

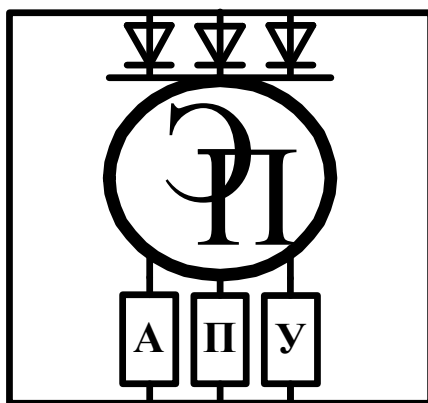
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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 2



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 2

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

9 Лабораторная работа № 9. Проектирование, расчет и исследование регуляторов для дискретных систем регулирования напряжения.....	4
10 Лабораторная работа № 10. Проектирование, расчет и исследование регуляторов для систем управления исполнительными устройствами.....	7
11 Лабораторная работа № 11. Исследование транзисторного регулятора напряжения с электронным реле с коллекторной обратной связью.....	9
12 Лабораторная работа № 12. Исследование системы электроснабжения с транзисторным регулятором напряжения.....	12
13 Лабораторная работа № 13. Исследование характеристик классической системы зажигания.....	16
14 Лабораторная работа № 14. Исследование характеристик бесконтактной системы зажигания с индукционным датчиком.....	18
15 Лабораторная работа № 15. Исследование характеристик бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла.....	25
16 Лабораторная работа № 16. Проектирование и исследование счетчиков-делителей на JK-триггерах.....	29
Список литературы.....	32



## Часть 2

### 9 Лабораторная работа № 9. Проектирование, расчет и исследование регуляторов для дискретных систем регулирования напряжения

**Цель работы:** проектирование, расчет и исследование дискретного регулятора в составе системы управления исполнительным устройством.

#### Порядок выполнения работы

Для исполнительного устройства (согласно варианту задания) разработать дискретный регулятор для системы управления и исследовать полученную систему.

Исполнительным устройством является автомобильный генератор, управление осуществляется обмоткой возбуждения генератора.

Необходимо разработать дискретный регулятор напряжения, который обеспечит поддержание напряжения в бортовой сети автомобиля на требуемом уровне при различных нагрузках и частотах вращения вала двигателя.

Варианты заданий приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Параметры			
	$L_{ов}$ , Гн	$R_{ов}$ , Ом	$U_{бс}$ , В	$n_{дв}$ , об/мин
1	0,003	0,5	14	1500
2	0,004	0,6	14	2000
3	0,005	0,7	14	2500
4	0,006	0,8	14	3000
5	0,007	0,9	14	3500
6	0,008	1,0	28	1500
7	0,009	1,2	28	2000
8	0,01	1,4	28	2500
9	0,012	1,6	28	3000
10	0,014	1,8	28	3500

При проектировании и исследовании необходимо:

- 1) рассчитать регулятор для дискретного управления;
- 2) выполнить исследование системы при разгоне двигателя до заданного значения (контролируемая координата – напряжение в бортовой сети);
- 3) выполнить исследование системы при резком изменении скорости двигателя (при возмущающем воздействии).

Дополнительные параметры, необходимые для расчета, определить из математического описания генератора, схемы выпрямления и исходных данных.

Координаты результатов исследования: ток возбуждения, напряжение в бортовой сети.

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, математической модели;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

Исследование системы выполняется в программе MatLab.

### Краткие методические указания

Упрощенная схема устройства автомобильного генератора переменного тока с клювообразным ротором представлена на рисунке 9.1. В крышке 4 со стороны контактных колец установлены пластмассовый щеткодержатель 8 с двумя прямоугольными медно-графитовыми щетками 6 и выпрямительный блок 1. При помощи крыльчатки 15 создается приточная вентиляция для охлаждения генератора. Привод генератора осуществляется посредством шкива 13.

Принцип действия генератора заключается в следующем. При включении замка зажигания на обмотку возбуждения 2 подается напряжение аккумуляторной батареи, которое вызывает появление тока возбуждения. Ток возбуждения, проходя по обмотке возбуждения, создает магнитный поток, рабочая часть которого распределяется по клювообразным полюсам одной полярности. Выходя из полюсов, магнитный поток пересекает воздушный зазор, проходит по зубцам и спинке статора 10, еще раз пересекает воздушный зазор, входит в клювообразные полюсы другой полярности, замыкается через втулку и вал.

При вращении ротора 3 под каждым зубцом статора 10 проходит попеременно то положительный, то отрицательный полюс, т. е. магнитный поток, пересекающий обмотку статора 11, изменяется по величине и направлению. При этом в обмотках фазы будет индуцироваться переменная по величине и направлению ЭДС, действующее значение которой

$$E_{\phi} = 4,4 f w k_{об} \Phi, \quad (9.1)$$

где  $f$  – частота;

$w$  – число витков обмотки одной фазы;

$\Phi$  – магнитный поток.

$$f = p n / 60,$$

где  $p$  – число пар полюсов;

$n$  – частота вращения.



$$q = z / (2 p m),$$

где  $q$  – конструктивный коэффициент;

$z$  – число пазов;

$m$  – число фаз.

Параметры  $z$ ,  $k_{об}$ ,  $q$  для отечественных генераторов представлены в таблице 9.2.

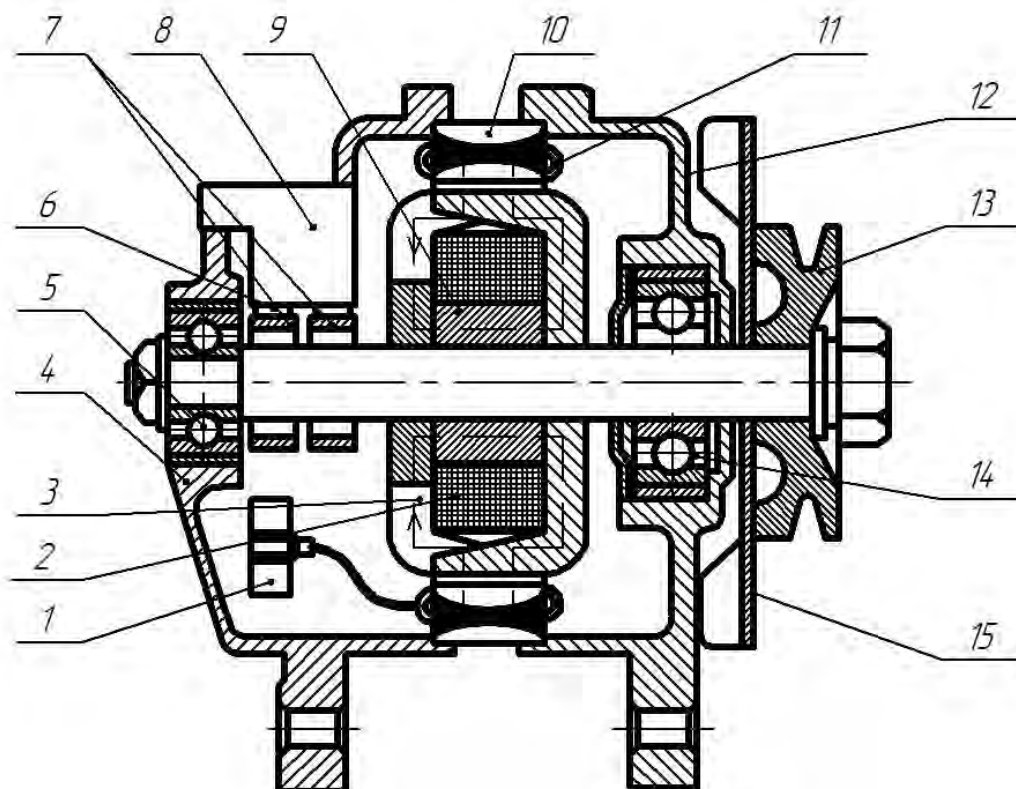


Рисунок 9.1 – Автомобильный генератор переменного тока с клювообразным ротором

Таблица 9.2 – Параметры отечественных генераторов

$z$	18	36	72
$k_{об}$	0,866	1	0,966
$q$	0,5	1	2

В фазах обмотки статора синхронного генератора индуцируется ЭДС, описываемая зависимостью (9.1), которую можно переписать в более простом виде:

$$E = C_e n \Phi,$$

где  $C_e$  – постоянный коэффициент,  $C_e = (4,44 / 60) p w k_{об}$ .

