

Одобрено кафедрой  
«Электрификация и  
электрообеспечение»

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Задание на курсовую работу  
с методическими указаниями  
для студентов VI курса

специальности  
СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ (СДС)  
специализации  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (СЭ)

Составитель - канд. техн. наук, доц. М.Ю. Сухов

# 1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

## 1.1. Содержание курсовой работы

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

При выполнении курсовой работы 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 курсовой работы необходимо представить:

- исходные данные;
- описание работы устройства;
- структурную схему заданного полукомплекта;
- функциональную схему заданного полукомплекта;
- временные диаграммы.

## 1.2. Исходные данные

В зависимости от номера учебного шифра студент выбирает один из двух вариантов задания на курсовую работу: разработка передающего или приемного полукомплектов телеуправления устройствами электроснабжения. Вариант задания выбрать по табл. 1.1.

Другие исходные данные принимаются по табл. 1.2 и табл. 1.3.

Таблица 1.1

| Цифра учебного шифра,<br>обозначающая сотни | Полукомплект телеуправления |
|---|-----------------------------|
| 1, 3, 5, 7, 9                               | Передающий                  |
| 0, 2, 4, 6, 8                               | Приемный                    |

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.

Таблица 1.2

|  |                         |     |     |     |      |                              |     |     |     |     |
|--|-------------------------|-----|-----|-----|------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Последняя цифра 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 1.3

|  |                                      |     |     |     |   |     |     |                                      |     |     |
|--|--------------------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|
| 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 проводами, см |     |     | Кабельная, диаметр жил кабеля 0,9 мм |     |     |
|  |                                      |     |     |     | 20  | 40  | 60  |                                      |     |     |
| 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 контролируемом пункте    | 20                                   | 8   | 15  | 10  | 25  | 30  | 10  | 35                                   | 40  | 50  |
| Допустимое время передачи, сек             | 2,3                                  | 1,7 | 2,3 | 2,0 | 2,4                                       | 4,6 | 4,0 | 4,6                                  | 4,6 | 4,6 |
| Число серий при передаче приказа           | 1                                    |     |     |     |   | 2   |     |                                      |     |     |

### **1.3. Рекомендуемый порядок выполнения курсовой работы**

Разработку курсовой работы 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, характеризующие 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.

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.

Курсовую работу следует представить в виде пояснительной записки, оформленной в соответствии с требованиями ЕСКД [2]. Пояснительная записка должна содержать:

- 1) оглавление;

- 2) исходные данные;

- 3) расчетно-текстовую и графическую часть;

- 4) список использованных источников.

Страницы пояснительной записки должны быть пронумерованы.

Пояснительная записка должна быть разбита на разделы.

Рисунки 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 список использованных источников.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### 2.1. 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. 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  $2^n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ), 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 узел кодирования в передающем полукомплексе телеуправления обеспечивает соотношение между длинными и короткими импульсами, равное пяти. 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 три раза больше периода, состоящего из короткого импульса и паузы. Сверхдлинный,

присутствующий в каждом телемеханическом сигнале, эквивалентен по длительности одиннадцати коротким импульсам (рис. 2.1). Период, состоящий из сверхдлинного импульса и последующей паузы, будет в шесть раз больше периода, состоящего из короткого импульса и паузы. Кроме того, при передаче команды, как правило, всегда удлиняется первый импульс.

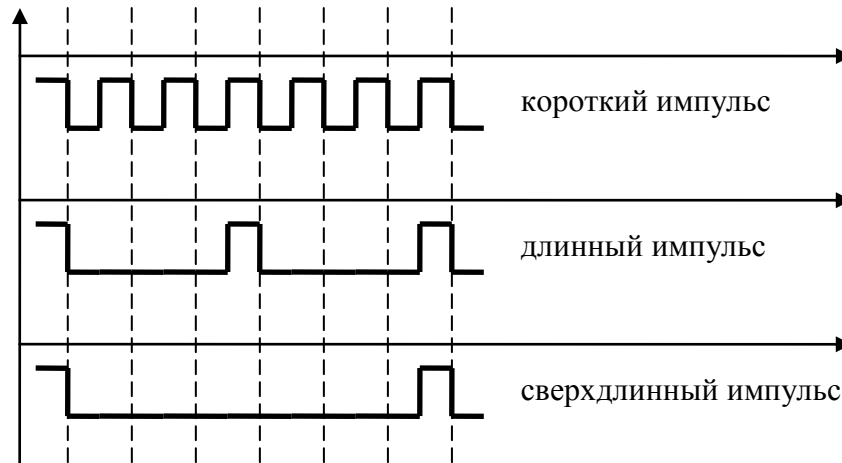


Рис. 2.1

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

$$T = \frac{n_k + 3(n_d + 3)}{C}, \quad (2.1)$$

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. 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 фазирующего импульса.

