

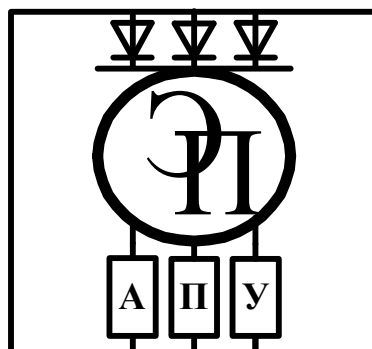
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

# ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов направления подготовки  
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
дневной формы обучения*

Часть 3



Могилев 2018



УДК 629.113  
ББК 39.33  
Э 45

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и АПУ» «07» февраля 2018 г.,  
протокол № 7

Составитель ст. преподаватель В. Н. Шарков

Рецензент канд. техн. наук С. В. Болотов

В методических рекомендациях представлены сведения о применяемом  
оборудовании и даны указания по выполнению лабораторных работ.

Учебно-методическое издание

## ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Часть 3

Ответственный за выпуск	Г. С. Ленеvский
Технический редактор	А. Т. Червинская
Компьютерная вёрстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 46 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский  
университет», 2018



## Содержание

17 Лабораторная работа № 17. Проектирование и исследование генераторов импульсов на базе КР1006ВИ1.....	4
18 Лабораторная работа № 18. Проектирование и исследование модуляторов на базе КР1006ВИ1.....	9
19 Лабораторная работа № 19. Исследование шагового электропривода.....	11
20 Лабораторная работа № 20. Исследование системы управления ЭПХХ.....	15
21 Лабораторная работа № 21. Исследование электронного указателя поворота.....	23
22 Лабораторная работа № 22. Исследование двухпозиционного регулятора.....	35
Список литературы.....	38



## Часть 3

### 17 Лабораторная работа № 17. Проектирование и исследование генераторов импульсов на базе КР1006ВИ1

**Цель работы:** разработка и исследование генераторов импульсов на базе КР1006ВИ1.

#### Порядок выполнения работы

Собрать схемы согласно рисунку 17.1, б, а соответственно.

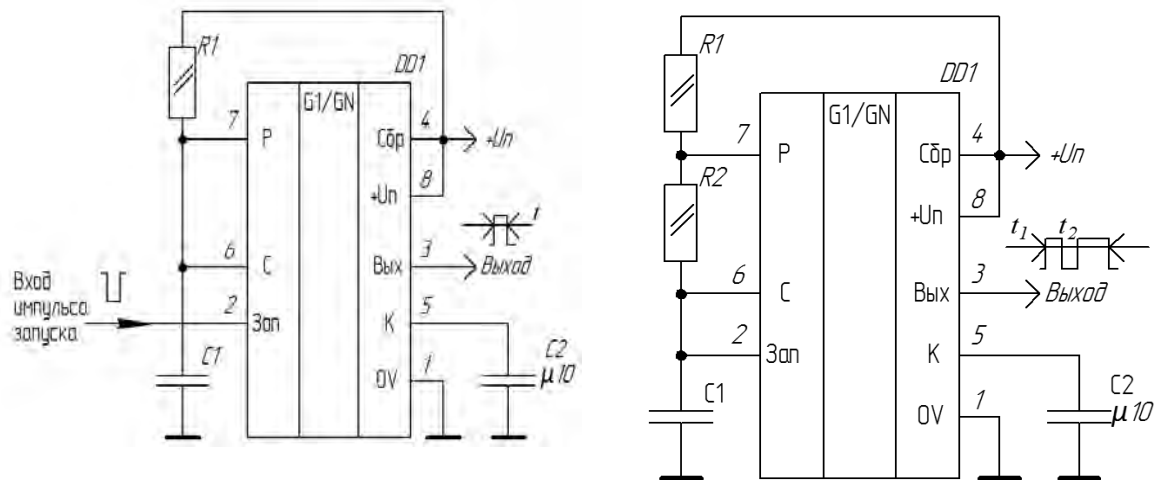
При исследовании схемы, представленной на рисунке 17.1, а, импульс запуска получить со схемы, представленной на рисунке 17.1, б, путем выделения заднего фронта импульса.

Согласно варианту задания (выдается преподавателем) рассчитать параметры генератора импульсов, работающего в режиме автогенерации и в ждущем режиме.

Варианты заданий приведены в таблице 17.1.

а)

б)



а – в ждущем режиме; б – в режиме автогенерации

Рисунок 17.1 – Схемы включения КР1006ВИ1 в режиме генератора

Скважность  $\gamma$  определяется как отношение длительности импульса к длительности периода импульсов.

Исследование схем проводить при напряжении питания микросхем плюс 10 В.

При исследовании генераторов в режиме автогенерации и в ждущем режиме необходимо:

1) теоретически нарисовать диаграммы на выходе генератора, работающего в режиме автогенерации; на входе и выходе генератора, работающего в ждущем режиме;

2) практически, исследуя схемы, представить диаграммы на выходе генератора, работающего в режиме автогенерации; на входе и выходе генератора, работающего в ждущем режиме;

3) измерить полученные частоту, скважность и длительность согласно эксперименту и сравнить результаты с номером варианта. Допустимая погрешность не должна превышать 10 % (привести расчет погрешности для каждой координаты). Если погрешность более указанного значения, пересчитать параметры навесных элементов (и) или скорректировать топологию схемы;

4) выполнить п. 3 для напряжении питания микросхем плюс 5 В и плюс 15 В (измерить полученные частоту, скважность и длительность согласно эксперименту и сравнить результаты для напряжения плюс 10 В).

Таблица 17.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Режим автогенерации		Ждущий режим
	$f$ , кГц	Скважность $\gamma$ , %	Длительность $\tau$ , мс
1	1,0	10	0,7
2	2,0	20	0,3
3	3,0	30	0,2
4	4,0	40	0,15
5	5,0	50	0,1
6	6,0	60	0,1
7	7,0	70	0,1
8	8,0	80	0,07
9	9,0	90	0,05
10	10,0	50	0,03

Исследование генераторов импульсов может выполняться как на стенде, так и на компьютере.

Отчет оформляется на листах формата А1 или в тетради.

Содержание отчета:

- титульный лист (при оформлении в тетради – один на тетрадь);
- название работы;
- цель работы;
- схема электрическая принципиальная генераторов импульсов;
- результаты эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Времязадающая схема (таймер), формирующая импульсы напряжения длительностью от нескольких микросекунд до десятков минут, предназначена для использования в стабильных датчиках времени, генераторах импульсов,



широтно-импульсных и фазовых модуляторах, преобразователях напряжения, ключевых схемах, преобразователях сигналов, исполнительных устройствах.

Цоколевка таймера КР1006ВИ1 и его функциональная схема показаны на рисунках 17.2 и 17.3.

Назначение выводов:

1 – общий; 2 – запуск; 3 – выход; 4 – сброс; 5 – контроль делителя; 6 – срабатывание; 7 – цепь разряда; 8 – питание ( $+U_{um}$ ).

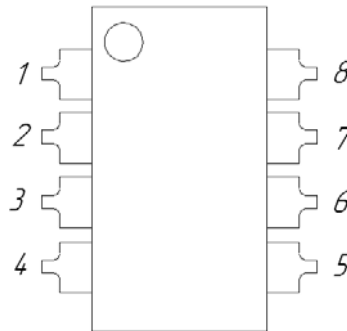


Рисунок 17.2 – Тип корпуса 2101.8-1

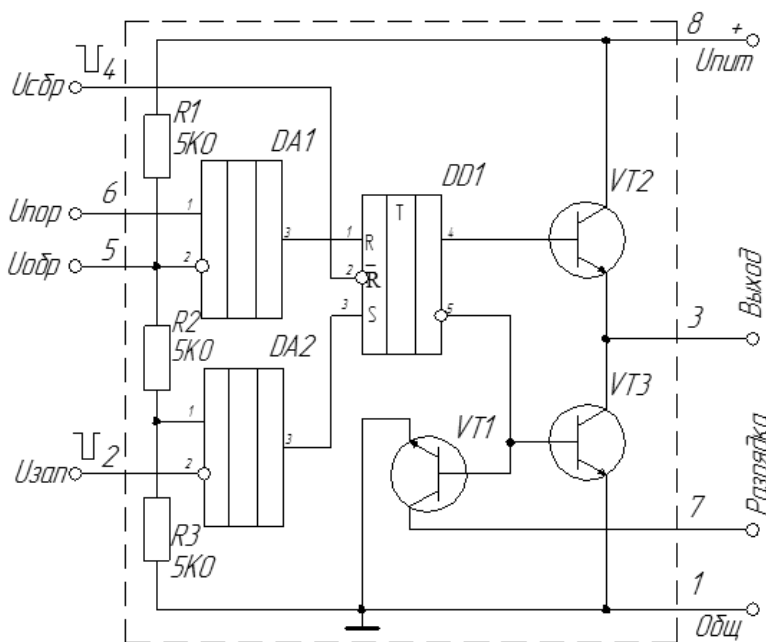


Рисунок 17.3 – Функциональная схема КР1006ВИ1

### Указания к применению

1 Запуск микросхемы происходит при  $U_{0\text{ex}} < U_{um}/3$ . Для устранения неустойчивости запуска, создаваемой пульсациями напряжения источника питания, рекомендуется параллельно с источником питания, в непосредственной близости к выводам микросхемы, подключать конденсатор емкостью 1...10 мкФ.

2 Максимальное напряжение сброса составляет 0,4...1 В. Если вывод «сброс» не используется, то его следует подключать к плюсу источника питания.

3 Если вывод «контроль делителя» не используется, он должен быть замкнут на корпус через блокирующий конденсатор емкостью 0,01...0,1 мкФ.

4 Минимальная длительность импульса, генерируемого таймером, составляет 20 мкс, а максимальная определяется параметрами внешних времязадающих элементов  $R1$  и  $C1$ .

5 Запрещается подавать на выводы 2, 4, 6, 7 напряжение, превышающее значение напряжения питания.

6 Допустимое значение статического потенциала 200 В.

Выходное сопротивление таймера  $R_{вых} = 10$  Ом.

Предельно допустимое напряжение питания 4,5...16,5 В. Максимальный ток нагрузки 100 мА. Наибольшая допустимая рассеиваемая мощность 500 мВт; при температуре окружающей среды более 50 °С предельно допустимую мощность определяют по формуле

$$P_{рас.мах} = 500 - 5 (T_{окр.ср} - 50).$$

Начальная погрешность  $\delta_0$  – это относительное отклонение длительности  $T_{\lambda}$  импульса ждущего мультивибратора на КР1006ВИ1 с внешними времязадающими элементами  $R1$  и  $C1$  от длительности  $T_0$  импульса, определенной из выражения

$$T_0 = R1 C1 \ln 3.$$

Делитель напряжения  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  формирует два значения образцового напряжения, подаваемого на входы двух компараторов. Компараторы  $DA1$  (высокого уровня) и  $DA2$  (низкого уровня) служат для сравнения входных сигналов порогового  $U_{пор}$  и запускающего  $U_{зан}$  с образцовым  $U_{обр}$  напряжением. Наличие вывода 5 таймера позволяет контролировать значение образцового напряжения, а также изменять его подключением вывода 5 через резистор того или иного сопротивления либо к выводу 8 ( $+U_{num}$ ), либо к выводу 1 (*общ*).

Номинал резисторов  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  соответствует 5 кОм  $\pm 20$  %, но в каждом экземпляре таймера значения сопротивления равны между собой с погрешностью не более нескольких десятых долей процента, а также скомпенсированы по температуре.