Характер изменения ЭДС в проводниках обмотки статора зависит от кривой распределения магнитной индукции в зазоре, которая определяется формой полюса. Форму полюса делают такой, чтобы форма ЭДС приближалась к синусоиде.

### Контрольные вопросы

- 1 Что представляет собой регулятор системы управления при дискретном управлении?
- 2 Привести схему принципиальную регулятора на операционном усилителе.
- 3 Почему результаты моделирования отличаются от реальных результатов?
- 4 Привести методику расчета регулятора.
- 5 Для чего необходимо ограничение координат регулятора в модели?
- 6 Как выполняется ограничение координат регулятора в модели?
- 7 Пояснить, используя функциональную или структурную схему, как происходит стабилизация напряжения в бортовой сети автомобиля.

## 10 Лабораторная работа № 10. Проектирование, расчет и исследование регуляторов для систем управления исполнительными устройствами

**Цель работы:** проектирование, расчет и исследование аналогового регулятора в составе системы управления исполнительным устройством.

### Порядок выполнения работы

Для исполнительного устройства (согласно варианту задания) разработать аналоговый регулятор для системы управления и исследовать полученную систему.

Исполнительным устройством является автомобильный генератор, управление осуществляется обмоткой возбуждения генератора.

Необходимо разработать аналоговый регулятор напряжения, который обеспечит поддержание напряжения в бортовой сети автомобиля на требуемом уровне при различных нагрузках и частотах вращения вала двигателя.

Варианты заданий приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Параметры			
	$L_{ов}, Гн$	$R_{ов}, Ом$	$U_{бс}, В$	$n_{ов}, об/мин$
1	0,003	0,5	14	1500
2	0,004	0,6	14	2000
3	0,005	0,7	14	2500
4	0,006	0,8	14	3000
5	0,007	0,9	14	3500
6	0,008	1,0	28	1500
7	0,009	1,2	28	2000
8	0,01	1,4	28	2500
9	0,012	1,6	28	3000
10	0,014	1,8	28	3500



При проектировании и исследовании необходимо:

- 1) рассчитать регулятор для аналогового управления;
- 2) выполнить исследование системы при разгоне двигателя до заданного значения (контролируемая координата – напряжение в бортовой сети);
- 3) выполнить исследование системы при резком изменении скорости двигателя (при возмущающем воздействии).

Дополнительные параметры, необходимые для расчета, определить из математического описания генератора, схемы выпрямления и исходных данных.

Координаты результатов исследования: ток возбуждения, напряжение в бортовой сети.

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, математической модели;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

Исследование системы выполняется в программе MatLab.

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

Желаемая передаточная функция разомкнутой системы при настройке на технический оптимум имеет следующий вид:

$$W_{\text{жел раз}}(p) = 1 / (2 T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)),$$

где  $T_{\mu}$  – малая некомпенсируемая постоянная времени объекта компенсации.

Компенсируемая постоянная времени объекта компенсации представляет собой постоянную времени обмотки возбуждения генератора, которая рассчитывается как

$$T = L_a / R_a.$$

Малая некомпенсируемая постоянная времени объекта компенсации  $T_{\mu}$  представляет собой период работы силового преобразователя (транзисторного коммутатора) для заданной частоты вращения двигателя с учетом конструкции генератора и схемы выпрямления.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что представляет собой регулятор системы управления при непрерывном управлении?
- 2 Привести схему принципиальную регулятора на операционном усилителе.





3 Почему результаты моделирования отличаются от реальных результатов?

4 Привести методику расчета регулятора.

5 Для чего необходимо ограничение координат регулятора в модели?

6 Как выполняется ограничение координат регулятора в модели?

7 Пояснить, используя функциональную или структурную схему, как происходит стабилизация напряжения в бортовой сети автомобиля.

## 11 Лабораторная работа № 11. Исследование транзисторного регулятора напряжения с электронным реле с коллекторной обратной связью

**Цель работы:** исследование регулятора напряжения при различных токах нагрузки и частотах вращения.

### Порядок выполнения работы

Собрать схему, представленную на лицевой панели стенда.

1 Снять зависимость напряжения на выходе генератора от тока возбуждения при постоянной нагрузке и изменении частоты вращения (500, 1000, 1500 об/мин).

2 Снять зависимость напряжения на выходе генератора от тока возбуждения при постоянстве частоты вращения и изменении нагрузки ( $0,1I_{ном}$ ;  $0,5I_{ном}$ ;  $1,0I_{ном}$ ).

3 Построить зависимости тока возбуждения от тока нагрузки ( $0,1I_{ном}$ ;  $0,5I_{ном}$ ;  $1,0I_{ном}$ ).

4 Снять осциллограммы в бортовой сети автомобиля (стенда) при заданных частотах вращения двигателя.

**Внимание! Перед включением автомата питания стенда все тумблеры должны находиться в нижнем положении, а ручка «Задание скорости» – в положении «min».**

Включить автомат питания стенда QF1.

Повернуть ключ зажигания по часовой стрелке до упора.

Включить инвертор тумблером SA2.

При выполнении п. 1 необходимо:

– задать (Задание скорости) частоту напряжения питания (HZ1) такую, чтобы частота вращения двигателя (ИС1) составляла 500, 1000, 1500 об/мин соответственно;

– для каждой частоты вращения измерить ток возбуждения (РА1) и напряжение (PV1) на выходе генератора при постоянной нагрузке (задается преподавателем).

При выполнении п. 2 необходимо:



– для заданной частоты вращения (ИС1) (задается преподавателем) установить токи нагрузки (РА1) (тумблеры SA5...SA12)  $0,1I_{ном}$ ;  $0,5I_{ном}$ ;  $1,0 I_{ном}$  соответственно;

– для каждой частоты вращения измерить ток возбуждения (РА1) и напряжения (РV1) на выходе генератора.

Результаты эксперимента представить в таблице, которая должна содержать информацию о частоте напряжения питания (HZ1), частоте вращения двигателя (ИС1), токе возбуждения (РА1), токе нагрузки (РА1).

Построить зависимости:

– напряжения на выходе генератора от тока возбуждения при постоянной нагрузке и изменении частоты вращения;

– напряжения на выходе генератора от тока возбуждения при постоянстве частоты вращения и изменении нагрузки;

– тока возбуждения от тока нагрузки ( $0,1I_{ном}$ ;  $0,5I_{ном}$ ;  $1,0 I_{ном}$ ) при постоянных частотах вращения (500,1000,1500 об/мин);

– тока возбуждения от частоты вращения.

*Примечание* – Значение частоты вращения и токов нагрузки допускается устанавливать с точностью до 25 % от указанных значений вследствие отсутствия стабилизации данных технологических параметров.

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 системы;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

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

Регулятор напряжения – устройство, поддерживающее напряжение бортовой сети автомобиля в заданных пределах при изменении электрической нагрузки, частоты вращения ротора генератора и температуры окружающей среды.

Все регуляторы напряжения имеют измерительные элементы, являющиеся датчиками напряжения, и исполнительные элементы, осуществляющие его регулирование.

Полупроводниковые бесконтактные электронные регуляторы, как правило, встроены в генератор и объединены с щеточным узлом. Они регулируют ток возбуждения путем изменения времени включения обмотки ротора в питающую сеть. Эти регуляторы не требуют никакого обслуживания, кроме контроля надежности контактов.

Регуляторы напряжения обладают свойством термокомпенсации – измене-



ние напряжения, подводимого к аккумуляторной батарее, в зависимости от температуры воздуха в подкапотном пространстве для оптимального заряда АКБ. Чем ниже температура воздуха, тем большее напряжение должно подводиться к батарее и наоборот. Величина термокомпенсации достигает до 0,01 В на 1 °С.

**Принцип действия.** В настоящее время все генераторные установки оснащаются полупроводниковыми электронными регуляторами напряжения, как правило, встроенными внутрь генератора. Схемы их исполнения и конструктивное оформление могут быть различны, но принцип работы у всех регуляторов одинаков. Напряжение генератора без регулятора зависит от частоты вращения его ротора, магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения, а следовательно, от силы тока в этой обмотке и величины тока, отдаваемого генератором потребителям. Чем больше частота вращения и сила тока возбуждения, тем больше напряжение генератора, чем больше сила тока его нагрузки, тем меньше это напряжение.

