текстовую и графическую часть;
- 4) перечень использованной литературы.

Страницы пояснительной записки должны быть пронумерованы.

Пояснительная записка должна быть разбита на разделы.

Рисунок следует приводить на листах стандартного размера и на них обязательно должны быть ссылки в тексте. При этом рисунки надо приводить сразу после ссылки на них в тексте.

В пояснительной записке должны быть ссылки на литературу и список использованных источников.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизация систем электроснабжения: Учебник для вузов ж.-д. транспорта./Под ред. Н.Д. Сухопрудского. - М.: Транспорт, 1990. - 359 с.
2. Бенешевич И. И. и др. Основы автоматики, автоматизация и телеуправление устройствами энергоснабжения электрических железных дорог. - М.: Транспорт, 1975.
3. Дмитриевский Г. В. и др. Автоматика и телемеханика электроснабжающих устройств. - М.: Транспорт, 1982
4. Система телемеханики «Лисна» для электрифицированных железных дорог. Под ред. Н.Д. Сухопрудского. - М.: Транспорт, 1979.
5. Носовский В. Е., Попов В. С. Техническое обслуживание электронных систем телемеханики ЭСТ-62 и «Лисна». - М.: Транспорт, 1982.
6. Усатенко С. Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД. Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1990.-325с.
7. Сапожников В. В. и др. Дискретные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. - М.: Транспорт, 1988.-255 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Коэффициент затухания  $\alpha$  для симметричных междугородних кабелей с кордельно-бумажной (МК) и кордельно-стирофлексной (МКС) изоляцией, мНп/км

Частота, кГц	Тип изоляции		
	МК – 4х4х1,2 МК – 7х4х1,2	МКС – 4х4х0,9	МКС – 4х4х1,2 МКС – 7х4х1,2
0,3	25,7	34,2	26,7
0,5	32,6	43,7	33,4
1,0	44,0	59,0	45,7
1,5	50,6	70,1	53,6
2,0	56,0	80,8	59,3
2,5	61,5	88,0	63,9
3,0	64,0	96,0	67,6
3,5	67,7	100,0	70,7
4,0	69,4	104,0	74,4
4,5	71,7	108,0	75,5
5,0	74,0	112,0	77,5

Коэффициент затухания  $\alpha$  для воздушных линий связи со стальными проводами в сырую погоду, мНп/км

Частота, кГц	Расстояние между проводами			
	20 см		60 см	
	Диаметр проводов			
	4 мм	5 мм	4 мм	5 мм
0,3	9,3	8,3	8,4	7,2
0,5	12,5	11,0	11,4	9,8
0,8	16,8	14,8	14,8	13,0
1,2	21,6	19,8	19,3	16,8
2,0	30,5	26,6	25,9	23,2
3,0	39,0	34,6	34,1	30,0
5,0	53,8	47,8	47,6	40,9

## ПРИНЦИПАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И КРАТКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ СЕРИИ «СЕЙМА»

Модуль И-НЕ-1к (рис. 8) содержит четыре независимых элемента И-НЕ-К, диодную схему “И” и отдельный диод, которые могут быть использованы для увеличения количества входов. Выводам каждого элемента соответствует горизонтальная строчка.

Каждый элемент “И-НЕ” имеет два информационных входа, на которых выполняется операция “И” (например, для первого элемента входы 2 и 3), один непосредственный вход (для первого элемента вход 6), позволяющий увеличить число входов И до 15, и один непосредственный вход (17 для первого элемента), позволяющий образовывать до пяти входов “ИЛИ”.

Напряжения питания:  $-E_K = -8$  В,  $-E_B = -24$  В,  $E_{CM} = +6$  В. Ток управления 3 мА, допустимый ток нагрузки 12 мА, допустимая частота переключения 5 кГц.