Выходные сигналы компараторов управляют работой асинхронного RS-триггера  $DD1$ . Двухтактный усилитель на транзисторах  $VT2$ ,  $VT3$  усиливает выходной сигнал триггера. Если на выходе  $U_{зан}$  действует напряжение меньше  $U_{num}/3$ , а на входе  $U_{пор}$  – меньше  $2U_{num}/3$ , то на выходе (выход 3) установится уровень логического 0. Если же на вход  $U_{зан}$  подать напряжение, большее  $U_{num}/3$ , а на вход  $U_{пор}$  – большее  $2U_{num}/3$ , то на выходе будет уровень 1 ( $U_{num} - 2,5$  В). При установлении на входе  $U_{зан}$  напряжения больше  $U_{num}/3$ , а на входе  $U_{пор}$  – меньше  $2U_{num}/3$ , выходной уровень не изменится.

Внешний вход  $U_{сбр}$  (вывод 4) триггера  $DD1$  позволяет прерывать действие таймера независимо от уровня напряжения на входах  $U_{пор}$  и  $U_{зан}$ . Для надежного



переключения триггера на вход  $U_{сбр}$  надо подать напряжение не более 0,4 В. При напряжении, большем 1 В, вход закрыт.

Усилитель на транзисторах  $VT_2$ ,  $VT_3$  обеспечивает необходимую выходную мощность таймера. Она достаточна для непосредственного подключения к выходу электромагнитного реле.

Микросхема КР1006ВИ1 становится устройством, способным формировать временные интервалы, после подключения к ней внешних времязадающих цепей. В качестве примера на рисунке 17.1, а показана схема ждущего мульти-вibratorа. Здесь элементы  $R_1$  и  $C_1$  составляют времязадающую цепь; конденсатор  $C_2$  – вспомогательный, защищающий формирователь образцового напряжения  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  (см. рисунок 17.3) от помех и пульсаций, которые проникают со стороны источника питания.

Для того чтобы разряжать времязадающий конденсатор в каждом цикле формирования импульса, в таймере предусмотрен разрядный транзистор  $VT_1$  с открытым коллектором. Коллектор этого транзистора (вывод 7) соединяют с конденсатором времязадающей цепи, как показано на рисунке 17.1. Разрядный транзистор открыт, если на выходе таймера (вывод 3) установился низкий уровень напряжения. Наибольшее допустимое сопротивление резистора  $R_1$  времязадающей цепи 10 Мом.

Для расчета параметров схемы, работающей в режиме автогенерации, используются следующие выражения:

– длительность импульса

$$t_H = 0,693 (R_1 + R_2) C_1;$$

– длительность паузы

$$t_L = 0,693 R_2 C_1;$$

– период

$$T = t_H + t_L = 0,693 (R_1 + 2R_2) C_1.$$

По частоте импульсов определяется период  $T$ .

По периоду  $T$  и скважности  $\gamma$  можно найти длительности импульса и паузы.

Задавшись значением  $C_2$ , определяется значение  $R_2$ , далее – значение  $R_1$ .

### **Контрольные вопросы**

- 1 Пояснить назначение элементов на функциональной схеме таймера.
- 2 Как теоретически получить скважность импульсов в режиме автогенерации, равную 50 % ?
- 3 Как практически получить скважность импульсов в режиме автогенерации, равную 50 % (допускается применение любых радиоэлементов) ?
- 4 Как сформировать передний фронт импульсов?
- 5 Как сформировать задний фронт импульсов?





6 Пояснить, почему переключение происходит при заданных пороговых напряжениях.

7 Как влияет изменение напряжения питания микросхем на параметры генераторов?

8 В каких устройствах автомобилей и тракторов могут применяться данные схемы?

## 18 Лабораторная работа № 18. Проектирование и исследование модуляторов на базе КР1006ВИ1

**Цель работы:** разработка и исследование модуляторов на базе КР1006ВИ1.

### Порядок выполнения работы

Собрать схемы согласно рисунку 18.1, а, б соответственно.

При исследовании схемы, представленной на рисунке 18.1, а, импульс запуска получить со схемы, представленной на рисунке 17.1, б из лабораторной работы № 17, путем выделения заднего фронта импульса.

Модулирующее напряжение получить с генератора импульсов. Вид модулирующего напряжения – согласно варианту задания.

Согласно варианту задания (выдается преподавателем) рассчитать параметры RC-цепей для модуляторов, работающих в широтно-импульсном и фазо-импульсном режимах.

Варианты заданий приведены в таблице 18.1.

Скважность  $\gamma$  импульсов на выходе должна изменяться от 1 до 95 % при изменении модулирующего напряжения от минимального до максимального значений (данное условие применяется для расчета параметров RC- цепей).

Скважность  $\gamma$  определяется как отношение длительности импульса к длительности периода импульса.

Исследование схем проводить при напряжении питания микросхем плюс 10 В.

Максимальное напряжение модулирующего сигнала должно быть меньше напряжения питания (уточняется при исследовании схем).

При исследовании схем необходимо:

1) теоретически нарисовать диаграммы на входе запускающих импульсов, конденсаторе, входе модулирующего напряжения, выходе модуляторов;

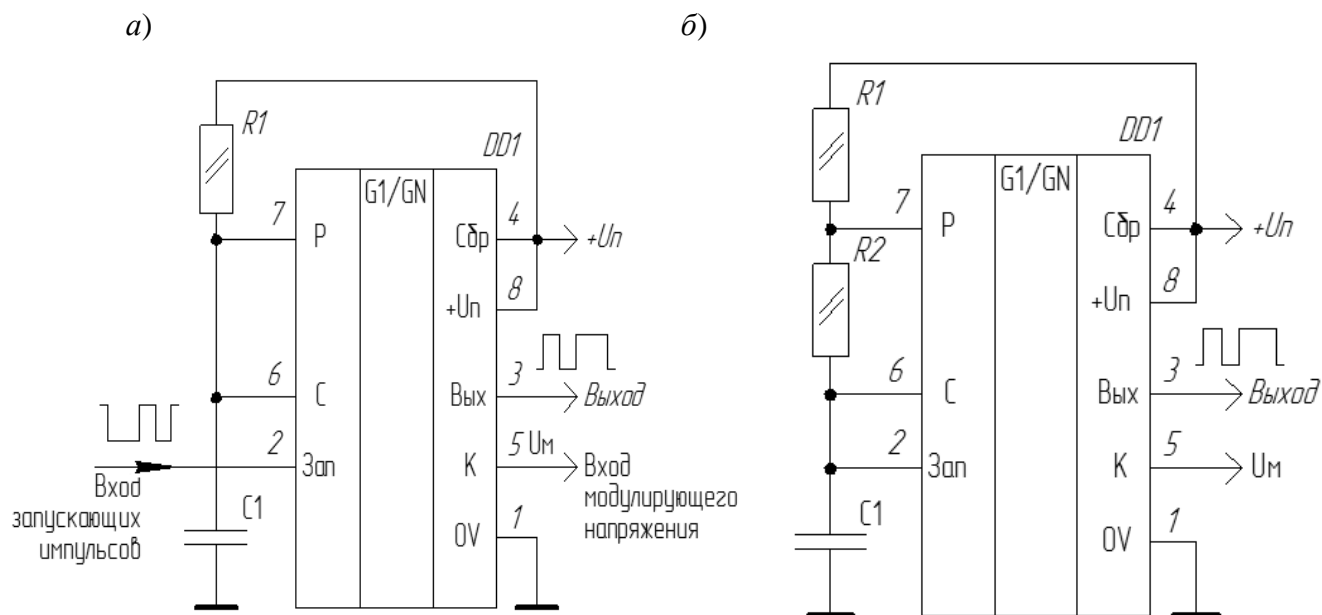
2) практически, исследуя схемы, представить диаграммы на входе запускающих импульсов, конденсаторе, входе модулирующего напряжения, выходе модуляторов;

3) измерить минимальную и максимальную скважность согласно эксперименту и сравнить полученные результаты с заданием. Допустимая погрешность не должна превышать 10 % (привести расчет погрешности). Если погрешность более указанного значения, пересчитать параметры навесных элементов схемы;

4) выполнить п. 3 для напряжений питания микросхем плюс 5 и плюс 15 В



(измерить скважность согласно эксперименту и сравнить полученные результаты для напряжения питания плюс 10 В).



а – широтно-импульсного; б – фазово-импульсного

Рисунок 18.1 – Принципиальные схемы модуляторов на KP1006VI1

Таблица 18.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Параметры модуляции		Вид модулирующего сигнала
	Основная частота модулирующего напряжения $f$ , Гц	Число периодов несущей частоты на основной частоте / Частота запускающих импульсов	
1	100	20 / расчет	Треугольный
2	200	20 / расчет	Синусоидальный
3	–	1,0 кГц	Потенциальный (регулируемое напряжение)
4	400	20 / расчет	Треугольный
5	600	20 / расчет	Синусоидальный
6	–	3,0 кГц	Потенциальный (регулируемое напряжение)
7	700	20 / расчет	Треугольный
8	1000	20 / расчет	Синусоидальный
9	–	5,0 кГц	Потенциальный (регулируемое напряжение)

Отчет оформляется на листах формата А1 или в тетради.

Содержание отчета:

- титульный лист (при оформлении в тетради – один на тетрадь);
- название работы;
- цель работы;

- схемы электрические принципиальные модуляторов;
- результаты экспериментов и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

Исследование модуляторов может выполняться как на стенде, так и на компьютере.

### ***Краткие методические указания***

Для расчета параметров навесных элементов R и C использовать выражения из лабораторной работы № 17. Амплитуда модулирующих сигналов не должна превышать  $(2/3)U_{nom}$ . Вид модулирующего сигнала – однополярный (положительное напряжение).

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Пояснить назначение элементов на функциональной схеме таймера.
- 2 В чем заключается широтно-импульсная модуляция?
- 3 В чем заключается фазово-импульсная модуляция?
- 4 В чем отличие широтно-импульсной модуляции от фазово-импульсной?
- 5 От чего зависит скважность импульсов на выходе модуляторов?
- 6 Пояснить, почему изменяется скважность импульсов на выходе модулятора при изменении напряжения модуляции.
- 7 Как влияет изменение напряжения питания микросхем на параметры модуляции?
- 8 В каких устройствах автомобилей и тракторов могут применяться данные схемы?



## **Лабораторная работа № 19. Исследование шагового электропривода**

***Цель работы:*** изучение электрооборудования устройства управления шаговыми приводами систем ЧПУ, построенных по агрегатному принципу.

### ***Порядок выполнения работы***

Работа выполняется в два этапа.

На первом этапе исследуются режимы работы шагового электропривода на стенде в лаборатории:

- последовательность коммутации фаз двигателя в прямом и инверсном режимах;
- определение величины шага двигателя (в градусах);
- определение синхронизирующих моментов.

Управление шаговым электроприводом осуществляется в режиме «ручного управления».

На втором этапе изучается электрооборудование устройства программного управления НЗ31.

Отчет оформляется на листах формата А4 или в тетради.

Содержание отчета:

- титульный лист (при оформлении в тетради – один на тетрадь);
- название работы;
- цель работы;
- схемы: функциональная и структурная системы;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

### ***Краткие методические указания***

Устройства управления шаговыми приводами отличаются только количеством независимо управляемых приводов.

Структурная схема УУШП представлена на рисунке 19.1.

Принцип их работы аналогичен друг другу, поэтому рассмотрим принцип работы УУШП по одной координате по структурной схеме (см. рисунок 19.1).

УУШП имеет два режима работы.

В режиме РАБОТА сигналы управления поступают из интерполятора, а в режиме ПРОВЕРКА сигналы управления формируются автономным генератором, расположенным в пульте управления.

Как известно, в СЧПУ информация, записанная в кодированном виде на перфоленте, преобразуется в последовательность командных импульсов с помощью интерполятора. Сигналы с выхода интерполятора поступают в зависимости от требуемого направления движения привода по каналам +ПРОГР или –ПРОГР.

Характеристики сигналов, поступающих из интерполятора:

- максимальная частота сигналов 0,8 кГц;
- напряжение при логическом «0» на входе плюс 0,4 В;
- напряжение при логической «1» на входе от плюс 2,2 до плюс 4,5 В;
- полярность управления – положительная.