Функцией регулятора напряжения является стабилизация напряжения при изменении частоты вращения и нагрузки за счет воздействия на ток возбуждения. Конечно, можно изменять ток в цепи возбуждения введением в цепь дополнительного резистора, как это делалось в прежних вибрационных регуляторах напряжения, но данный способ связан с потерей мощности и в электронных регуляторах не применяется. Электронные регуляторы изменяют ток возбуждения путем включения и отключения обмотки возбуждения от питающей сети, при этом меняется относительная продолжительность времени включения обмотки возбуждения. Если для стабилизации напряжения требуется уменьшить силу тока возбуждения, время включения обмотки возбуждения уменьшается, если нужно увеличить – увеличивается.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Почему необходима стабилизация напряжения в бортовой сети автомобиля?
- 2 В каком диапазоне происходит стабилизация напряжения на выходе генератора при изменении частоты вращения?
- 3 Почему напряжение на выходе генератора изменяется при изменении частоты вращения?
- 4 В каком диапазоне происходит стабилизация напряжения на выходе генератора при изменении нагрузки?
- 5 Почему напряжение на выходе генератора изменяется при изменении нагрузки?
- 6 В чем заключается коллекторная обратная связь в регуляторе напряжения?
- 7 На каких элементах реализуется коллекторная обратная связь в регуляторе напряжения?
- 8 Из каких функциональных узлов состоит регулятор напряжения?
- 9 Почему выходной каскад регулятора напряжения выполнен по схеме Дарлингтона?
- 10 Определить, с какой частотой выполняется переключение выходного транзистора в регуляторе напряжения при экспериментальных частотах враще-



ния двигателя, используя полученную осциллограмму, и обосновать представленный результат (частота вращения двигателя задается преподавателем).

11 Как задается напряжение стабилизации регулятора напряжения?

12 Откуда регулятор напряжения получает питание для своей работы (пояснить на принципиальной схеме)?

## 12 Лабораторная работа № 12. Исследование системы электроснабжения с транзисторным регулятором напряжения

**Цель работы:** исследование систем электроснабжения автомобилей и тракторов в различных режимах работы.

### **Порядок выполнения работы**

Собрать схему, представленную на лицевой панели стенда.

1 Снять осциллограммы в бортовой сети автомобиля (стенда) при заданных частотах вращения двигателя (500, 1000, 1500 об/мин) при наличии аккумулятора.

2 Снять осциллограммы в бортовой сети автомобиля (стенда) при заданных частотах вращения двигателя (500, 1000, 1500 об/мин) при отсутствии аккумулятора.

3 Определить величину пульсаций напряжения в бортовой сети при наличии и отсутствии аккумулятора.

4 Определить среднее значение напряжения в бортовой сети при наличии и отсутствии аккумулятора.

**Внимание! Перед включением автомата питания стенда все тумблеры должны находиться в нижнем положении, а ручка «Задание скорости» – в положении «min».**

Включить автомат питания стенда QF1.

Повернуть ключ зажигания по часовой стрелке до упора.

Включить инвертор тумблером SA2.

При выполнении п. 1 необходимо:

– задать (Задание скорости) частоту напряжения питания (HZ1) такую, чтобы частота вращения двигателя (ИС1) составляла 500, 1000, 1500 об/мин соответственно;

– для заданной частоты вращения (ИС1) установить токи нагрузки (РА1) (тумблеры SA5...SA12)  $0,1I_{ном}$ ;  $0,5I_{ном}$ ;  $1,0I_{ном}$  соответственно (задается преподавателем);

– для каждой частоты вращения измерить напряжение (PV1) на выходе генератора при постоянной нагрузке;

– снять осциллограммы в бортовой сети автомобиля (стенда) для каждой частоты вращения при постоянной нагрузке.



Выполнение п. 2 осуществлять по методике для п. 1 путем отключения аккумулятора при достижении заданной частоты вращения.

Результаты эксперимента представить в таблице, которая должна содержать информацию о частоте напряжения питания ( $HZ1$ ), частоте вращения двигателя ( $ИС1$ ), токе нагрузки ( $РА1$ ).

Сделать выводы о влиянии аккумулятора в бортовой сети на уровень пульсаций напряжения в бортовой сети.

*Примечание* – Значения частот вращения и токов нагрузки допускается устанавливать с точностью до 25 % от указанных значений вследствие отсутствия стабилизации данных технологических параметров.

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 системы;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

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

В автомобильных генераторах наибольшее применение нашли трехфазные мостовые двухполупериодные схемы выпрямления. В этих схемах наиболее благоприятное соотношение между выпрямленной мощностью  $P_d$  и мощностью генератора  $P_2$  (теоретически  $P_2 = 1,045P_d$ ). Трехфазная мостовая схема выпрямления обеспечивает относительно небольшие пульсации выпрямленного напряжения, что является одним из важных требований к автомобильным генераторам в связи с широким применением электроники на автомобиле.

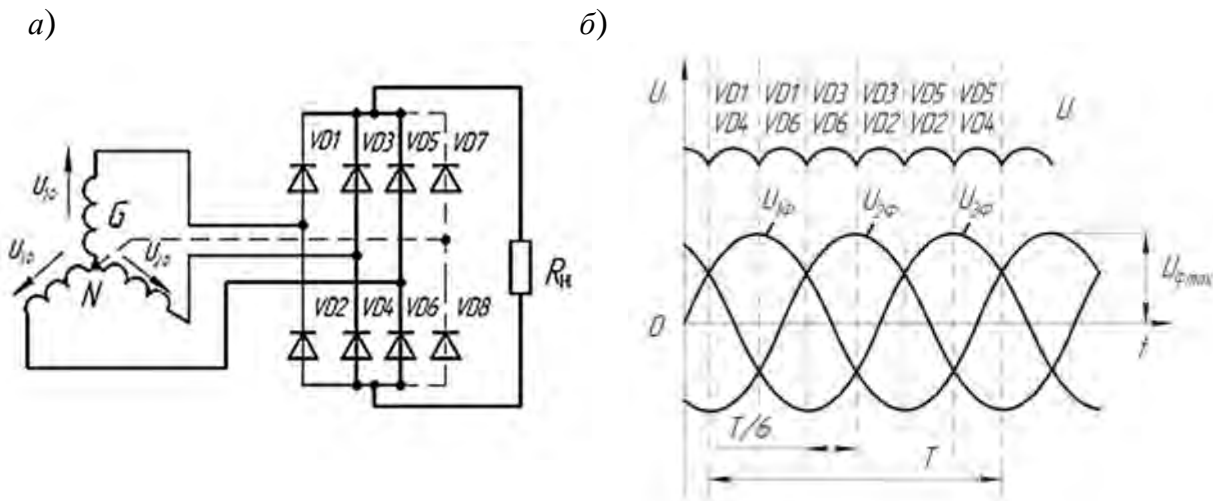
Работает мостовая трехфазная схема выпрямления следующим образом. Предположим, что обмотки статора генератора соединены по схеме «звезда» (рисунок 12.1, а). В каждый данный момент времени работает тот диод первой группы, у которого анодный вывод в это время имеет наибольший положительный потенциал относительно нейтральной точки  $N$  генератора, вместе с ним – диод второй группы у которого катодный вывод имеет наибольший по абсолютному значению отрицательный потенциал относительно этой же точки. Частота пульсации выпрямленного напряжения при такой схеме выпрямления равна удвоенному числу фаз генератора, т. е. шесть пульсаций за период (рисунок 12.1, б).

Для повышения мощности генератора в выпрямителе могут использоваться диоды, подключенные к нейтрали трехфазной обмотки статора, соединенного по схеме «звезда». Этот эффект достигается тем, что в реальных условиях форма напряжения, вырабатываемого генератором, отлична от синусоиды и потенциал нейтральной точки периодически отличается от нуля. На современных генерато-





рах для питания обмотки возбуждения применяется отдельный выпрямитель. Он состоит из трех дополнительных маломощных диодов (типа Д 223 А с номинальным током 2 А) и трех диодов, общих с силовым выпрямителем. Принцип действия выпрямителя для питания обмотки возбуждения такой же, как и у силового выпрямителя. Применение диодов с меньшим падением напряжения в прямом направлении позволяет повысить ток отдачи генератора. Кроме того, подключение обмотки возбуждения к дополнительному выпрямителю препятствует протеканию через нее тока разрядки аккумуляторной батареи при неработающем двигателе.



а – электрическая схема; б – осциллограммы фазных и выпрямленного напряжений

Рисунок 12.1 – Мостовая трехфазная схема выпрямления

В выпрямительных блоках генераторов последних конструкций, например, в компактных генераторах Bosch, вместо обычных силовых диодов используются стабилитроны. Применение силовых стабилитронов позволяет ограничить пики напряжения генератора.