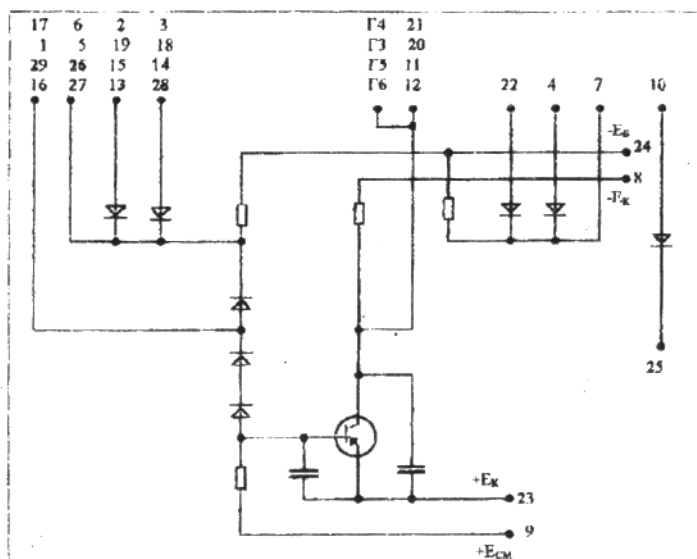


Рис. 8

Модуль И-НЕ-2к (рис. 9) содержит четыре независимых элемента И-НЕ-2к и диодную схему "И". Каждый элемент И-НЕ-2к имеет два диодных и два непосредственных входа. Напряжения питания те же, что и для модуля И-НЕ-1к. Ток управления 3 мА, допустимый ток нагрузки 12 мА, допустимая частота 5 кГц.

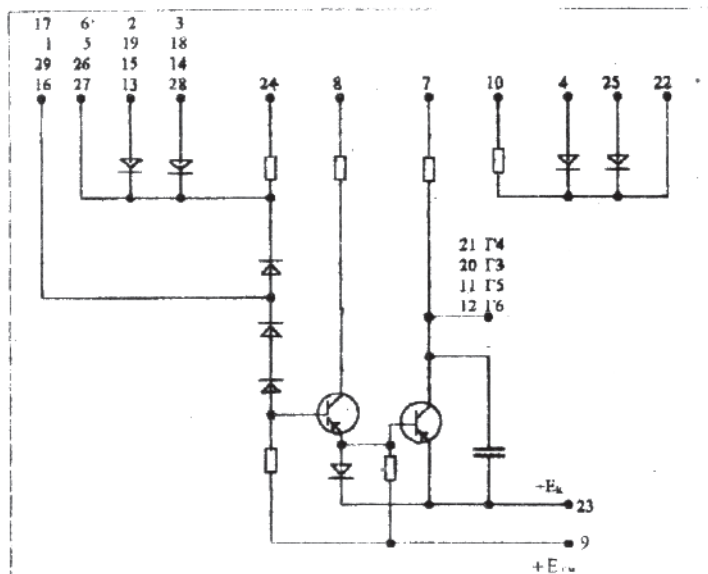


Рис. 9

Модуль ТГ-4к содержит четыре одинаковых триггера (рис. 10). Каждый триггер имеет два выхода (например, 13 и 11 для первого триггера), два непосредственных инверсных входа *S* и *R* (вывода 27 и 26 для первого триггера) и два инверсных динамических входа *J* и *K* (выводы 16 и 29 для первого триггера). Счетный вход образуется путем объединения *J* и *K* входов внешней перемычкой. Входы *S* и *R* используются для подключения внешних формирующих схем. Напряжения питания те же, что и для модуля И-НЕ-1К. Допустимая рабочая частота 3,3 кГц,  $-E_{к} = -8В$ . Ток управления 5 мА, допустимая нагрузка 12 мА.