Для управления шаговым двигателем типа ШД-5Д1 необходимы сигналы с параметрами:

- напряжение в состоянии «0» < 2,5 В;
- напряжение в состоянии «1» +48 В;
- максимальный ток в обмотке ШД 2,8 А.

Распределение импульсов, поступающих из интерполятора, по фазам шагового двигателя осуществляется коммутатором.

В режиме РАБОТА сигналы +ПРОГР или –ПРОГР из интерполятора поступают на вход коммутатора, а сигнал СБРОС – на плату контроля, где формируется сигнал СБРОС ПРИВОДА, который поступает на входы всех коммутаторов одновременно.



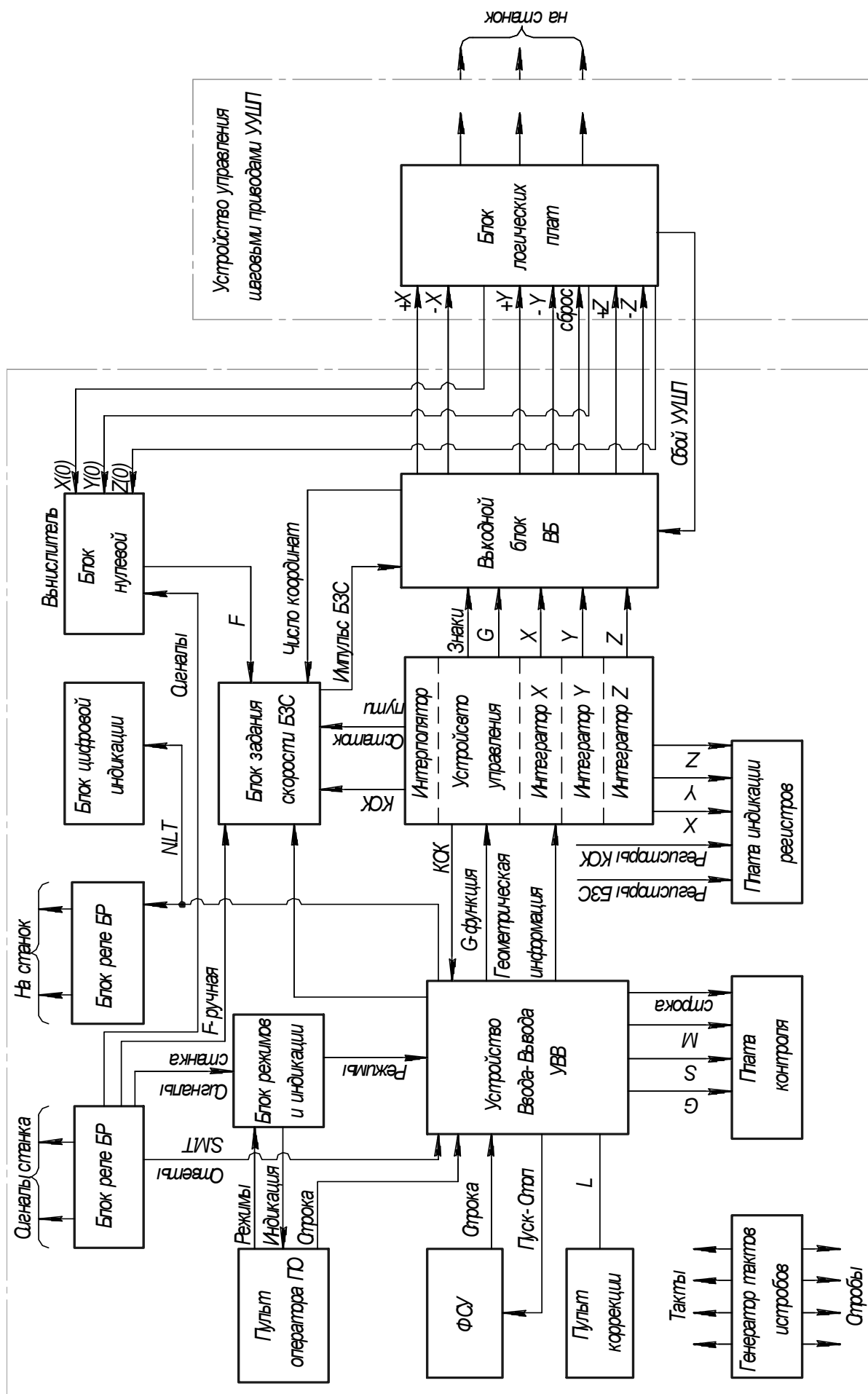


Рисунок 19.1 – Структурная схема УУШП



По сигналу СБРОС ПРИВОДА каждый коммутатор УУШП устанавливается в исходное состояние, при котором включены первая и вторая фазы ШД.

Сигналы управления, сформированные в коммутаторе, поступают на плату потенциальных развязок, где формируются сигналы управления усилителями мощности, гальванически не связанные с сигналами коммутатора и интерполятора.

С выходов платы потенциальных развязок сигналы поступают в блоки усилителей мощности, где усиливаются до величины, необходимой для коммутации фазовых токов обмоток шагового двигателя.

С выходов блоков усилителей мощности усиленные сигналы через узлы форсировочных резисторов поступают на обмотки ШД.

Состояние фаз ШД контролируется с помощью ламп на пульте управления, которые включены параллельно форсировочным резисторам. Параллельно обмоткам ШД включены узлы демпфирующих цепей, которые служат для сглаживания перенапряжений, возникающих на обмотках ШД в моменты их отключения.

В выходных каскадах усилителей мощности формируются сигналы контроля состояния фаз ШД, которые через плату потенциальных развязок поступают на схему контроля, где формируется сигнал СБОИ КООРДИНАТЫ при неисправности или отказе любого из шести каналов управления фазами ШД.

Сигнал СБОИ КООРДИНАТЫ с коммутаторов поступает на плату контроля, где формируется общий сигнал СБОИ УУШП при отказе УУШП по любой из координат, который одновременно поступает в интерполятор и на пульт управления. Загорается лампа СБОИ УУШП.

При работе УУШП в режиме ПРОВЕРКА сигналы управления формируются на плате контроля и поступают в коммутатор по каналам +ПРОГР АВТОН или –ПРОГР АВТОН. Сигналы управления формируются из сигналов генератора или из сигналов триггера одиночных команд. Частота задающего автономного генератора может изменяться дискретно с помощью переключателя СКОРОСТЬ ПОДАЧИ на пульте управления.

В режиме РАБОТА частота вращения всех приводов определяется программой работы и сигналы управления поступают на вход коммутатора по каналам +ПРОГР или –ПРОГР.

Коммутатор предназначен для формирования сигналов управления усилителями из сигналов унитарного кода, поступающих с интерполятора, или из сигналов управления, поступающих с задающего генератора или триггера одиночных команд. Кроме того, схема коммутатора формирует сигналы СВОИ КООРДИНАТЫ и (0) КООРДИНАТЫ по сигналам контроля, поступающим с входов усилителей мощности.

С целью повышения надежности работы привода управление шаговым двигателем осуществляется по 12-тактной схеме с алгоритмом 2–3.

При принятом алгоритме управления при любом такте состояние выходов коммутатора, а следовательно, и обмоток шагового двигателя может быть описано в таблице 19.1.





Таблица 19.1 – Состояние выходов коммутатора

Выход коммутатора	Уст «0»	ТАКТ											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	
Упр. 1 ф.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Упр. 2 ф.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Упр. 3 ф.	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Упр. 4 ф.	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Упр. 5 ф.	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Упр. 6 ф.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Описать назначение, состав, технические характеристики УУШП.
- 2 Пояснить устройство и принцип действия шагового двигателя.
- 3 Пользуясь структурной схемой устройства, описать взаимодействие основных УЗЛОВ УУШП в режиме РАБОТА.
- 4 Пользуясь структурной схемой устройства, описать взаимодействие основных узлов УУШП в режиме ПРОВЕРКА.
- 5 Описать назначение и работу схемы КОНТРОЛЯ.
- 6 Описать назначение и работу схемы пульта управления.
- 7 Пояснить работу узла форсировочных резисторов. Привести необходимые диаграммы и графики.
- 8 Пояснить назначение демпфирующих цепей. Объяснить их работу в схеме.
- 9 Описать работу блока усилителя мощности.
- 10 Привести основные сведения об унитарном коде.

## **20 Лабораторная работа № 20. Исследование системы управления ЭПХХ**

***Цель работы:*** изучение и исследование электрических схем систем управления экономайзерами принудительного холостого хода.

### ***Порядок выполнения работы***

Задание на выбор схемы ЭПХХ выдается преподавателем.

Схемы электрические принципиальные экономайзеров принудительного холостого хода и описание принципа их действия представлены в отдельном каталоге схем (выдается преподавателем).

Описать принцип действия заданного устройства.

На основании принципиальных схем разработать структурные и функциональные схемы представленных устройств.



Представить временные диаграммы работы в каждой точке структурной (функциональной) схемы.

Содержание отчета

1 Титульный лист.

2 Описание принципа действия ЭПХХ.

3 Технические характеристики ЭПХХ.

4 Структурная (функциональная) схема ЭПХХ, временные диаграммы работы в каждой точке структурной (функциональной) схемы.

### ***Краткие теоретические сведения***

Автомобильный двигатель представляет собой сложную систему, состоящую из отдельных подсистем: топливоподдачи, зажигания, охлаждения, смазочной и т. д. Все подсистемы связаны друг с другом. При функционировании они образуют единое целое.

Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движения с относительно постоянной скоростью, остановки.

Водитель, воздействуя на дроссельную заслонку, изменяет скоростной и нагрузочный режимы двигателя. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливовоздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которым обычно осуществляется автоматическими системами (рисунком 20.1). ЭСАУ – электронная система автоматического управления; КП – коробка передач;  $V_a$  – скорость движения автомобиля.

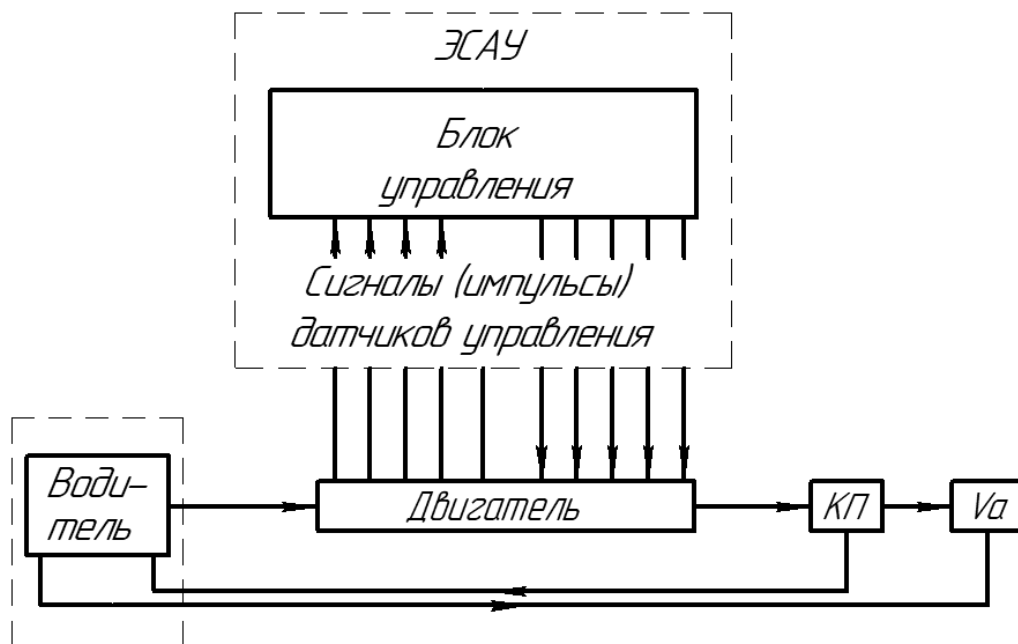


Рисунок 20.1 – Схема управления автомобильным двигателем



Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки  $\varphi_{др}$ , угол опережения зажигания  $\Theta$ , цикловой расход топлива  $G_T$  и др.) – это те параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими.