В системе может отсутствовать первый длинный служебный импульс, поэтому при использовании командной серии, состоящей из шестнадцати импульсов, число рабочих позиций распределителя составит 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.



## **2.2. 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.

## **2.3. 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° в направлении вращения часовой стрелки.

Ниже приведены примеры выполнения функциональных схем отдельных узлов.

На рис. 2.2 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 пяти. Схема работает следующим образом:

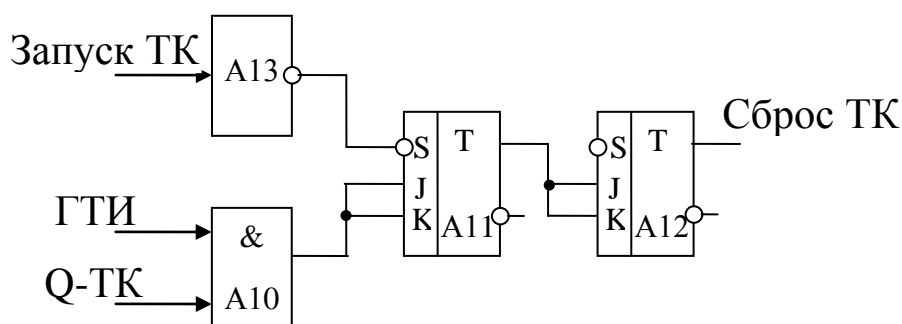


Рис. 2.2

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 A11 и A12 находятся в сброшенном состоянии (в состоянии «0») и на их прямых выходах имеет место сигнал логического «0». При запуске триггера кодирования, через формирующую схему A13 первый триггер датчика времени A11 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 A11 от этих импульсов ведет и к переключению второго триггера A12, так как через формирующую схему A13 триггер A11 уже был установлен в состояние «1». Второй импульс от ГТИ вызывает переключение только первого триггера A11, так как переключение триггера A12 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 A12 сменяется на «0», в результате чего происходит сброс триггера кодирования ТК, логическая схема A10 закрывается и работа датчика времени прекращается.

Буквенно-цифровые обозначения каждого элемента (A10, A11, A12, A13) необходимы для составления описания работы схемы и построения временной диаграммы.

На рис. 2.3 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.

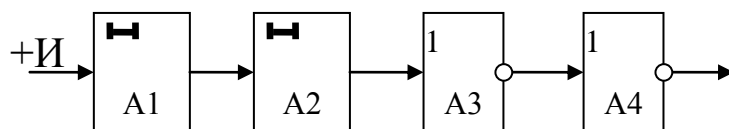


Рис. 2.3

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 A1 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 A3 и закрывается инвертор A4, выдавая на своем выходе логическую «1». Инверторы A3 и A4 нужны для усиления выходного сигнала. Если этого не требуется, например, при малом числе групп, на которые разбиты объекты, или при их отсутствии, инверторы A3 и A4 могут быть исключены из схемы.

На рис. 2.4 показана функциональная схема узла синхронизации приемного устройства телеуправления для случая образования сверхдлинного импульса в двух последних позициях распределителя.