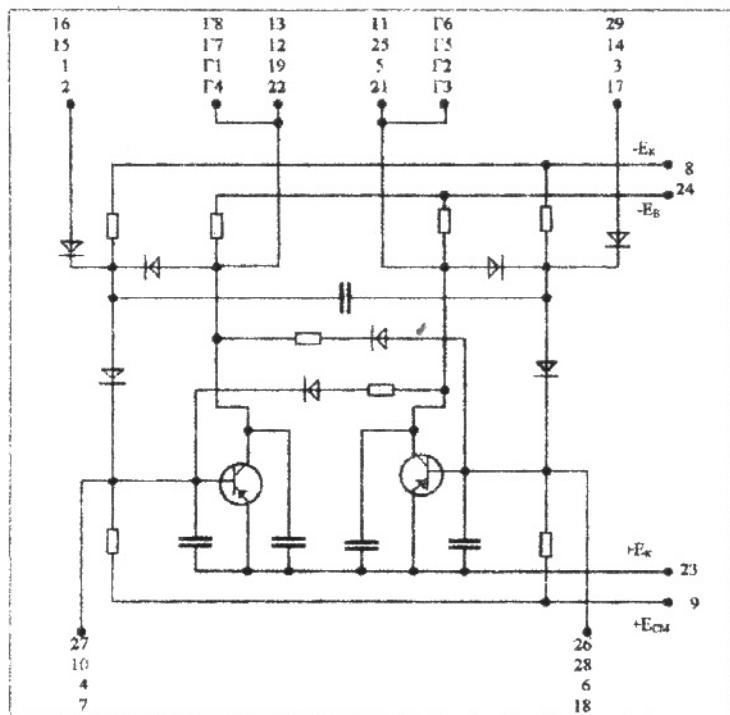


Рис. 10

Модуль ТК-1м содержит два одинаковых (рис.11) триггера повышенной мощности с диодными связями. Каждый триггер имеет два динамических инверсных входа  $J$  и  $K$  (вывода 7 и 6, 14 и 11) и два динамических инверсных входа повышенной помехоустойчивости (1 и 2, 16 и 15) которые, при объединении внешней переключкой, образуют обший счетный вход. Модуль содержит также два диода, которые могут быть использованы для образования входов  $S$  и  $R$ , и четыре резистора, которые могут быть использованы для увеличения нагрузочной способности триггера путем подключения их параллельно резисторам в цепях базы.

Максимальная рабочая частота 500 Гц. Ток импульса управления 13,5 мА. Ток нагрузки 68 мА, а при повышенной нагрузочной способности - 100 мА.