Схема двигателя как объекта автоматического управления приведена на рисунке 20.2.

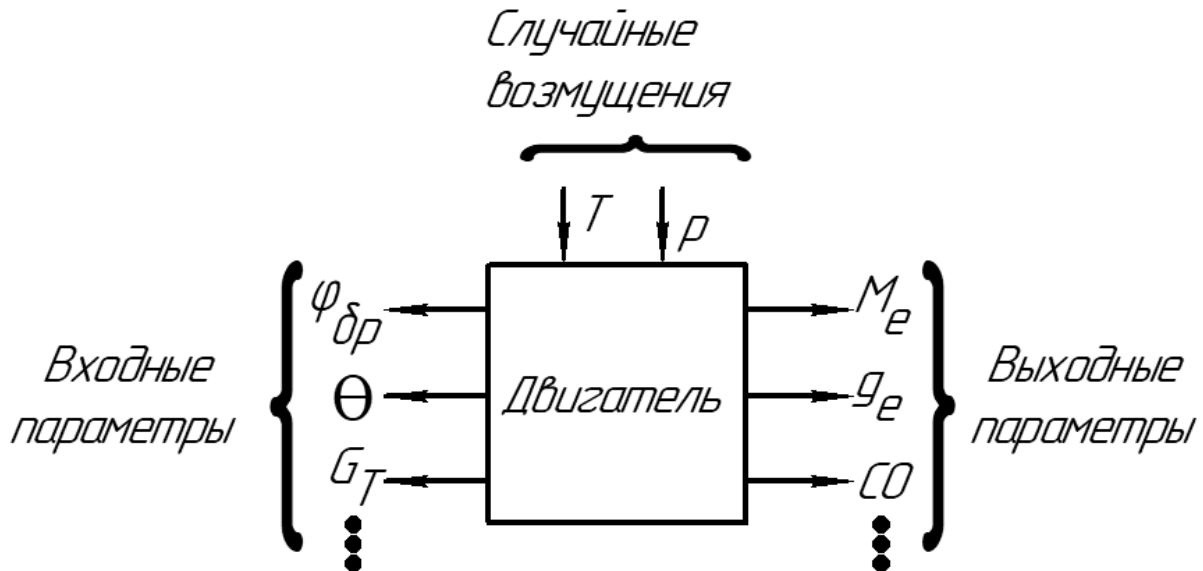


Рисунок 20.2 – Схема двигателя как объекта управления

Выходные параметры, которые называются управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся частота вращения коленчатого вала  $n$ , вращающий момент  $M$ , показатель топливной экономичности  $g$  и токсичность отработавших газов (например, содержание  $CO$ ), а также многие другие.

Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К случайным возмущениям можно отнести изменение параметров состояния внешней среды (температура  $T$ , давление окружающей среды  $p$ , влажность), свойств топлива и масла и т. д.

Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики.

Кроме того, по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного трубопроводов и т. д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя.

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной.

Чрезвычайно широкое распространение автомобильных двигателей предопределило и большое разнообразие их конструкций. Естественно, это приводит к многовариантности систем управления. Так, если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то современные системы впрыскивания топлива создаются только на основе управления электронными системами.

С другой стороны, развитие электронных систем управления может стимулировать появление новых конструктивных решений проектируемых двигателей.

Экономичность двигателя может быть значительно повышена благодаря электронному управлению его системой топливоподачи. Система электронного впрыскивания позволяет обеспечить строго дозированную подачу топлива в зависимости от режима работы двигателя. Перспективным является совмещение электронного управления впрыскиванием топлива и зажиганием. Широко распространена система автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУ ЭПХХ).

Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода.

Принципы работы САУ ЭПХХ. При движении в городских условиях 18...25 % времени двигатель работает на режиме принудительного холостого хода.

Двигатель работает в режиме принудительного холостого хода при торможении двигателем, переключении передач, движении автомобиля накатом и т. д. В этих случаях дроссельная заслонка карбюратора закрыта (педаль управления дроссельной заслонкой полностью отпущена), частота вращения коленчатого вала двигателя превышает частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу.

На принудительном холостом ходу коленчатый вал двигателя вращается за счет кинетической энергии автомобиля. Автомобиль движется с включенной передачей и отпущенной педалью управления дроссельной заслонкой, поэтому двигатель расходует топливо, не выполняя полезной работы. В режиме принудительного холостого хода от двигателя не требуется отдача мощности, а сгорание топливовоздушной смеси приводит только к загрязнению окружающей среды. В результате быстрого закрытия дроссельной заслонки топливовоздушная смесь переобогащается и токсичность отработавших газов увеличивается.

Для снижения расхода топлива, уменьшения токсичности отработавших газов на автомобилях применяют электронные САУ ЭПХХ, которые в режиме принудительного холостого хода прекращают подачу топлива.

САУ ЭПХХ работает следующим образом (рисунок 20.3). Для определения режима принудительного холостого хода служат датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки. Информа-



ция о частоте вращения коленчатого вала поступает в блок управления ЭПХХ с катушки зажигания (с первичной обмотки). Если дроссельная заслонка открыта, контакты микровыключателя замкнуты. При закрытой дроссельной заслонке его контакты разомкнуты.

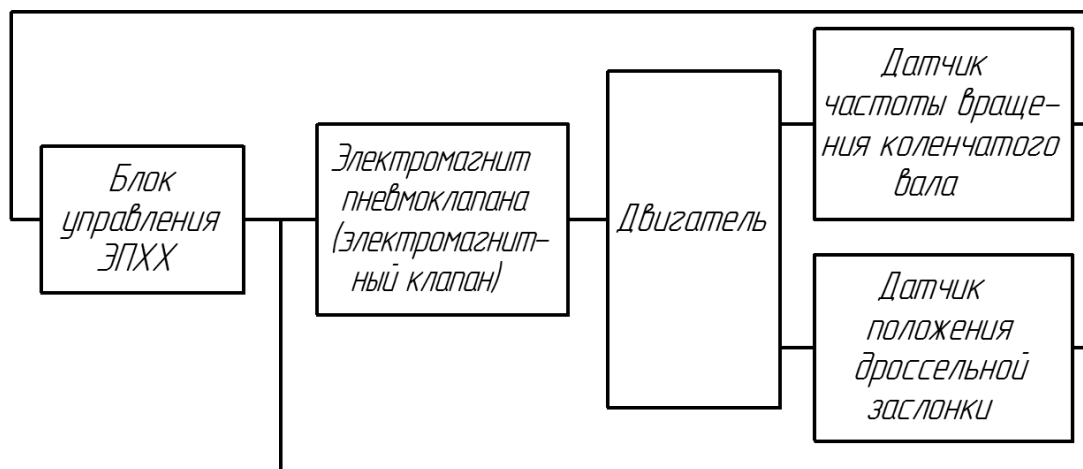


Рисунок 20.3 – Схема САУ ЭПХХ

При режиме принудительного холостого хода электронный блок дает управляющий сигнал на закрытие электромагнитного клапана. При этом подача топлива через систему холостого хода прерывается. После окончания режима принудительного холостого хода открывается дроссельная заслонка и частота вращения коленчатого вала увеличивается за счет работы главной дозирующей системы карбюратора. При достижении определенной частоты вращения коленчатого вала электронный блок подает управляющий сигнал на электромагнитный клапан. Начинается подача топлива через систему холостого хода карбюратора.

САУ ЭПХХ грузовых и легковых автомобилей несколько отличаются по алгоритму управления, схеме и конструктивному исполнению. Принципиальные схемы электронных блоков управления ЭПХХ легковых и грузовых автомобилей зависят от закона управления электромагнитным клапаном подачи топлива.

### **САУ ЭПХХ легковых автомобилей**

САУ ЭПХХ автомобилей ВАЗ моделей 2105 и 2107 содержит блок управления 25.3761, электромагнитный клапан 1902.3741 и микровыключатель 421.3709.

Структурно блок управления 25.3761 состоит из компараторов и цепей обратных связей. Блок управления обеспечивает прекращение подачи топлива при закрытой дроссельной заслонке и частоте вращения коленчатого вала двигателя выше  $1500 \text{ мин}^{-1}$ . Подача топлива в режиме принудительного холостого хода прерывается иглой ЭПХХ, перемещение которой осуществляется пневматической системой, управляемой электромагнитным клапаном.

При работающем двигателе импульсы напряжения от системы зажигания (от прерывателя или катушки зажигания), пропорциональные частоте вращения коленчатого вала, подаются на вход Х4 блока управления и далее на входной делитель напряжения R1 и R2, диод VD1, конденсатор C2 и базу транзистора VT1. Проходящий через конденсатор C2 ток заряда открывает транзистор VT1, который переводит в открытое состояние транзистор VT2. Транзисторы VT1 и VT2 будут находиться в открытом состоянии до тех пор, пока не произойдет полный разряд конденсатора C3. После закрытия транзисторов VT1 и VT2 начинает работать схема преобразования частоты.

В интервале между входными импульсами конденсатор C3 заряжается через резисторы R4 и R5 до напряжения, значения которого тем больше, чем больше временной интервал между импульсами зажигания. Напряжение конденсатора C3 подается на вход компаратора, собранного на транзисторах VT3 и VT4. опорное напряжение с делителя напряжения R9, R10 подается на другой вход компаратора, которым является вывод базы транзистора VT3. опорное напряжение составляет только часть напряжения питания блока управления, стабилизированного стабилитроном VD2.

К выходу компаратора через резистор R11 подключена база транзистора VT6. Если частота вращения коленчатого вала двигателя станет меньше заданного порогового значения, напряжение на конденсаторе C3 превысит опорное напряжение, транзисторы VT3 и VT4 переходят в открытое состояние, на резисторе R12 появится выходное напряжение компаратора, которое переведет в открытое состояние транзисторы VT6, VT7 и VT8. При этом конденсатор C7 начинает заряжаться, на короткий промежуток времени откроется транзистор VT9. Через коллектор-эмиттерные переходы транзисторов VT8 и VT9 пройдет ток базы транзистора VT10, который переведет составной транзистор VT10, VT11 в открытое состояние.

При переходе транзистора VT11 в открытое состояние открывается и транзистор VT3. Параллельно резистору R10 подключаются резисторы R15, R16, поэтому опорное напряжение снижается, чем обеспечивается гистерезис в работе блока управления: напряжение на его выходе вновь появляется при уменьшении частоты вращения коленчатого вала до  $1100 \text{ мин}^{-1}$ . Наличие гистерезиса способствует более четкому срабатыванию блока управления. Возобновление подачи топлива при более низкой частоте вращения коленчатого вала в сравнении с пороговым значением ( $1500 \text{ мин}^{-1}$ ) повышает устойчивость работы двигателя. Резисторы R15, R16 совместно с транзистором VT5 образуют жесткую обратную связь.

Таким образом, если частота вращения коленчатого вала двигателя меньше порогового значения, на выводе XP1–XS1 контактного соединения создается напряжение, приблизительно равное напряжению бортовой сети, и электромагнитный клапан YA при любом положении дроссельной заслонки находится во включенном состоянии. Под действием разрежения во впускном трубопроводе, подводимого к игле ЭПХХ через включенный электромагнитный клапан, игла отжимается и открывает доступ топлива в канал системы холостого хода.

Когда частота вращения коленчатого вала двигателя равна или выше поро-



гового значения, напряжение на выходе блока управления снижается до нуля. Если при этом дроссельная заслонка полностью закрыта, обмотка электромагнитного клапана через цепь микровыключателя S1 обесточивается. Разрежение на иглу ЭПХХ не действует, и она перекрывает подачу топлива. Открытие дроссельной заслонки и снижение частоты вращения коленчатого вала ниже заданного порогового значения вновь приводят к включению электромагнитного клапана и возобновлению подачи топлива.