### **Характеристики генераторов переменного тока**

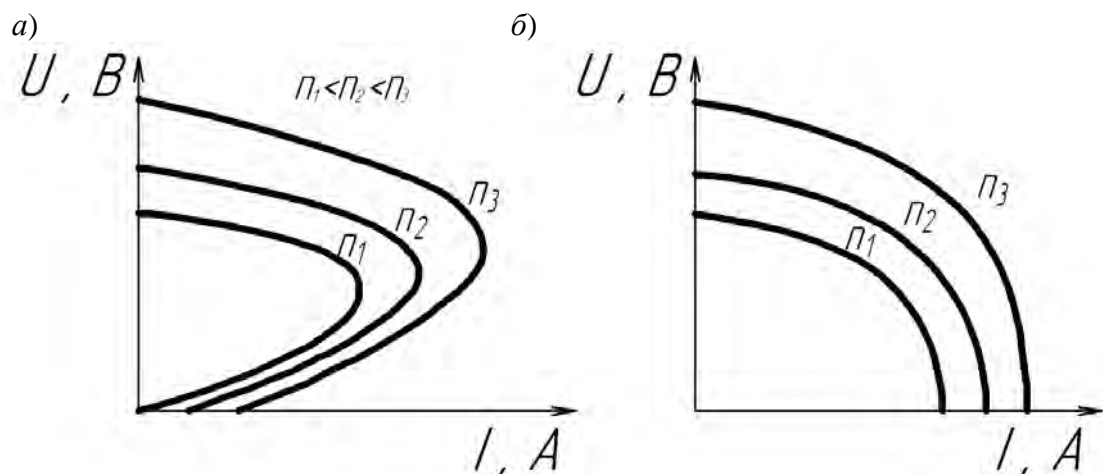
Внешняя характеристика, т. е. зависимость напряжения генератора от тока  $U_2(I_2)$  при  $n = \text{const}$ , может определяться при самовозбуждении и независимом возбуждении. Аналитическое выражение зависимости напряжения от тока для фазных величин имеет следующий вид:

$$U = 4,44 f w k_{об} \Phi - Z_0 I,$$

где  $Z_0$  – полное сопротивление генератора.

Снижение напряжения при увеличении нагрузки происходит из-за падения напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях обмоток статора, размагничивающего действия реакции якоря, уменьшающей магнитный поток в

воздушном зазоре, из-за падения напряжения в цепи выпрямителя, а в случае самовозбуждения прибавляется падение напряжения на обмотке возбуждения. На рисунке 12.2 представлена внешняя характеристика генератора переменного тока: *a* – с самовозбуждением; *б* – с независимым возбуждением. Из семейства внешних характеристик определяется максимальный ток, который обеспечивается при заданном или регулируемом значении напряжения.



*a* – с самовозбуждением; *б* – с независимым возбуждением

Рисунок 12.2 – Внешняя характеристика генератора переменного тока

Минимальное значение тока возбуждения определяется при токе нагрузки генератора, равном нулю, и максимальной частоте вращения. Скоростные регулировочные характеристики позволяют определить диапазон изменения тока возбуждения с изменением нагрузки при постоянном напряжении.

Токоскоростная характеристика  $I_c(n)$  имеет важное значение при разработке и выборе генератора.

### Контрольные вопросы

- 1 Описать действие генератора переменного тока, отталкиваясь от вращающегося «постоянного магнита».
- 2 Нарисовать четкий эскиз, иллюстрирующий типичную внешнюю схему генератора переменного тока.
- 3 Объяснить, как и почему регулируется выходное напряжение генератора переменного тока.
- 4 Нарисовать схему и объяснить, почему подсоединение двух дополнительных диодов к центру обмоток статора типа «звезда» может увеличить выходное напряжение генератора переменного тока.
- 5 Описать работу выпрямителя в генераторе переменного тока.
- 6 Почему пульсации выпрямленного напряжения при подключенной аккумуляторной батарее меньше, чем при отключенной?
- 7 Почему среднее значение выпрямленного напряжения при отключенной аккумуляторной батарее больше, чем при подключенной?



8 Как определить уровень пульсаций напряжения в процентах в бортовой сети автомобиля?

9 Определить реальную частоту вращения генератора, используя полученные осциллограммы (осциллограмму указывает преподаватель).

### 13 Лабораторная работа № 13. Исследование характеристик классической системы зажигания

**Цель работы:** исследование характеристик классической системы зажигания.

#### Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с испытательным оборудованием, измерительными приборами, их характеристиками.

2 Исследовать работу системы зажигания в рабочем режиме.

3 Снять характеристики изменения «электрического угла» опережения зажигания в зависимости от частоты вращения.

4 Снять характеристики изменения «электрического угла» опережения зажигания в зависимости от разрежения во впускном коллекторе.

13.1 Исследовать работы систему зажигания в рабочем режиме.

Включить питание схемы (выключатель SB1) (рисунок 13.1) и при невращающемся валике распределителя измерить установившийся первичный ток  $I_1$  (PA1) и напряжение питания  $U_1$  (вольтметр PV1). Переключатели SA1 и SA2 должны быть установлены в положение 1.

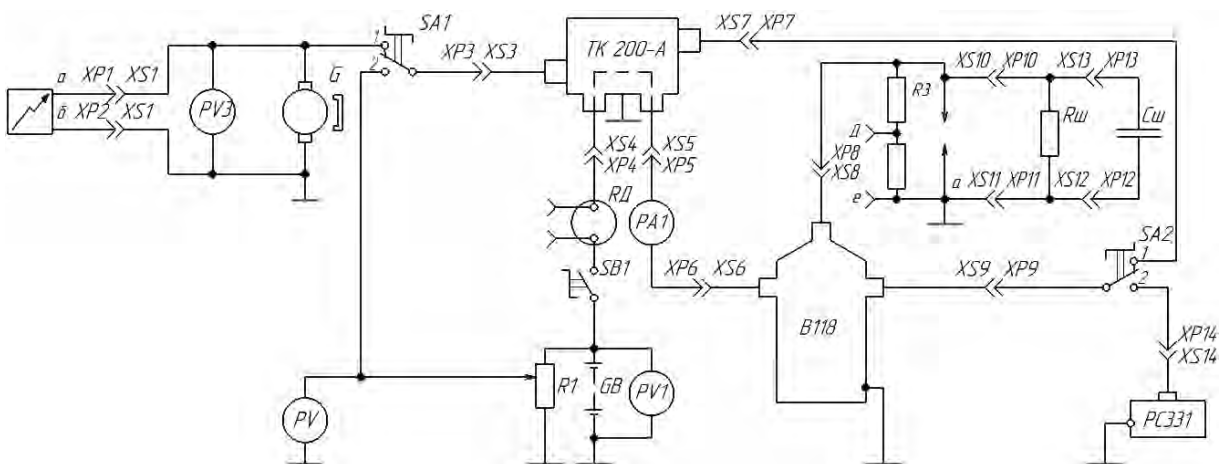


Рисунок 13.1 – Схема электрическая испытания бесконтактной системы зажигания

Включить электродвигатель стенда, предварительно убедившись, что переключатель направления вращения установлен в нужном положении. Рукоятка реостата, регулирующего скорость вращения двигателя, должна находиться в крайнем левом положении, а вход осциллографа подключён к клеммам «д-е».

Изменяя частоту вращения двигателя от 0 до 2100 мин<sup>-1</sup> приблизительно

через  $300 \text{ мин}^{-1}$ , каждый раз с помощью искрового разрядника измеряют величину зазора  $\delta$ . С этой целью устанавливают и фиксируют максимальное расстояние между электродами, при котором визуально и на слух не происходит перебоев в искрообразовании.

В ходе опыта на экране осциллографа наблюдают за изменением картины процесса и по числу кратковременных импульсов высокого напряжения судят о числе искр разрядов в одном цикле. Их число должно уменьшиться от 5...6 до 1 по мере увеличения частоты вращения.

Данные измерений и наблюдений заносятся в таблицу 13.1.

Таблица 13.1 – Рабочие характеристики системы

$n_p, \text{ мин}^{-1}$	$U_1, \text{ В}$	$I_1, \text{ А}$	$\delta, \text{ мм}$	$U_p, \text{ В}$	Число искр

13.2 Снять характеристики изменения «электрического угла» опережения зажигания в зависимости от частоты вращения.

Переключатели SA1 и SA2 устанавливают в положение 1. Переключатель «вид проверки» устанавливается в положение «угол искрообразования». Выключить выключатель SB1.