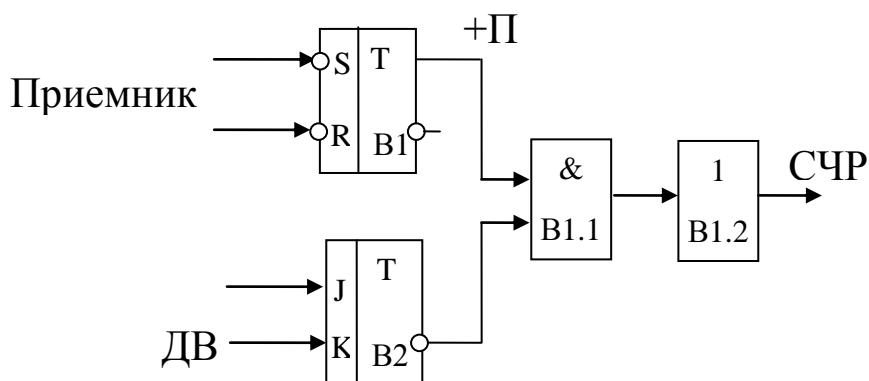


Рис. 2.4

Схема работает следующим образом.

В исходном состоянии на инверсном выходе триггера задержки В2 «1», и импульсы +П (сигнал логического «0» соответствует заднему фронту импульса) с линейного триггера В1 через логическую схему В1.1 попадают на инвертор В1.2, вызывая на каждом импульсе переключение счетчика распределителя СЧР. Триггер задержки В2 переключается по динамическому инверсному входу J при переключении распределителя приемного устройства в предпоследнюю позицию. При переключении триггера кодирования логическая схема В1.1 запирается, инвертор В1.2 закрывается и переключение распределителя приемного устройства прекращается. Сброс триггера задержки происходит по динамическому инверсному входу К от датчика времени на сверхдлинном импульсе. При этом открывается логическая схема В1.1, инвертор В1.2 выдает 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.

## 2.4. 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.

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. 2.5 приведена временная диаграмма работы датчика времени в блоке кодирования передающего устройства телеуправления. Функциональная схема этого узла показана на рис. 2.2.

На рис. 2.6 приведена временная диаграмма работы временного ограничителя, функциональная схема которого показана на рис. 2.3.

На рис. 2.7 приведена временная диаграмма работы узла синхронизации в приемном устройстве телеуправления. Функциональная схема этого узла показана на рис. 2.4.

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.