При наличии в цепи электромагнитного клапана YA короткого замыкания (вывод XP1 штекерного разъема замкнут на массу) после заряда конденсатора C7 составной транзистор VT10, VT11 перейдет в состояние отсечки, что предохранит его от перегрузки. При отсутствии короткого замыкания в цепи клапана YA составной транзистор через переход «эмиттер–коллектор» транзистора VT11 и через резистор R21 подает на базу транзистора VT9 напряжение бортовой сети, чем обеспечивается самоблокирование схемы. Находящийся в открытом состоянии составной транзистор VT10, VT11 соединяет вывод XP1–XS1 контактного соединения с выводом «+» (вывод X2) блока управления, обеспечивая срабатывание электромагнитного клапана.

В блок управления 50.3761, применяемый на автомобилях ВАЗ-2108, входной сигнал с первичной обмотки катушки зажигания подается на вывод 4 микросхемы DA1. На выводе 3 микросхемы DA1 формируются импульсы постоянной длительности, частота повторения которых соответствует частоте входных сигналов от катушки зажигания. На транзисторах VT1 и VT2 построен ключ, который во время действия импульса на входе микросхемы DA1 разряжает времязадающий конденсатор C1. В паузе между импульсами конденсатор C1 заряжается через резисторы R1 и R2. Максимальное напряжение, до которого заряжается конденсатор C1, увеличивается с уменьшением частоты сигнала.

На транзисторах VT3 и VT4 построен пороговый элемент (компаратор). Когда напряжение на конденсаторе C7 превысит опорное напряжение, равное примерно 8 В, эти транзисторы открываются.

Таким образом, при уменьшении частоты входного сигнала ниже порогового значения конденсатор C1 успевает зарядиться до напряжения, превышающего опорное напряжение порогового элемента. При этом транзисторы VT3 и VT4 открываются и через микросхему DA2 на базу транзистора VT6 подается сигнал, который его открывает. На электромагнитный клапан через транзистор VT8 подается напряжение питания.

При закрытой дроссельной заслонке контактное соединение XP5–XS5 соединено с массой через контакты S1 датчика положения дроссельной заслонки. Входное напряжение на электромагнитном клапане зависит от частоты импульсов на входе блока управления. При отключении контактного соединения XP5–XS5 от массы (дроссельная заслонка открыта) закрывается транзистор VT7, а транзистор VT5 открывается. Соответственно, открывается выходной транзистор VT8. При этом вывод «+» от источника электроснабжения будет постоянно подключен к электромагнитному клапану независимо от частоты входного сигнала.





Блок управления отключает электромагнитный клапан от бортовой сети и прерывает подачу топлива при частоте вращения коленчатого вала выше  $2100 \text{ мин}^{-1}$  и замыкании на массу вывода контактного соединения XP5–XS5 через микровыключатель S1. Напряжение на клапане появляется при уменьшении частоты вращения коленчатого вала ниже  $1900 \text{ мин}^{-1}$ .

### ***Микропроцессорная система управления зажиганием и ЭПХХ***

В микропроцессорной системе управления зажиганием и ЭПХХ на вход управляющего контроллера поступают сигналы от датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки, а также от датчика нагрузки контроллера, к которому из смесительной камеры карбюратора подается разрежение. Контроллер на выходе формирует сигнал управления клапанами ЭПХХ.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя более  $1100 \text{ мин}^{-1}$ , температуре охлаждающей жидкости более  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , полностью прикрытой дроссельной заслонке (педаль управления дроссельной заслонкой отпущена) или разрежении в смесительной камере карбюратора более  $74,7 \text{ кПа}$  ( $560 \text{ мм рт. ст.}$ ) контроллер включает электромагнитные клапаны, которые перекрывают каналы подачи топлива в систему холостого хода карбюратора (режим торможения двигателем).

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какую функцию управления двигателем выполняет ЭПХХ?
- 2 Какие параметры автомобиля и двигателя контролируются схемой ЭПХХ?
- 3 При помощи каких исполнительных элементов схема ЭПХХ воздействует на двигатель?
- 4 Пояснить назначение ЭПХХ.
- 5 Пояснить конструкцию и принцип действия электромагнитного клапана.
- 6 На какие элементы воздействует ЭПХХ в карбюраторных двигателях и как?
- 7 На какие элементы воздействует ЭПХХ в инжекторных двигателях и как?
- 8 Какую функцию выполняет ЭПХХ по отношению к двигателю?
- 9 Как оказывает влияние на энергосбережение ЭПХХ?
- 10 Как оказывает влияние на экологию ЭПХХ?
- 11 Как оказывает влияние на безопасность движения автомобиля ЭПХХ?
- 12 В каком режиме работает двигатель внутреннего сгорания при работе ЭПХХ?



## 21 Лабораторная работа № 21. Исследование электронного указателя поворота

**Используемое оборудование:** стенд лабораторный НТЦ-15.43: система освещения и световой сигнализации автомобиля.

**Цель работы:** изучение и исследование систем освещения и световой сигнализации автомобилей.

### 21.1 Устройство и принцип работы стенда

Конструктивно стенд (рисунок 21.1) представляет собой алюминиевый корпус, в котором размещены лицевая панель и элементы системы освещения и световой сигнализации автомобиля. В верхней части лицевой панели находятся приборная панель и задние фонари автомобиля; в нижней – фары автомобиля.



Рисунок 21.1 – Лабораторный стенд

В центральной части стенда слева размещены органы управления системой освещения и сигнализации:

- левый подрулевой переключатель;
- выключатель наружного освещения;
- выключатель аварийной сигнализации;
- выключатель задних противотуманных фонарей;

– выключатель освещения приборов.

В центральной части стенда справа находится монтажный блок автомобиля. На лицевой панели размещены вводные автоматические выключатели, измерительные приборы (вольтметр, амперметр), тумблеры, имитирующие срабатывание датчиков системы сигнализации автомобиля; на задней панели – блок ввода неисправностей и изображена электрическая схема системы освещения автомобиля.

Лабораторный стенд «Система освещения и световой сигнализации автомобиля» предназначен для использования в качестве учебного оборудования в высших и средних специальных учебных заведениях при проведении лабораторно-практических занятий по курсам: устройство автомобиля и техническая эксплуатация автомобилей.

Для проведения лабораторно-практических занятий по изучению устройства и функционирования системы освещения и световой сигнализации автомобиля реализована система освещения и световой сигнализации автомобиля ВАЗ-2108 в полном соответствии с системой, устанавливаемой в автомобиле. В стенде полностью сохранена цветовая маркировка проводов.

В стенде предусмотрена возможность проведения прямых электрических измерений в цепях изучаемой системы автомобиля, а также ввод неисправностей с их последующей диагностикой с использованием любого известного диагностического оборудования изучаемых систем.

## ***21.2 Изучение устройства и функционирования световых указателей поворота и аварийной сигнализации***

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Перевести автоматический выключатель «СЕТЬ» в верхнее положение.
- 2 Повернуть ключ выключателя зажигания в положение «Зажигание».
- 3 Перевести подрулевой переключатель сначала вниз, а потом вверх.
- 4 Наблюдать за изменениями в работе системы освещения (должны загореться сначала левый указатель поворота, а потом правый).
- 5 Перевести тумблер SA19, а затем SA20 блока ввода неисправностей в верхнее положение.
- 6 Наблюдать за изменениями в работе системы освещения, найти и объяснить неисправность.
- 7 Перевести подрулевой переключатель в исходное положение.
- 8 Нажать на кнопку «Выключатель аварийной сигнализации».
- 9 Наблюдать за работой системы аварийной сигнализации.
- 10 Повернуть ключ выключателя зажигания в положение «ВЫКЛЮЧЕНО».
- 11 Переводом автоматического выключателя «СЕТЬ» в нижнее положение отключить питание стенда.





## ***Краткие теоретические сведения***

Указатель поворота может устанавливаться как в блок-фаре, так и вне ее в передней части автомобиля. Он используется для информирования других участников движения о намерении совершить маневр (поворот, разворот, смену полосы движения). Указатель поворота устанавливается также в заднем фонаре. Помимо этого, с боковой стороны автомобиля предусматривается повторитель указателя поворота. В последнее время его стало популярно размещать в наружном зеркале заднего вида. Все указатели поворота должны работать синхронно.

В качестве сигнала поворота используется источник света желтого цвета, работающий в режиме мигания. Частота работы указателя должна составлять один–два мигания в секунду. Указатель поворота может иметь два режима работы: постоянный (пока не отключат), разовый (три-пять миганий при нажатии). Указатель поворота управляется с помощью соответствующего переключателя. Конструкция переключателя предусматривает автоматическое выключение сигнала при возвращении рулевого колеса в нейтральное положение.

Указатель поворота работает совместно с рядом систем активной безопасности: системой помощи при перестроении, системой помощи движению по полосе. Указатели поворота также используются в качестве сигнала аварийной остановки.

Аварийная сигнализация должна включаться в том случае, если автомобиль неподвижен и представляет собой источник повышенной опасности для прочих участников движения. Если необходимо оставить автомобиль, чтобы обратиться за технической помощью, аварийная световая сигнализация может функционировать также при извлеченном из замка ключе зажигания и заблокированных дверях автомобиля.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Пояснить принцип действия указателей поворота.
- 2 Как изменяется частота мигания указателей поворота при неисправности одной из ламп?
- 3 Пояснить особенности работы аварийной сигнализации.
- 4 Как изменяется работа аварийной сигнализации при неисправности одной из ламп указателей поворота?

### ***21.3 Изучение и исследование электрических схем электронных указателей поворота***

#### ***Задание на выполнение работы***

Задание на выбор схемы электронного указателя поворота выдается преподавателем.

Изучить схемы электрические принципиальные электронных указателей поворота, представленных на рисунках 21.2–21.8.



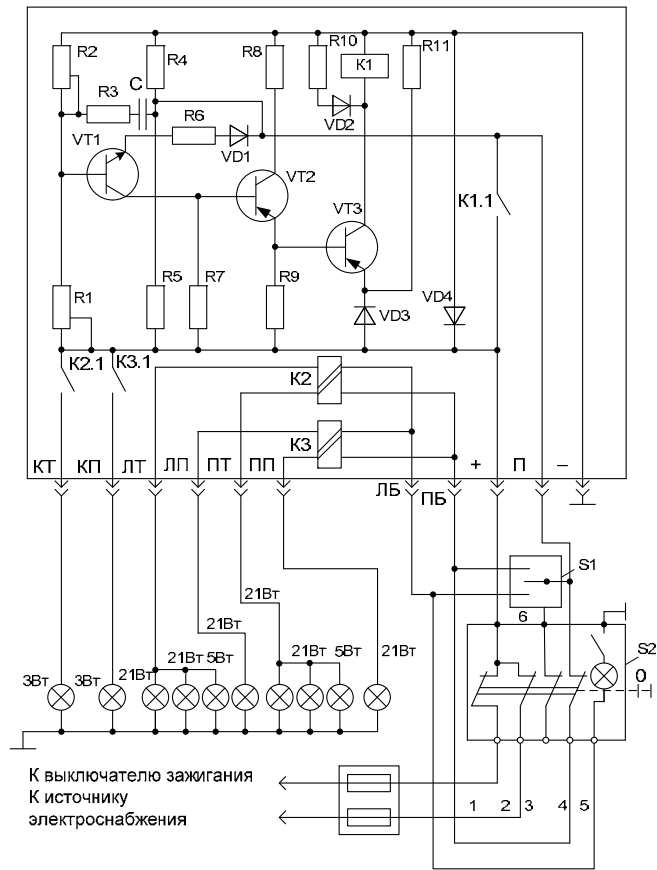
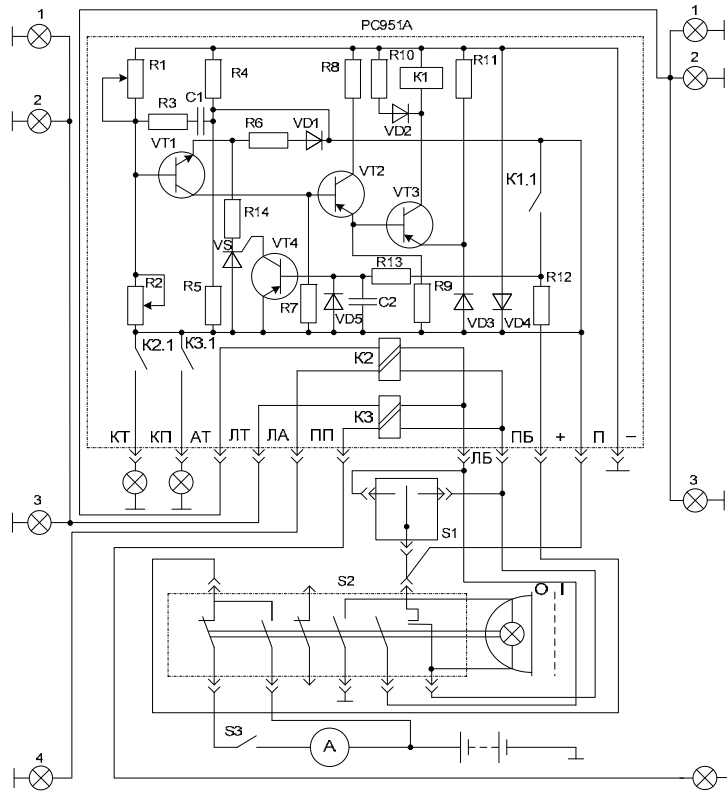