Запустить двигатель с минимальной частотой вращения и установить шкалу синхроскопа так, чтобы одна из светящихся полос совпала с нулевым делением шкалы.

Увеличить частоту вращения электродвигателя от 0 до  $2100 \text{ мин}^{-1}$  (пять-семь значений) и следить за положением светящейся риски на диске синхроскопа.

Полученные данные записываются в таблицу 13.2.

Таблица 13.2 – Характеристика электрического угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения

Частота вращения валика датчика, $\text{мин}^{-1}$					
Угол (электрический) опережения зажигания					

13.3 Снять характеристики изменения «электрического угла» опережения зажигания в зависимости от разрежения во впускном коллекторе.

Переключатели SA1 и SA2 устанавливают в положение 1. Переключатель «вид проверки» устанавливается в положение «угол искрообразования». Выключить выключатель SB1.

Установить частоту вращения электродвигателя от 0 до  $2100 \text{ мин}^{-1}$  (три-четыре значения). Для каждого значения скорости изменять давление во впускном коллекторе (пять-шесть значений) и следить за положением светящейся риски на диске синхроскопа. Полученные данные записываются в таблицу 13.3.

Отчет оформляется на листах формата A4 или в тетради.



Таблица 13.3 – Характеристика электрического угла опережения зажигания в зависимости от разрежения во впускном коллекторе

Разрежение во впускном коллекторе, Па					
Угол (электрический) опережения зажигания					

Содержание отчета:

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

### **Контрольные вопросы**

- 1 Из каких узлов состоит система зажигания и какие функции они выполняют?
- 2 Для чего нужна многоискровость, как и в каких режимах она обеспечивается?
- 3 Что такое «электрический угол» опережения зажигания и как он зависит от частоты вращения?
- 4 Как «электрический угол» опережения зажигания зависит от разрежения во впускном коллекторе?
- 5 Какие опыты выполняются в лабораторной работе?
- 6 Чем определяется частота вращения начала искрообразования?

## **Лабораторная работа № 14. Исследование характеристик бесконтактной системы зажигания с индукционным датчиком**

**Цель работы:** изучение работы бесконтактной системы зажигания в экранном исполнении, исследование ее основных характеристик и особенностей.

### **Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить описание данной лабораторной работы и дополнительную литературу.
- 2 Ознакомиться с испытательным оборудованием, измерительными приборами, их характеристиками.
- 3 Исследовать работу системы зажигания в рабочем режиме.
- 4 Исследовать работу системы зажигания в аварийном режиме.
- 5 Снять скоростную характеристику датчика.
- 6 Определить пороговое напряжение срабатывания схемы коммутатора.
- 7 Снять характеристики изменения «электрического угла» опережения зажигания.



## Приборы и оборудование

- 1 Стенд для испытания систем зажигания (типа СП312).
- 2 Осциллограф типа С1-74.
- 3 Вольтметр постоянного тока 0-15 В.
- 4 Вольтметр постоянного тока 0-3-15-30-150В.
- 5 Комплект системы зажигания «Искра» (транзисторный коммутатор ТК200-А, катушка зажигания В118, датчик-распределитель РЗ31, добавочный резистор С326).

### 14.1 Исследовать работу системы зажигания в рабочем режиме.

Включить питание схемы (выключатель SB1) (рисунок 14.1) и при невращающемся валике распределителя измерить установившийся первичный ток  $I_1$  (РА1) и напряжение питания  $U_1$  (вольтметр PV1). Переключатели SA1 и SA2 должны быть установлены в положение 1.

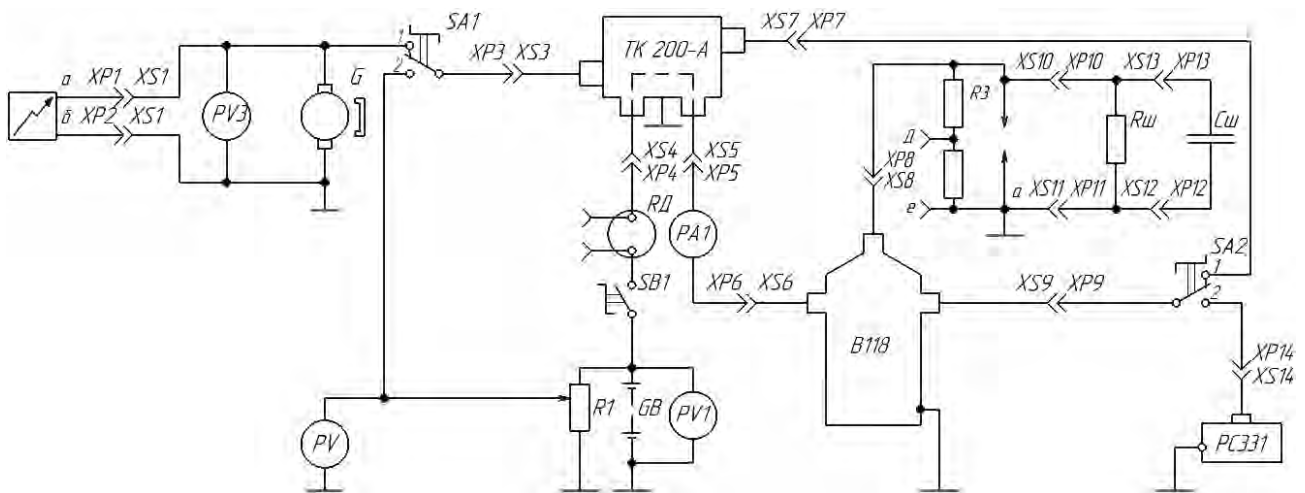


Рисунок 14.1 – Схема электрическая испытания бесконтактной системы зажигания

Включить электродвигатель стенда, предварительно убедившись, что переключатель направления вращения установлен в нужном положении. Рукоятка реостата, регулирующего скорость вращения двигателя, должна находиться в крайнем левом положении, а вход осциллографа подключён к клеммам «д-е».

Изменяя частоту вращения двигателя от 0 до 2100 мин<sup>-1</sup> приблизительно через 300 мин<sup>-1</sup>, каждый раз с помощью искрового разрядника измеряют величину зазора  $\delta$ . С этой целью устанавливают и фиксируют максимальное расстояние между электродами, при котором визуально и на слух не происходит перебоев в искрообразовании.

В ходе опыта на экране осциллографа наблюдают за изменением картины процесса и по числу кратковременных импульсов высокого напряжения судят о числе искр разрядов в одном цикле. Их число должно уменьшиться от 5...6 до 1 по мере увеличения частоты вращения.

Данные измерений и наблюдений заносятся в таблицу 14.1.

Таблица 14.1 – Рабочие характеристики системы

$n_p$ , мин <sup>-1</sup>	$U_1$ , В	$I_1$ , А	$\delta$ , мм	$U_p$ , В	Число искр

14.2 Исследовать работу системы в аварийном режиме.

Перед проведением опыта переключатель SA1 устанавливают в положение 1, а переключатель SA2 устанавливают в положение 2, при котором образуется цепь из последовательно соединённых катушек зажигания и аварийного вибратора. Ток через схему коммутатора не проходит.

Параллельно искровому разряднику  $Q$  включают шунтирующее сопротивление  $R_{ш} = 1$  Мом и шунтирующую ёмкость  $C_{ш} = 120$  пФ.

Включают выключатель питания SB1 и проводят опыт аналогично как предыдущему, измеряя  $U_1$ ,  $I_{cp}$ ,  $\delta$  и наблюдая картину процесса на осциллографе.

Данные измерений и наблюдений заносят в таблицу 14.2.

Таблица 14.2 – Характеристики системы в аварийном режиме

$U_1$ , В	$I_{cp}$ , А	$\delta$ , мм	$U_{2M}$ , кВ	Форма осциллограммы

14.3 Снять скоростную характеристику магнитоэлектрического датчика.

Опыт проводится без подачи на схему (переключатель SB1 разомкнут). Переключатели SA1 и SA2 поставить в положение 1.

Вход осциллографа подключить к клеммам «а-б». Включить электродвигатель стенда. Изменяя частоту вращения валика датчика от 0 до 2100 мин<sup>-1</sup> через 300 мин<sup>-1</sup>, снять характеристику зависимости действующего значения напряжения датчика от его частоты вращения.

Зарисовать форму напряжения датчика с экрана осциллографа.

Полученные данные занести в таблицу 14.3.