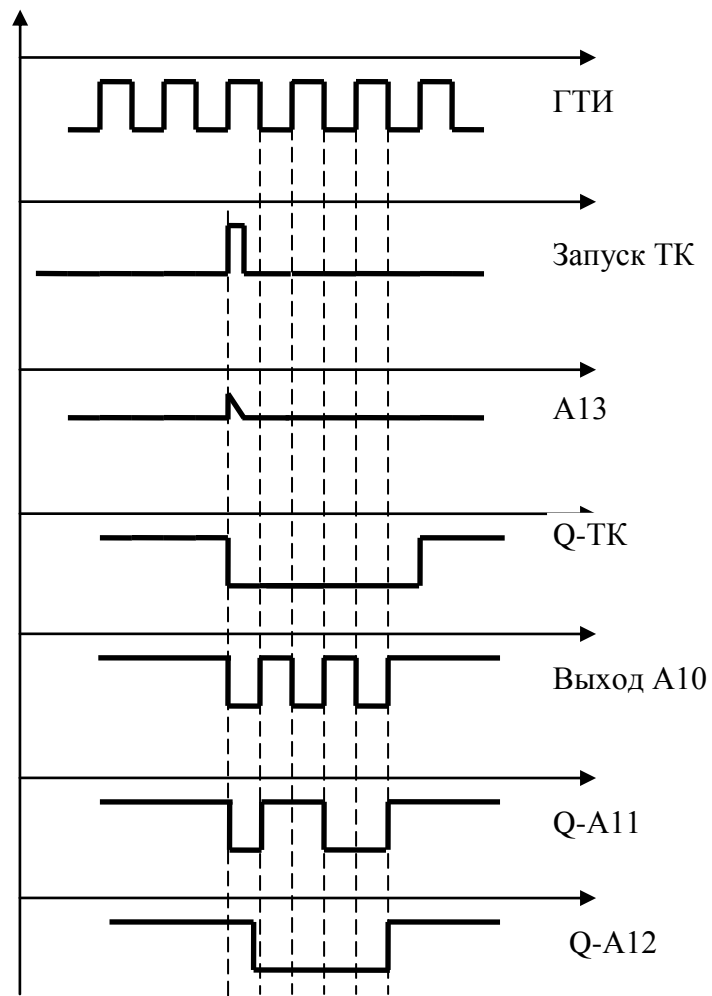


Рис. 2.5

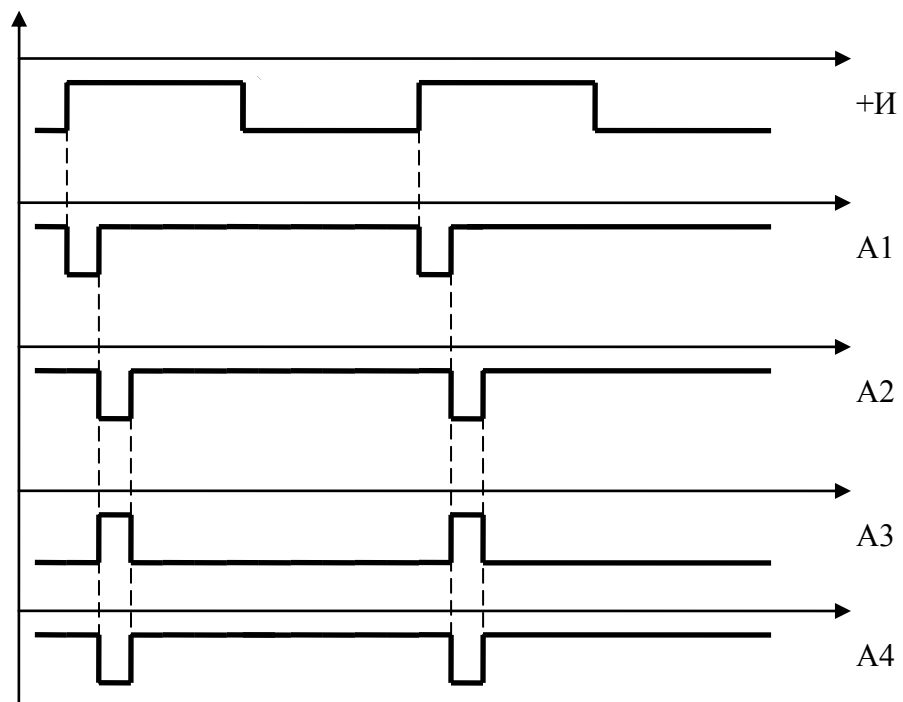


Рис. 2.6

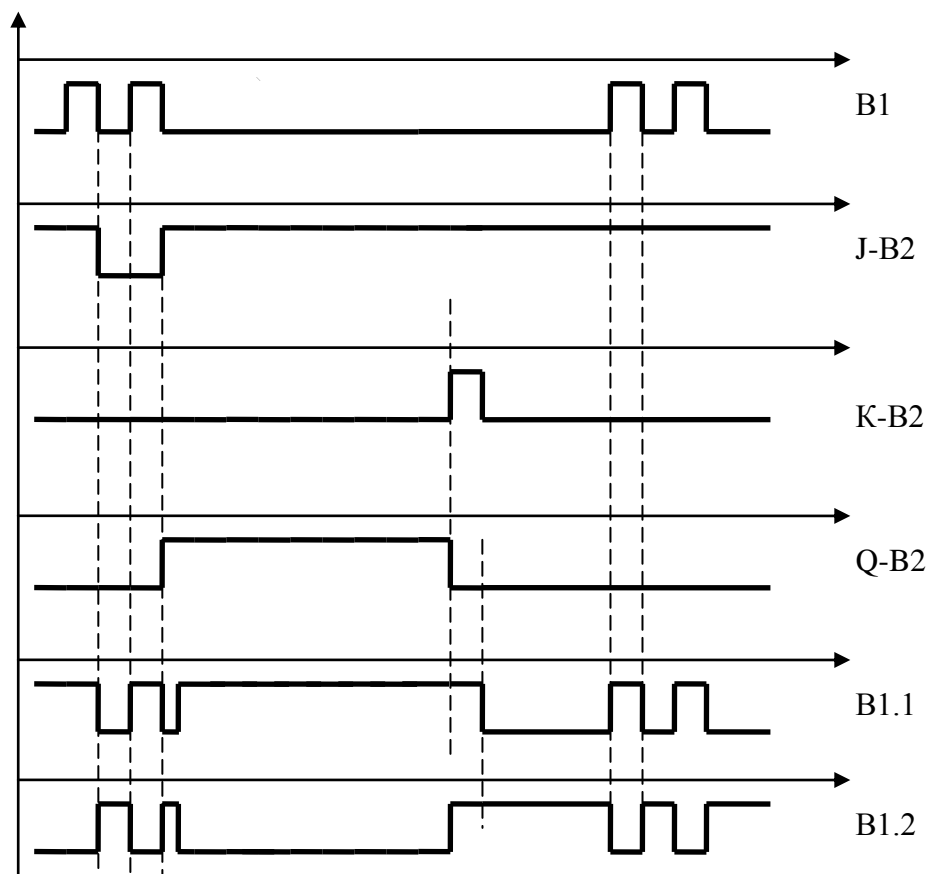


Рис. 2.7

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 отпущения всех реле.

При построении временных диаграмм следует также учесть, что имеющиеся 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».

## 2.5. 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  $P_{ном}$  и затухание, вносимое аппаратурой связи  $b_{ан}$  указываются в задании. При этом условно считается, что величиной  $b_{ан}$  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 приема не нормируются, но должно обеспечиваться определенное превышение уровня сигнала на стороне приема над возможным уровнем помех:

- при амплитудно-модулированных сигналах -  $P_{сн} \leq 2,8$  Нп;
- при частотно-модулированных сигналах -  $P_{сн} \leq 1,8$  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

$$b_{\max} = \alpha l_{\max} = P_n - (P_{ном} + P_{сн}) - b_{ан}, \quad (2.2)$$

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

$l$  - длина линии, км.

Отсюда возможная дальность передачи

$$l = \frac{P_n - (P_{ном} + P_{сн}) - b_{ан}}{\alpha}. \quad (2.3)$$

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.



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Автоматизация систем электроснабжения: Учебник для вузов ж.-д. транспорта/Под ред. Н.Д. Сухопрудского. — М.: Транспорт, 2009. — 359 с.
2. Герман Л.А., Дмитриенко А.В. Гирина Е.С. Дипломные и курсовые проекты: Методические указания / Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. В.А. Бугреева. – М.: МИИТ, 2009. – 35 с.

### *Дополнительная*

3. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учебник для студентов высших учебных заведений - М.: «Высш. шк.», 2008. - 639 с.
4. Волчкевич Л. И. Автоматизация производственных процессов / М.: Машиностроение, 2007 г.