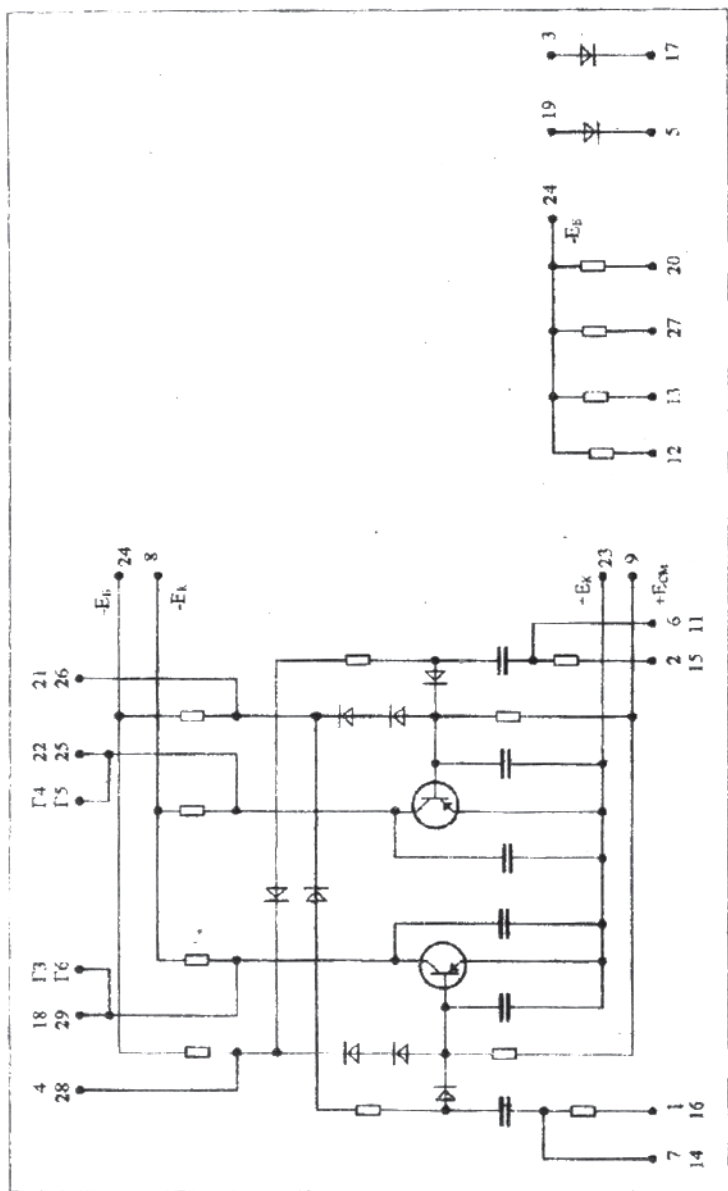


Рис. 11

Модуль Ф1 содержит четыре одинаковые диодно-емкостные формирующие схемы и двухвходовые диодные схемы "И" (рис. 12). Схемы "И" предназначены для увеличения количества входов триггеров и одновибраторов.

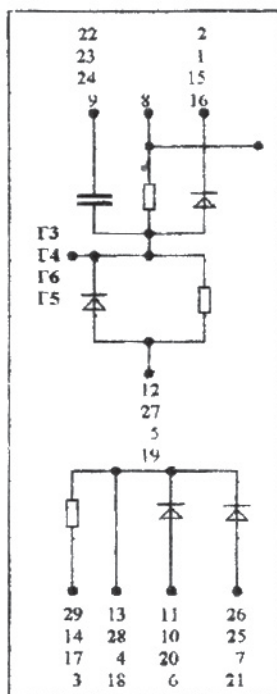
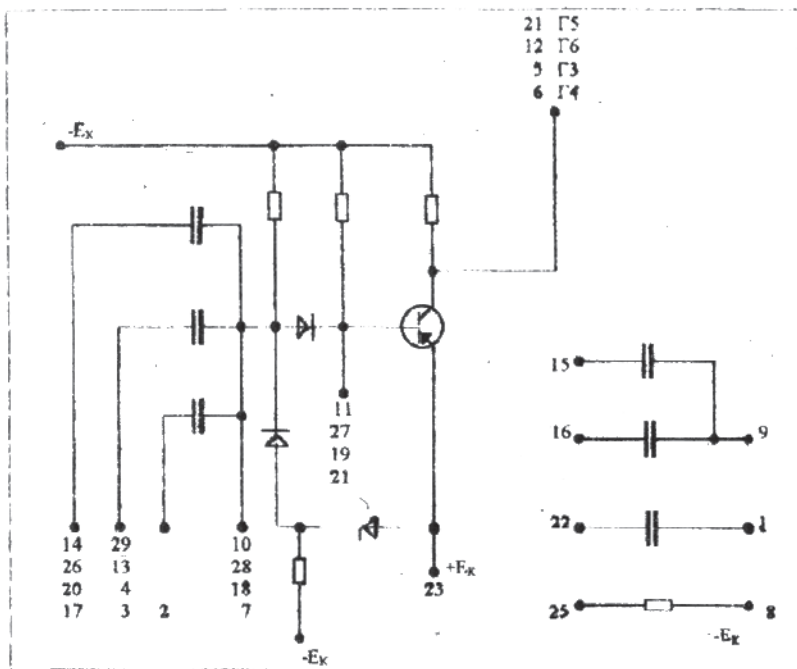


Рис. 12

Модуль ТЗк (рис. 13) содержит 4 элемента транзисторной задержки, предназначенные для образования линий задержки и формирования прямоугольных импульсов при построении различных времязадающих и времяизмеряющих схем: реле времени, одновибратора, мультивибратора и т.д. Напряжение питания 8 В, допустимая нагрузка 3 мА.



*Рис. 13*

Доц. Ю.Н. Миронов

**АВТОМАТИЗАЦИЯ  
СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*Рабочая программа и задание на курсовой проект  
с методическими рекомендациями*

Редактор С.А. Борисова  
Компьютерная верстка А. В. Эрихман

ЛР № 020307 от 28.11.1991

*1 олечатка*

Тип. зак.	<b>768</b>	Изд. зак. 79	Тираж <b>100</b>
Подписано в печать 15.10.01		Офсет.	
Печ. л. 2,5		Уч.-изд. л. 2,5	Формат 60x90/16

Издательский центр РГОТУПС,  
125808, Москва, ГСП-47, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПС, 107078, Москва, Басманный пер., 6