Таблица 14.3 – Скоростная характеристика датчика

$n_p$ , мин <sup>-1</sup>	$U_d$ , В	$U_{om} = 1,41 U_d$ , В	Форма осциллограммы

14.4 Определить пороговое напряжение срабатывания схемы коммутатора.

Переключатель SA1 поставить в положение 2, переключатель SA2 – в положение 1. Движок потенциометра R1 должен быть установлен в крайнее нижнее положение на схеме (рисунок 14.1).

Включить выключатель SB1 и электродвигатель стенда.

Перемещая движок потенциометра, увеличивают напряжение PV3 на входе коммутатора, имитирующее напряжение датчика, до момента возникновения и прекращения генерации искр. Диапазон напряжения, соответствующий



устойчивой генерации, фиксируется.

14.5 Снять характеристики изменения «электрического угла» опережения зажигания.

Чтобы исключить влияние центробежного автомата, характеристика снимается при заблокированном центробежном автомате.

Переключатели SA1 и SA2 устанавливаются в положение 1. Переключатель «вид проверки» устанавливается в положение «угол искрообразования». Выключить выключатель SB1.

Запустить двигатель с минимальной частотой вращения и установить шкалу синхроскопа так, чтобы одна из светящихся полос совпала с нулевым делением шкалы.

Увеличить частоту вращения электродвигателя от 0 до 2100 мин<sup>-1</sup> (пять-семь значений) и следить за положением светящейся риски на диске синхроскопа.

Полученные данные записываются в таблицу 14.4.

Таблица 14.4 – Характеристика электрического угла опережения зажигания

Частота вращения валика датчика, мин <sup>-1</sup>					
Угол (электрический) опережения зажигания					

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

Схема зажигания предназначена для работы в системе электрооборудования автомобилей ЗИЛ-131, УРАЛ-375, ГАЗ-66 и их модификаций с двенадцативольтовой системой экранированного электрооборудования.

Система зажигания обеспечивает бесперебойное искрообразование при частоте вращения коленчатого вала от 40 до 3200 об/мин и работоспособна в диапазоне окружающих температур от минус 55 до плюс 80 °С.

В комплект системы зажигания входят следующие аппараты:

- датчик-распределитель Р361;
- катушка зажигания Б118;
- коммутатор транзисторный ТК200-А;
- вибратор аварийный РС331, резистор добавочный С3326.

Датчик-распределитель типа Р351 состоит из однофазного магнитоэлектрического генератора переменного тока, являющегося датчиком углового положения коленчатого вала с числом пар полюсов, равным числу цилиндров двигателя, центробежного автомата опережения зажигания, высоковольтного распределителя.

Центробежный автомат обеспечивает изменение угла опережения зажигания от 5,5° при 200 об/мин до 20° при 1400 об/мин. Максимальная амплитудная величина напряжения при 1600 об/мин датчика-распределителя около 45 В.

Катушка зажигания типа Б118 экранированная, герметизированная, маслонаполненная, имеющая трансформаторную связь между обмотками. Коэффициент трансформации – 115.

Транзисторный коммутатор типа ТК200-А предназначен для коммутации



тока катушки зажигания путём усиления маломощного сигнала датчика и представляет собой трехкаскадное транзисторное реле с гибкой коллекторной обратной связью.

Аварийный вибратор предназначен для обеспечения работы системы зажигания в случае выхода из строя датчика или транзисторного коммутатора. При нормальной работе системы зажигания вибратор выключен.

Вибратор состоит из корпуса, внутри которого размещено реле, имеющее толстую токовую обмотку, последовательно с которой включены нормально замкнутые контакты. Там же установлены искрогасящие конденсаторы.

Добавочный резистор СЭ326 предназначен для ограничения тока, протекающего через первичную обмотку катушки зажигания и силовой транзистор. Состоит из корпуса, внутри которого на фарфоровом изоляторе смонтирована нихромовая спираль сопротивлением 0,6 Ом.

Принципиальная электрическая схема бесконтактной системы зажигания представлена на рисунке 14.2.

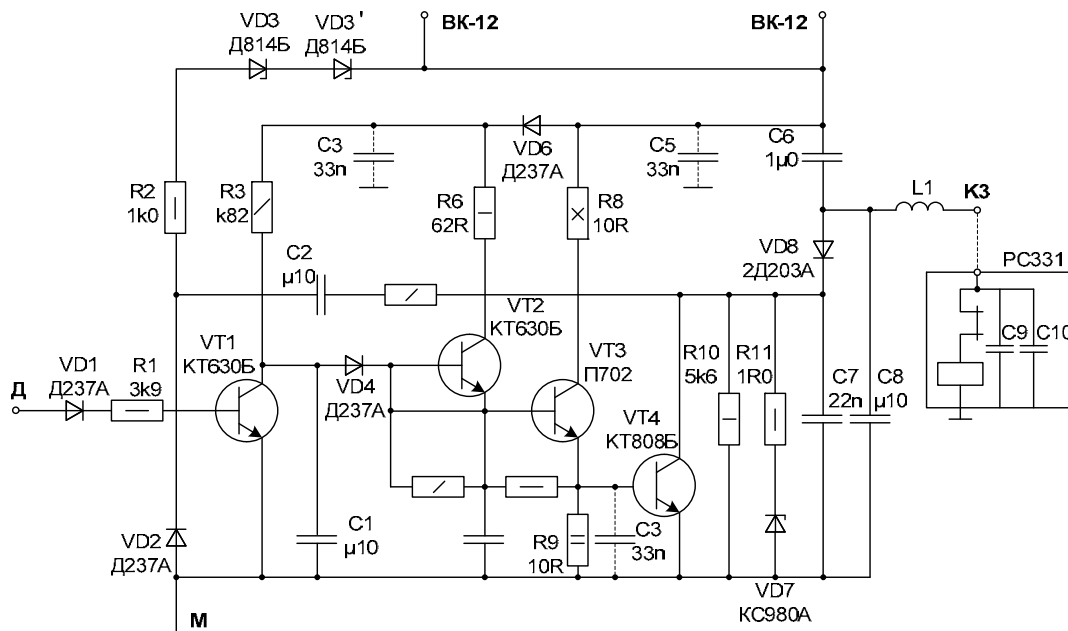


Рисунок 14.2 – Транзисторный коммутатор типа ТК200-А

Датчик с экранированным проводом соединён с входом транзисторного коммутатора.

Транзисторное реле выполнено на транзисторах VT1 VT4. Группа транзисторов VT2...VT4 представляет собой составной транзистор с разделёнными коллекторами, включённый по схеме эмиттерного повторителя.

Мощный диод VD8 защищает силовой транзистор от инверсного включения при возникновении колебательного процесса в первичной аккумуляторной батарее.

Транзистор VT1 защищён от инверсного включения диодом VD1, транзистор VD2 – диодом VD4.

Переход «эмиттер – база» входного транзистора VT1 защищён дио-



дом VD2, который срезает отрицательную полуволну напряжения датчика Д.

Участок эмиттер – коллектор выходного транзистора VT4 зашунтирован стабилитроном VD7, имеющим напряжение стабилизации 180 В. Напряжение, превышающее напряжение эмиттер – коллектор транзистора VT4, может возникнуть при работе системы зажигания без нагрузки (работа на открытую цепь).

Коллекторные резисторы R3, R6, R8 обеспечивают необходимое смещение коллекторных токов транзисторов VT2, VT3, VT1.

#### **Работа схемы происходит следующим образом.**

При включенном замке зажигания и неработающем двигателе транзистор VT1 закрыт. Транзисторы VT2, VT3, VT4 (составной транзистор) находятся в состоянии насыщения за счёт того, что на базу транзистора VT2 через диоды VD4, VD6 и резистор R6 подаётся положительный потенциал (относительно эмиттера) около 1 В. Через первичную обмотку  $W_1$  катушки зажигания протекает ток коллектора транзистора VT4 около 6 А.

При вращении коленчатого вала двигателя в обмотке статора магнитоэлектрического датчика генерируется переменное напряжение, по форме близкое к синусоидальному.

Положительные полупериоды, поступающие на вход транзистора VT1, открывают его, что обуславливает запирающие транзисторов VT2, VT3, VT4. Запирание транзистора VT4 приводит к превышению цепи первичной обмотки катушки зажигания.

В двух индуктивно связанных контурах C6–L1 и C7–L2 (где C7 – ёмкость вторичной цепи системы зажигания) возникают затухающие электромагнитные колебания с амплитудами около 200 В и 30 кВ соответственно.

Высокое напряжение распределяется по цилиндрам, обеспечивая воспламенение рабочей смеси.