Рисунок 21.2 – Контактно-транзисторный реле-прерыватель РС950



1, 3 – лампы соответственно передних и задних указателей поворота; 2, 4 – лампы соответственно боковых повторителей и указателей поворота прицепа

Рисунок 21.3 – Реле-прерыватель РС951-А



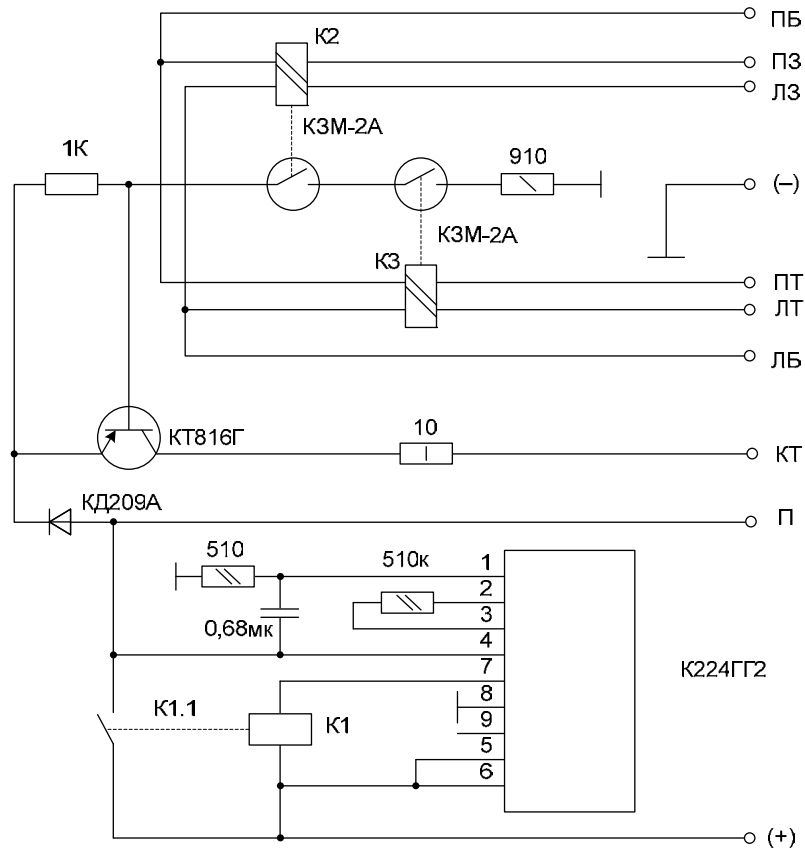


Рисунок 21.4 – Реле-прерыватель PC950-E

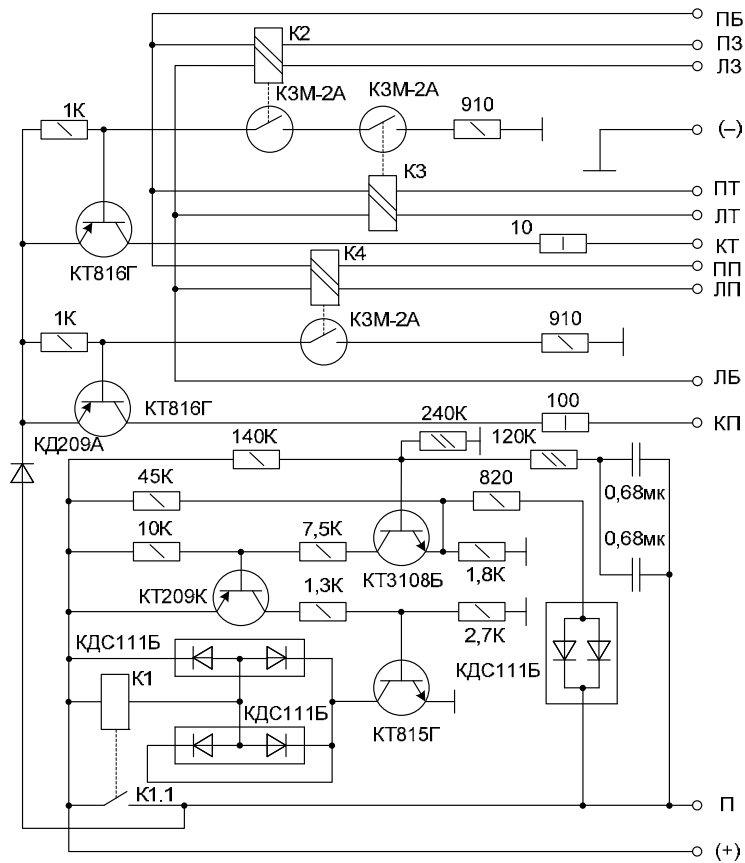


Рисунок 21.5 – Реле-прерыватель PC950-II



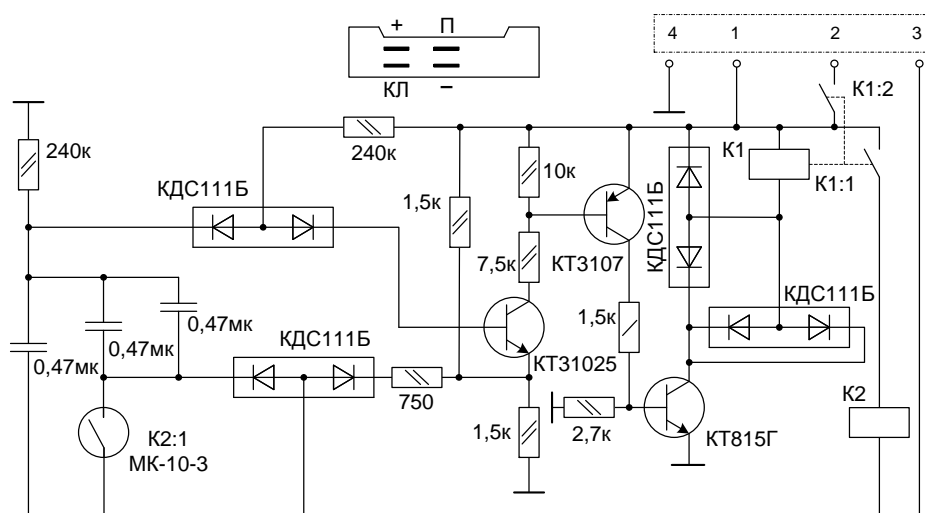


Рисунок 21.6 – Реле-прерыватель 231.3747

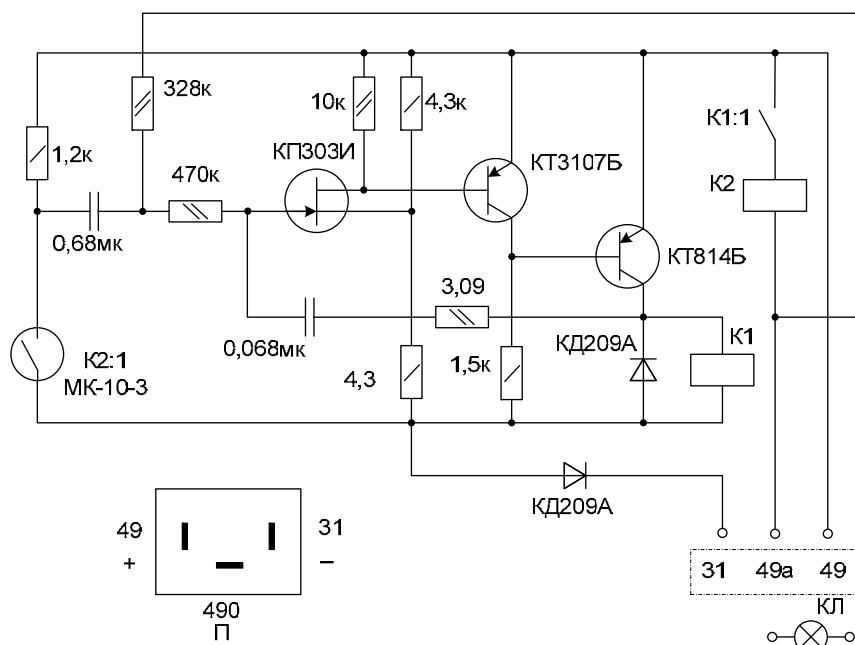


Рисунок 21.7 – Реле-прерыватель 491.3747

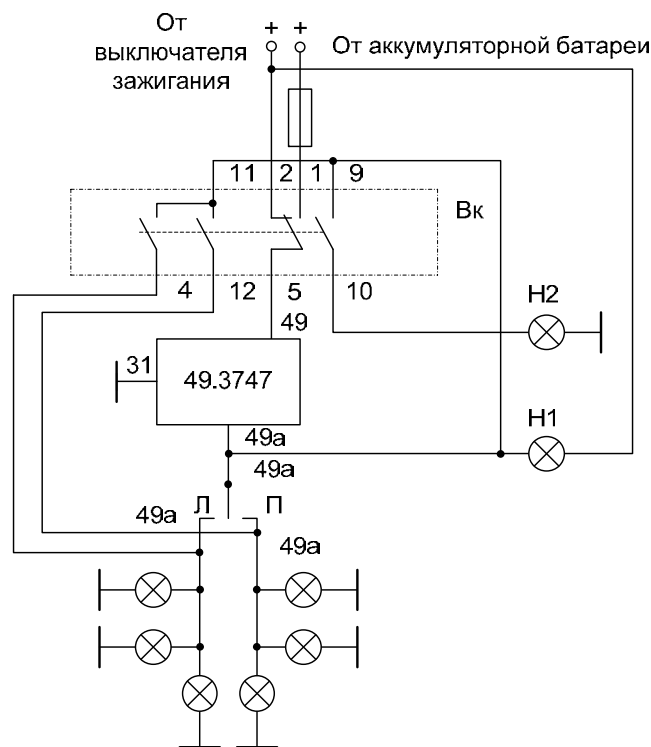
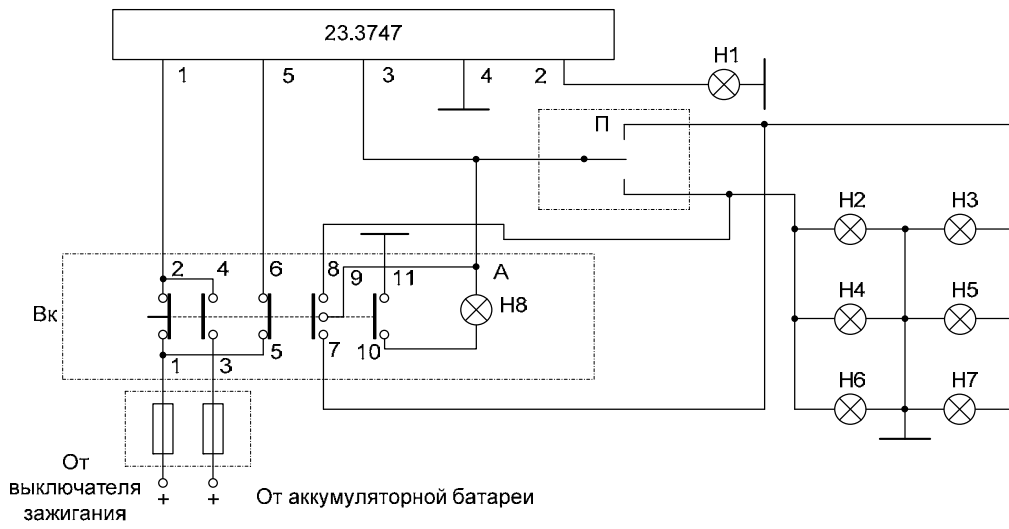
Описать принцип действия заданного устройства.