5. Селевцов Л. И.. Селевцов А. Л Автоматизация технологических процессов / М.: Академия, 2011 г.
6. Почаевец В.С. Автоматизированные системы управления устройствами электроснабжения железных дорог: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2003. - 318 с.
7. Шандров Б. В., Чудаков А. Д. Технические средства автоматизации / М.: Академия 2010 г.
8. Дмитриевский Г.В. и др. Автоматика и телемеханика электроснабжающих устройств. — М.: Транспорт, 1982.
9. Система телемеханики «Лисна» для электрифицированных железных дорог. Под ред. Н.Д. Сухопрудского. — М.: Транспорт, 1979.
10. Бенешевич И. И. и др. Основы автоматики, автоматизация и телеуправление устройствами энергоснабжения электрических железных дорог. - М.: Транспорт, 1975.
11. Носовский В.Е., Попов В.С. Техническое обслуживание электронных систем телемеханики ЭСТ-62 и «Лисна». - М.: Транспорт, 1982.
12. Сапожников В. В. и др. Дискретные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. - М.: Транспорт, 1988.-255 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(справочное)

## Коэффициенты затухания

Таблица П.1.1

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

| Частота,<br>кГц | Тип изоляции             |             |                            |
|-----------------|--------------------------|-------------|----------------------------|
|                 | МК-4x4x1,2<br>МК-7x4x1,2 | МКС-4x4x0,9 | МКС-4x4x1,2<br>МКС-7x4x1,2 |
| 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                       |

Таблица П.1.2

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

| Частота,<br>кГц | Расстояние между проводами |      |      |      |
|-----------------|----------------------------|------|------|------|
|                 | 20см                       |      | 60см |      |
|                 | 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 |