Чтобы снизить частоту начала искрообразования, в схеме предусмотрена гибкая коллекторная обратная связь, способствующая насыщению транзистора VT1 при частоте вращения датчика 30...40 мин<sup>-1</sup>.

#### **Работа обратной связи заключается в следующем.**

В тот момент, когда транзистор VT1 открывается, транзисторы VT2, VT3, VT4 закрываются через цепочку R2–C1, на вход транзистора VT1 подаётся напряжение колебательного процесса, возникшего в первичном контуре L–C3. Благодаря положительной обратной связи величина и крутизна переднего фронта напряжения на входе транзистора VT1 возрастают, в результате чего транзистор VT1 резко переходит в состояние насыщения, а транзисторы VT2, VT3, VT4 – в состояние отсечки, при этом конденсатор C3 заряжается.

Обратная полуволна первичного напряжения запирает транзистор VT1 и открывает транзисторы VT2, VT3, VT4.

Ёмкость C1 разряжается через эмиттерный переход VT4 и диод VD3, обеспечивая активное запирающее транзистора VT1. Далее описанные процессы повторяются в течение всего времени действия положительной полуволны напряжения датчика.

Положительная обратная связь начинает действовать с момента открытия входного транзистора, т. е. с момента, когда напряжение с датчика достигает



пороговой величины, близкой к 0,8 В, и прекращает действовать при уменьшении напряжения до величины 0,8 В. За это время схема, работающая в режиме самовозбуждения, успевает совершить несколько циклов колебаний, каждое из которых генерирует высокое напряжение во вторичной обмотке, обеспечивая многоискровость.

В случае отказа транзисторного коммутатора или датчика предусмотрен аварийный вибратор.

Для переключения схемы в режим аварийного резервирования провод с клеммы «КЗ» коммутатора переключается на клемму вибратора.

Под действием проходящего по обмотке вибратора тока создается магнитный поток, который притягивает якорь, размыкает контакты вибратора. Пружина их вновь замыкает и ток в цепи снова нарастает. Описанный процесс повторяется с частотой 250...400 Гц, что определяет частоту генерируемых искр.

При работе системы в аварийном режиме момент зажигания определяется не датчиком (который отключён), а положением бегунка распределителя, при этом в каждый цилиндр подаётся серия искр.

Использование магнитоэлектрического датчика в качестве датчика положения коленчатого вала приводит к возникновению дополнительного «электрического угла» момента подачи искры.

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 системы;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

### ***Контрольные вопросы***

1 Из каких узлов состоит бесконтактная система зажигания и какие функции они выполняют?

2 Рассказать, как работает схема транзисторного коммутатора.

3 Какие элементы защиты транзисторного коммутатора предусмотрены в его схеме?

4 Для чего нужна многоискровость, как и в каких режимах она обеспечивается?

5 Что такое «электрический угол» опережения зажигания и как он зависит от частоты вращения?

6 Какие опыты выполняются в лабораторной работе?

7 Чем определяется частота вращения начала искрообразования?

8 Изменяется ли угол открытого состояния силового транзистора при изменении частоты вращения валика датчика-распределителя?



## 15 Лабораторная работа № 15. Исследование характеристик бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла

**Цель работы:** изучение принципа действия и характеристик бесконтактной транзисторной системы зажигания с регулируемым временем накопления энергии в индуктивности.

### Задание

1 Изучить работу принципиальной схемы системы зажигания и ознакомиться с принципом регулирования времени накопления энергии.

2 Исследовать характер прохождения электрических сигналов через различные участки схемы.

3 Снять рабочую характеристику системы зажигания и характеристику изменения коэффициента заполнения импульса выходного тока в функции частоты вращения валика датчика-распределителя.

### Порядок выполнения работы

1 Изучить функциональную и принципиальную схемы системы зажигания и схему испытательной установки.

2 Ознакомиться с испытательной установкой, ее элементами, органами управления стендом.

3 Включить электроизмерительные приборы и осциллографы.

4 Включить приводной электродвигатель стенда и подать питание на схему.

5 Установить частоту вращения валика датчика-распределителя  $n = 400 \text{ мин}^{-1}$ . Зарисовать с экранов осциллографов формы управляющего напряжения и первичного тока.

6 Повторить п. 5 при частотах вращения  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$  и  $2500 \text{ мин}^{-1}$ .

7 Снять характеристики  $U_{2m} = f(n)$  при  $R_{ш} = 1 \text{ Мом}$ ,  $C_{ш} = 55 \text{ пФ}$ . Частоту вращения следует изменять от 400 до 3000  $\text{мин}^{-1}$  через 400  $\text{мин}^{-1}$ .

Величину вторичного напряжения определяют по зазору между электродами трехэлектродного разрядника.

Коэффициент заполнения  $\gamma = t_n / T$  определяют для каждой частоты вращения путем измерения длин отрезков  $x_n$  и  $x_m$  по экрану осциллографа 2, соответствующих  $t_n$  и  $T$ . Результаты измерения заносят в таблицу 15.1.

Таблица 15.1 – Результаты эксперимента

Измерено				Вычислено			
$n, \text{ мин}^{-1}$	$\delta, \text{ мм}$	$x_n, \text{ мм}$	$x_m, \text{ мм}$	$\gamma = t_n / T = x_n / x_m$	$T = 15 / n, \text{ с}$	$U_{2m}, \text{ кВ}$	$t_n = T \gamma, \text{ с}$

Отчет оформляется на листах формата А4 или в тетради.



Содержание отчета:

- цель работы и порядок ее проведения;
- электрические схемы с краткими пояснениями к ним;
- характеристики;
- эскизы осциллограмм первичного тока для пусковой, средней и максимальной частот вращения;
- эскиз осциллограммы управляющего напряжения  $U_{ex} = f(t)$  для средней (1500 мин<sup>-1</sup>) частоты вращения.

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

В существующих контактных и бесконтактных системах зажигания с накоплением энергии в индуктивности время накопления энергии катушкой зажигания определяется временем замкнутого состояния контактов или временем управляющего импульса датчика, которое обратно пропорционально частоте вращения его ротора (кулачка). Недостаток таких систем зажигания заключается в том, что при малых частотах вращения время прохождения тока через первичную обмотку катушки зажигания превышает время, необходимое для накопления энергии в индуктивности. Следствием этого являются низкий КПД системы, перегрев элементов системы, в первую очередь катушки зажигания, повышенный расход активных материалов.

С точки зрения снижения потерь мощности на нагрев целесообразно, чтобы время накопления энергии было небольшим, так как по мере увеличения времени накопления все большая доля полной мощности преобразуется в тепло.

Улучшение энергетических характеристик систем зажигания с накоплением энергии в индуктивности может быть достигнуто за счет такого регулирования времени накопления энергии  $t_n$  при изменении частоты вращения двигателя, при котором оно будет приблизительно постоянным и иметь оптимальное значение, равное  $1,256 T$ .

Регулирование в данном случае заключается в поддержании неизменным (нормированным) времени накопления энергии индуктивностью. Это означает, что по мере увеличения частоты вращения коэффициент заполнения импульса  $\gamma$  (отношение длительности импульса вращения к периоду следования импульсов) будет постоянно возрастать.

На рисунке 15.1 приведены диаграммы изменения первичного тока с нерегулируемым (а) и регулируемым (б) временем накопления энергии.

На первой диаграмме неизменным является коэффициент заполнения, определяемый принципом действия и конструкцией датчика, на второй – время накопления энергии, определяемой системой регулирования. Так как регулирование  $t_n$  не должно отражаться на моменте подачи искры, который определяется моментом запаривания выходного транзистора, то оно достигается изменением момента открытия силового транзистора (по углу поворота датчика).

В исследуемой системе зажигания достигается значительное снижение потребляемой мощности при обеспечении высоких выходных параметров (вторичного напряжения и энергии разряда) путем:



- нормирования времени накопления энергии в магнитном поле катушкой зажигания;
- стабилизации выходных параметров при отклонениях напряжения питания от номинального;
- ограничения тока разрыва при малых частотах вращения и, как следствие этого, исключения добавочного резистора.