На основании принципиальных схем разработать структурные и функциональные схемы представленных устройств.

Представить временные диаграммы работы в каждой точке структурной (функциональной) схемы.

### Содержание отчета

- 1 Титульный лист.
- 2 Принципиальная схема электронного указателя поворота.
- 3 Функциональная схема электронного указателя поворота.
- 4 Временные диаграммы работы.



Вк – выключатель аварийной сигнализации

Рисунок 21.8 – Схема подключения реле-прерывателей

### ***Краткие теоретические сведения***

Для формирования прерывистого светового сигнала указателей поворота применяют электромагнитные и электронные реле-прерыватели. Реле-прерыватели предназначены для работы в режиме маневрирования, когда мигают лампы указателей поворота одного борта автомобиля, и в режиме аварийной сигнализации, при котором мигают лампы указателей поворота двух бортов одновременно.

Реле-прерыватели выполняют следующие функции:

- генерацию импульсов напряжения, подаваемых на лампы указателей поворота и боковых повторителей;

- отображение информации, свидетельствующей об отказе в работе любой из сигнальных лампы указателей поворота.

### ***Электронные реле-прерыватели указателей поворота и аварийной сигнализации.***

Применение электронных реле-прерывателей позволяет снизить зависимость параметров световых сигналов от внешних факторов, что повышает безопасность движения. Также они контролируют исправность ламп указателей, что очень важно для эксплуатации автомобиля.

Контактно-транзисторный реле-прерыватель РС950 указателей поворота (см. рисунок 21.2) для 12-вольтных систем электрооборудования обеспечивает прерывистый сигнал не только указателей поворота автомобиля-тягача и прицепа при маневрировании, но и подачу сигналов об аварийном состоянии автомобиля мигающим светом ламп всех указателей поворота. Частота проблесковых сигналов не зависит от числа включенных ламп. Переключатель S1 позволяет контролировать исправность ламп автомобиля-тягача и прицепа при включении указателей поворота для сигнализации о маневрировании.

Прерыватель состоит из задающего генератора импульсов, исполнительного электромагнитного реле K1, реле K2 контроля исправности сигнальных ламп автомобиля-тягача и реле K3 исправности сигнальных ламп прицепа.

При включенном зажигании, но нейтральном положении переключателя S1 и выключателя аварийной сигнализации S2 (BK422) реле-прерыватель находится под напряжением, однако генератор импульсов не действует. Транзистор VT1 закрыт, так как к его переходу «эмиттер – база» через резисторный мост R1, R2, R4 и R5 подведено запирающее напряжение. Закрытый транзистор VT1 размыкает цепи баз и удерживает в состоянии отсечки транзисторы VT2 и VT3. Обмотка исполнительного реле K1 отключена от источника тока. Контакты реле K1:1 разомкнуты.

При включении указателей поворота или аварийной сигнализации конденсатор С начинает заряжаться. Одновременно параллельно резистору R4 подключается цепочка R6 – VD1 через замкнутые контакты переключателя S1 или выключателя S2, обмотки реле K2 и K3 и холодные нити ламп указателей поворота одного или двух бортов автомобиля-тягача и прицепа. Это приводит к понижению потенциала эмиттера транзистора VT1. Транзистор VT1 и далее транзисторы VT2 и VT3 переходят в состояние насыщения, ток поступает в обмотку реле K1, контакты реле K1.1 замыкаются и включают лампы указателей поворота. Конденсатор С начинает разряжаться, но в процессе разряда удерживает транзистор VT1 в состоянии насыщения. После разряда конденсатора С транзисторы VT1, VT2, VT3 переходят в состояние отсечки. Электроснабжение обмотки реле K1 прекращается. Яркость свечения ламп указателей поворота резко снижается, так как ток в них проходит через резисторы R5, R6 и диод VD1.

Здесь и далее введены обозначения выводов: КТ – контрольной лампы тягача; КП – контрольной лампы прицепа; ЛТ – указателей поворота левого борта тягача; ЛП – указателей поворота левого борта прицепа; ПТ – указателей пово-



рота правого борта тягача; ПП – указателей поворота правого борта прицепа; ЛБ – левого борта; ПБ – правого борта; П – переключателя.

Цепочка R10–VD2 гасит ЭДС самоиндукции в обмотке исполнительного реле K1 при запираании транзистора VT3. Диод VD4 предохраняет реле-прерыватель от импульсов напряжения обратной полярности генератора импульсов при резком изменении нагрузки.

После размыкания контактов K1:1 лампы остаются подключенными к реле-прерывателю. Однако, несмотря на параллельную работу цепочки R6–VD1 и резистора R4, транзистор VT1 в течение некоторого времени удерживается в закрытом состоянии вследствие заряда конденсатора C. При уменьшении силы зарядного тока конденсатора до определенного уровня транзистор VT1 вновь открывается. В дальнейшем процесс генерации импульсов тока повторяется.

Каждая из обмоток двухобмоточных реле K2 и K3 пропускает токи ламп указателей поворота одного борта тягача или прицепа. В случае перегорания одной из ламп, сила тока уменьшается, контакты реле не замыкаются и соответствующая контрольная лампа не загорается.

Аварийная сигнализация включается независимо от положения переключателя указателей поворота S1 и выключателя зажигания. При этом контрольные лампы указателей поворота не горят, так как обе обмотки двухобмоточных реле K2 и K3 включены встречно. При протекании тока по двум обмоткам суммарное магнитное поле равно нулю и контакты K2:1 или K3:1 не замыкаются. Выключатель аварийной сигнализации BK422 имеет свой индикатор – лампу в ручке выключателя, которая мигает синхронно с лампами двух бортов автомобиля – тягача и прицепа.

Номинальная мощность контрольных ламп реле-прерывателя РС950 и его модификаций не должна превышать 3 Вт. Металлокерамические контакты K1:1 коммутируют ток силой до 30 А, достигаемый в момент включения ламп.

Отличительной особенностью реле-прерывателя РС951-А (см. рисунок 21.3) является применение электронной защиты от коротких замыканий в цепях электроснабжения сигнальных ламп указателей поворота. Короткое замыкание приводит к резкому увеличению падения напряжения на резисторе R12. Превышение потенциала эмиттера над потенциалом базы становится достаточным для перехода транзистора VT4 в состояние насыщения, через эмиттер-коллекторный переход которого подается управляющий сигнал на тиристор VS. Тиристор открывается, потенциал эмиттера транзистора VT1 повышается, и он закрывается. Запирание транзистора VT1 приводит к запираанию транзисторов VT2, VT3 и размыканию контактов K1.1 исполнительного реле K1. Генератор импульсов перестает работать. Это предотвращает перегорание обмоток реле K2 и K3 контрольных ламп.

Конденсатор C2 исключает срабатывание электронной защиты от одиночных сигналов. Диод VD5 ограничивает максимальную величину смещения на базе транзистора VT4 на уровне 0,7...0,8 В.

Чтобы после срабатывания электронной защиты снова включить реле-прерыватель, необходимо устранить неисправность, снять напряжение (для выключения тиристора) и вновь подключить реле-прерыватель к источнику тока.





Реле-прерыватель РС951-А предназначен для работы в 24-вольтовой системе электрооборудования автомобиля с прицепом и способен коммутировать сразу шесть основных сигнальных ламп мощностью по 21 Вт.

В электронном реле-прерывателе РС950-Е (см. рисунок 21.4), предназначенном для автомобилей с двухрежимной световой сигнализацией, для формирования импульсов тока используется специализированная микросхема К224ГГ2. При включенном переключателе указателей поворота или выключателе аварийной сигнализации генератор импульсов работает с частотой, определяемой конденсатором и резисторами, подключенными к выводам 1–4 микросхемы К22ГГ2.

При прохождении тока сигнальных ламп указателей поворота, работающих в режиме маневрирования, через обмотки реле К2 и К3 замыкаются герметизированные магнитоуправляемые контакты (герконы) КЭМ-2А. Транзистор КТ816Г открывается и подключает контрольную лампу к источнику тока. Геркон состоит из стеклянного баллона, внутри которого установлены две пружинные контактные пластины из ферромагнитного материала. Поверх баллона намотаны две обмотки в противоположных направлениях. При прохождении тока по какой-либо обмотке создается магнитное поле, вызывающее намагничивание обеих контактных пластин, которые, притягиваясь друг к другу, замыкают электрическую цепь.

Так как герконовые реле К2 и К3 имеют по две встречно намотанные обмотки, в режиме аварийной сигнализации контрольная лампа не горит. При перегорании лампы указателя поворота соответствующая обмотка реле К2 или К3 отключается от источника тока и один из герконов не замыкается. Контроль за работой сигнальных ламп осуществляется отдельно для передних и задних фонарей.

Реле-прерыватель РС950-П (см. рисунок 21.5), применяемый на автомобилях ГАЗ и ЗИЛ, по своим функциям является полным аналогом реле-прерывателя РС950-И, однако собран на другой элементной базе.

В модернизированном реле-прерывателе 231.3747 (см. рисунок 21.6) микросхемы заменены на отдельные элементы. Генератор импульсов собран на транзисторах, а схема контроля – на герконе с контактами К2:1 с обмоткой К2. Исполнительное реле К1 имеет две пары контактов: одна К1:1 коммутирует ток сигнальных ламп указателей поворота; другая К1:2 – ток контрольной лампы.

В реле-прерывателе 231.3747 контроль исправности ламп осуществляется, когда лампы не горят. В этот период на лампы подается ток небольшой силы и по падению напряжения на лампах оценивается их исправность. Информацию о том, что перегорела одна из сигнальных ламп, водитель получает в виде удвоения частоты мигания контрольной лампы.

У модернизированного реле-прерывателя 491.3747 (см. рисунок 21.7) для повышения помехозащищенности генератор импульсов собран на дискретных элементах.

Схема реле-прерывателя включает три узла: генератор импульсов, собранный на трех транзисторах; исполнительное реле К1 с одной парой замыкающих контактов; узел контроля выхода из строя сигнальных ламп на герконе с контактами К2:1 и обмоткой К2.





При включении указателей поворота вывод 49а соединяется с сигнальными лампами одного из бортов автомобиля, выходной транзистор КТ814В генератора импульсов открывается, на обмотку исполнительного реле К1 поступает ток. Контакты реле К1:1 замыкаются. Время горения сигнальных ламп указателей определяется цепью заряда конденсатора.

Если одна из сигнальных ламп указателей поворота не горит, то сила тока, протекающего через обмотку К2 геркона, уменьшается. Контакты К2:1 геркона размыкаются. Суммарная емкость времязадающей цепи уменьшается, а следовательно, уменьшается и время заряда, определяющее время горения ламп указателей поворота. При этом возрастает частота мигания контрольной лампы.

В режиме маневрирования напряжение на реле-прерыватель 491.3747 подается только после поворота ключа в выключателе зажигания в положение «Зажигание». Аварийная сигнализация должна включаться независимо от положения ключа. В режиме маневрирования реле-прерыватель начинает работать при включении нагрузки одного борта, а в аварийной ситуации – при включении нагрузки двух бортов. Выключатель аварийной сигнализации обеспечивает подачу напряжения на реле-прерыватель от аккумуляторной батареи, включает одновременно лампы указателей поворота двух бортов и в своей конструкции имеет контрольную лампу, которая мигает при его включении.

Схемы подключения реле-прерывателей 23.3747 и 49.3747 к сигнальным и контрольным лампам, а также к выключателю аварийной сигнализации приведены на рисунке 21.8.

*Отношение времени горения сигнальных ламп указателей поворота к времени цикла обычно составляет 30...75 %. Время до первоначального срабатывания прерывателя после включения должно быть не более 1 с. Время завершения первого цикла с момента включения переключателя указателей поворота не должно превышать 1,5 с.*

Сведения о лампах, применяемых в реле-прерывателях указателей поворота, приведены в таблице 21.1.

*При проверке работоспособности прерывателей измеряют частоту миганий, время  $T_c$  срабатывания, время  $T_1$  первого цикла, время  $T_2$  горения ламп и время  $T_3$  цикла. Время  $T_c$  измеряют от момента включения реле-прерывателя до первого отключения ламп от источника электроэнергии. Допустимые техническими условиями значения указанных параметров приведены в таблице 21.2.*

Кроме параметров, указанных в таблице 21.2, нормируется падение напряжения на внутреннем сопротивлении реле-прерывателей. Эта величина для реле-прерывателей РС950 и их модификаций не должна превышать 0,5 В во время горения максимального числа сигнальных ламп одного борта при температуре окружающей среды (15...25) °С и напряжении питания 13,5 В. Падение напряжения на реле-прерывателях 23.3747 и 49.3734 при максимальной расчетной нагрузке, напряжении 13,5 В при температуре окружающей среды (25 ± 5) °С не должно превышать 0,4 В в режиме маневрирования и 0,45 В в режиме аварийной сигнализации.



Таблица 21.1 – Сведения о лампах в реле-прерывателях указателей поворота

Прерыватель	Режим			
	Маневрирование		Аварийная сигнализация	
	Тип лампы	Число ламп	Тип лампы	Число
PC950	A12-21-3,	3	A12-21-3,	6
	A12-4 (A 12-5)	1	A12-4	2
PC950-Б	A12-21-3	3	A12-21-3	6
PC950-Е	A12-21-3	2	A12-21-3	4
PC-950-И	A12-21-3	3	A12-21-3	6
PC950-К	A12-21-3	2	A12-21-3	4
PC951	A24-21-2,	3	A24-12-2,	6
	A24-5	1	A24-5	2
PC951-А	A24-21-2,	3	A24-21-2,	6
	A24-5	1	A24-5	2
23.3747	A12-21-3,	2	A12-21-3,	4
	A12-4	1	A12-4	2
49.3747	A12-21-3,	2	A12-21-3,	4
	A12-4	1	A12-4	2

Таблица 21.2 – Нормируемые параметры реле-прерывателей

Прерыватель	Напряжения питания $U$ , В	Температура окружающей среды, °С	$F$ , цикл/мин	Максимальное значение $T_z$ , с	Максимальное значение $T_u$ , с	$(T_z/T_u) 100$ , %
PC950 и его модификации	10,8...15,0	-20...50	$90 \pm 30$	1,0	1,5	–
PC 950 и его модификации	13,5	-15... +25	$90 \pm 15$			40...70
PC951	21,6...30	-20...55	$90 \pm 30$	1,0	1,5	–
PC951, PC951	27	15...25	$90 \pm 30$	1,0	1,5	40...70
23.3747, 49.3747	10,8...15,0	-20...55	$90 \pm 30$	–	–	30...75
23.3747, 49.3747	13,5	20 - 30	$90 \pm 15$	–	1,5	–

*Примечание* – Прочерк означает, что соответствующие параметры при данных режимах испытаний не нормируются

### Контрольные вопросы

- 1 Какую функцию в автомобиле выполняют реле-прерыватели поворотов?
- 2 Какие параметры характеризуют работу реле-прерывателя поворотов?
- 3 Привести временную диаграмму работы реле-прерывателя поворотов.

- 4 Пояснить назначение реле-прерывателя поворотов.
- 5 Описать принцип действия реле-прерывателя поворотов.
- 6 Привести условия эксплуатации реле-прерывателей поворотов.
- 7 Сколько составляет допустимое падение напряжения на внутренних цепях реле-прерывателей поворотов и в каком режиме?
- 8 Какой элемент является исполнительным в реле-прерывателе поворотов?
- 9 Как повысить энергосберегающую функцию реле-прерывателей поворотов?
- 10 Как повысить надежность реле-прерывателей поворотов?
- 11 Как оказывают влияние на безопасность движения реле-прерыватели поворотов?
- 12 Привести обобщенную структурную схему реле-прерывателя поворотов.
- 13 Что является системой управления реле-прерывателя поворотов, какие требования к ней предъявляются и как системы управления реализуются схемотехнически?

## 22 Лабораторная работа № 22. Исследование двухпозиционного регулятора

**Цель работы:** исследование двухпозиционного регулятора, выполненного на операционных усилителях и в составе технического устройства/

### **Порядок выполнения работы**

- 1 Собрать схему, представленную на рисунке 22.1.  
Подать на вход схемы переменное напряжение амплитудой 3 В и частотой 100 Гц. Снять осциллограммы на выходе устройства.
  - 2 Собрать схему, представленную на рисунке 22.2.  
Подать на вход схемы переменное напряжение амплитудой 3 В и частотой 100 Гц. Снять осциллограммы на выходе устройства.
- Собрать схемы, представленные на рисунках 22.1 и 22.2. Выполнить расчет параметров резисторов для заданных преподавателем порогов переключения (по напряжению) при заданных параметрах напряжений питания микросхем. Исследовать полученные схемы.
- Гистерезис переключения в процентах относительно входного сигнала указывает преподаватель.
- Выполнить исследование полученного регулятора на макете или в программе моделирования.
- Привести диаграммы работы схемы: входного сигнала, выходного сигнала, порогов переключения и величины гистерезиса.
- Отчет оформляется на листах формата А4 или в тетради.
- Содержание отчета:
- титульный лист (при оформлении в тетради – один на тетрадь);
  - название работы;



- цель работы;
- схемы: функциональная или структурная, электрическая принципиальная;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

### Краткие теоретические сведения

Двухпозиционный регулятор – это устройство, которое имеет два фиксированных состояния, а переключение из одного состояния в другое осуществляется с гистерезисом по входному сигналу.

Триггеры Шмитта (компараторы с гистерезисом) являются схемами с двумя устойчивыми состояниями ( $\pm V_{OUTmax}$ ), реализуемыми на основе ОУ с положительными обратными связями. Выходное напряжение таких триггеров может только перескакивать с одного предельного уровня напряжения на другой. Для осуществления этого при помощи цепей обратных связей устанавливаются два пороговых значения входного напряжения, при превышении которых происходит переключение выходного напряжения. Для изменения уровня напряжения на выходе ОУ требуется, чтобы входное напряжение достигло своего очередного порога.

Триггеры Шмитта применяются в регуляторах с двумя состояниями. Они также используются вместо компараторов в случаях зашумленного входного сигнала (во избежание многократного переключения).

Схема электрическая инвертирующего триггера Шмитта приведена на рисунке 22.1.

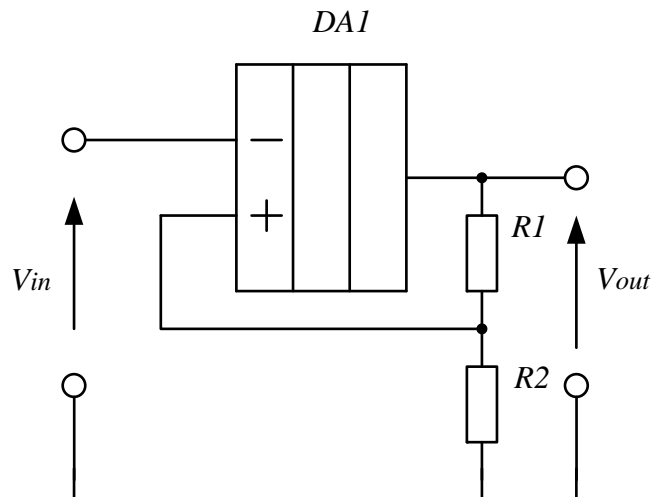


Рисунок 22.1 – Инвертирующий триггер Шмитта

Уровни срабатывания инвертирующего триггера Шмитта (см. рисунок 22.1) определяются следующими выражениями:

$$V_{inon} = -\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{outmax}; \quad V_{inon} = +\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{outmax}.$$



Схема электрическая неинвертирующего триггера Шмитта приведена на рисунке 22.2.

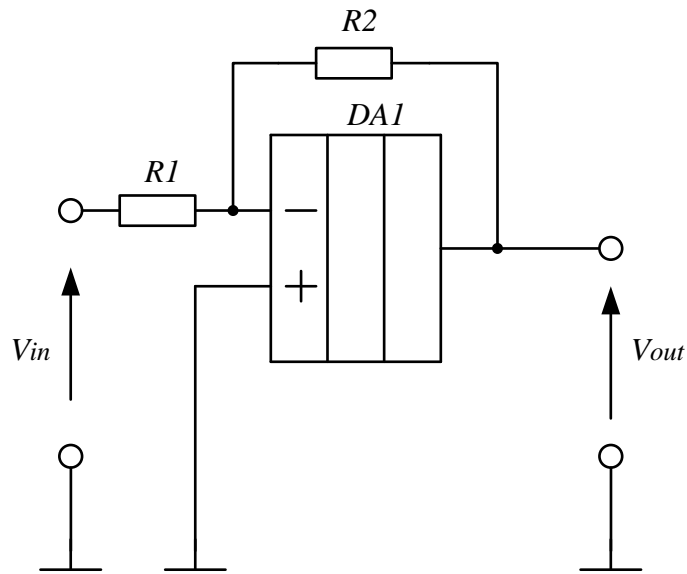


Рисунок 22.2 – Неинвертирующий триггер Шмитта

Уровни срабатывания неинвертирующего триггера Шмитта (см. рисунок 22.2) определяются следующими выражениями:

$$V_{inon} = +\frac{R_1}{R_2}V_{out\max}; \quad V_{inoff} = -\frac{R_1}{R_2}V_{out\max}.$$

### Контрольные вопросы

- 1 Пояснить принцип действия неинвертирующего триггера Шмитта.
- 2 Пояснить принцип действия инвертирующего триггера Шмитта.
- 3 В чем заключается действие положительной обратной связи в триггере Шмитта?
- 4 Может ли работать триггер Шмитта только при положительном или отрицательном входном сигнале и почему?
- 5 Пояснить назначение двух компараторов в регуляторе.
- 6 Пояснить назначение триггера в регуляторе.
- 7 Как реализуется (настраивается) заданный гистерезис в регуляторе?
- 8 Как реализуется (настраивается) порог переключения в регуляторе?
- 9 В каких автомобильных устройствах используются двухпозиционные регуляторы?



## Список литературы

1 **Туревский, И. С.** Электрооборудование автомобилей : учебное пособие / И. С. Туревский, В. Б. Соков, Ю. Н. Калинин. – Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2014. – 368 с.

2 **Богатырева, А. В.** Электронные системы мобильных машин : учебное пособие / А. В. Богатырева – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 224 с.

3 **Ютт, В. Е.** Электрооборудование автомобилей : учебник для вузов / В. Е. Ютт. – 4-е изд. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2009. – 440 с.

4 **Корис, Р.** Справочник инженера-схемотехника / Р. Корис, Х. Шмидт-Вальтер. – Москва : Техносфера, 2008. – 608 с.