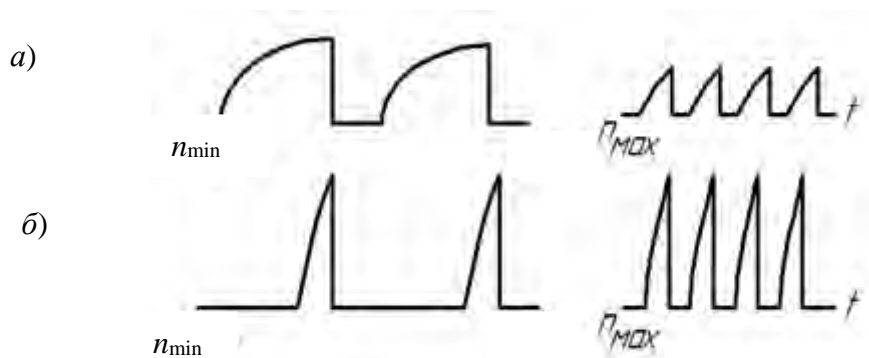


Рисунок 15.1 – Изменение первичного тока в системах с нерегулируемым (а) и регулируемым (б) временем накопления

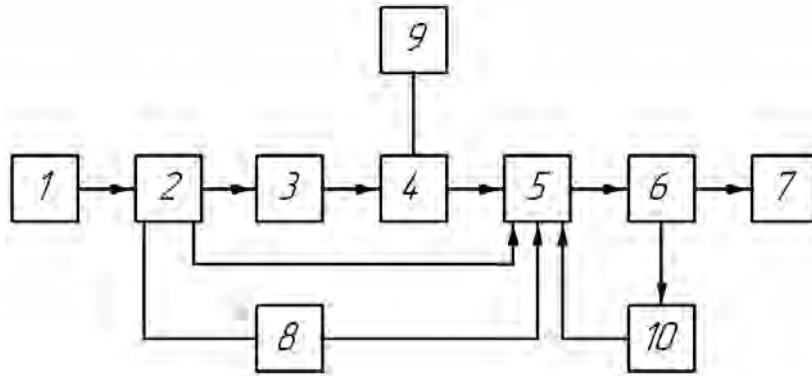
Бесконтактная система зажигания с регулируемым временем накопления энергии предназначена для обеспечения искрообразования на свечах зажигания двигателя внутреннего сгорания автомобиля ВАЗ-2108 на всех режимах его работы. Она состоит из датчика-распределителя, электронного коммутатора, катушки зажигания. Структурная схема системы зажигания приведена на рисунке 15.2. Схема состоит из следующих функциональных элементов:

- датчика Холла – датчика углового положения коленчатого вала;
- инвертора, формирователя линейного напряжения;
- компаратора;
- логической схемы «ИЛИ»;
- выходного каскада;
- катушки зажигания;
- схемы отклонения тока при неработающем двигателе;
- схемы корректировки времени накопления по напряжению;
- схемы ограничения тока.

Датчик-распределитель типа 3734 управляет моментом искрообразования с помощью бесконтактного датчика Холла, регулирует угол опережения зажигания по частоте вращения и нагрузке с помощью центробежного и вакуумного автоматов опережения зажигания, распределяет импульсы высокого напряжения по цилиндрам с помощью вращающегося распределителя.

При вхождении шторки-экрана в зазор магнитного коммутатора магнитный поток шунтируется шторкой, ЭДС Холла равна нулю, интегральная схема включена. При выходе шторки-экрана из зазора между постоянным магнитом и элементом Холла магнитная индукция в нем возрастает, возбуждается ЭДС Холла. Интегральная микросхема датчика Холла реагирует на это появлением

на своем выходе сигнала логического нуля. Сигнал поступает в электронный коммутатор. В этот момент осуществляется зажигание. Количество шторок на роторе равно числу цилиндров, а их ширина определяет угол замкнутого состояния датчика. Интегральная схема формирует и усиливает импульсы, а также стабилизирует напряжение питания схемы. Датчики-распределители связаны с электронным коммутатором тремя проводами: два из них служат для питания, третий – для передачи управляющих импульсов коммутатору.



1 – датчик Холла; 2 – инвертор; 3 – формирователь линейного напряжения; 4 – компаратор; 5 – логическая схема «ИЛИ»; 6 – выходной каскад; 7 – катушка зажигания; 8 – схема отключения тока; 9 – схема корректировки времени накопления по напряжению; 10 – схема ограничения тока

Рисунок 15.2 – Структурная схема коммутатора с регулируемым временем накопления энергии

Испытательная установка (рисунок 15.3) состоит из стенда типа СПЗ 8 (на котором смонтирована испытуемая система зажигания), измерительных приборов, трехэлектродного измерительного разрядника.

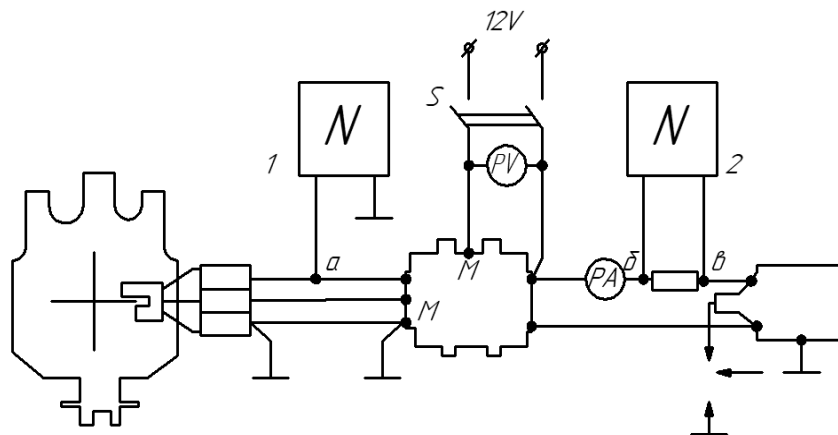


Рисунок 15.3 – Схема испытания системы зажигания

Вольтметр PV контролирует напряжение питания системы, амперметр PA магнитоэлектрической системы измеряет средний ток, потребляемый катушкой зажигания.



Осциллограф 1 позволяет наблюдать управляющий сигнал на входе коммутатора, осциллограф 2 – первичный ток катушки зажигания.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Перечислить преимущества, которыми обладает система зажигания с регулированием времени накопления энергии.
- 2 Объяснить сущность регулирования времени накопления энергии.
- 3 Что собою представляет датчик Холла?
- 4 Какие функции выполняет электронный коммутатор?
- 5 Объяснить работу структурной схемы системы зажигания.
- 6 Нарисовать и объяснить эпюры сигналов, действующих на различных участках структурной схемы.

## **16 Лабораторная работа № 16. Проектирование и исследование счетчиков-делителей на JK-триггерах**

**Цель работы:** проектирование и исследование счетчиков-делителей на JK-триггерах.

### **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка включает в свой состав лабораторный стенд с источниками питания и макетом, электронный двухканальный осциллограф, цифровой вольтметр. На макете смонтированы микросхемы с JK-триггерами, логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ, НЕ, прилагается комплект резисторов и конденсаторов.

### **Порядок выполнения работы**

Спроектировать синхронный счетчик или делитель в соответствии с вариантом задания.

На рисунке 16.1 представлена таблица переходов работы счетчика.

	$a_1 a_0$	00	01	11	10
$a_3 a_2$					
00		0	1	2	3
01		7	6	5	4
11		8	9	10	11
10		15	14	13	12

Рисунок 16.1 – Таблица переходов работы счетчика





В таблице 16.1 приведены варианты заданий на проектирование.

Таблица 16.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Порядок переходов	Номер варианта	Делитель на
1	0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-0	9	5
2	0-7-8-15-14-9-6-1-2-5-10-13-12-11-4-3-0	10	6
3	0-1-2-3-7-6-5-4-8-9-10-11-15-14-13-12-0	11	7
4	0-7-8-15-1-6-9-14-2-5-10-13-3-4-11-12-0	12	9
5	12-13-14-15-11-10-9-8-4-5-6-7-3-2-1-0-12	13	10
6	12-13-14-15-8-9-10-11-4-5-6-7-0-1-2-3-12	14	11
7	15-14-13-12-8-9-10-11-7-6-5-4-0-1-2-3-15	15	13
8	15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-0-15	16	14

Вместо номеров 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 в порядке переходов записываются двоичные коды из таблицы переходов работы счетчика – 0000, 0001, 0011, 0010, 0110, 0111, 0101, 0100, 1100, 1101, 1111, 1110, 1010, 1011, 1001, 1000.

Для варианта 1 составим таблицу, необходимую для проектирования.

Требуемые сигналы на входах  $J_i$ ,  $K_i$  счетчиков записываются на основании таблицы переходов для JK-триггера.

Используя таблицу для  $i$ -го состояния, записать логические уравнения для сигналов  $J_i$ ,  $K_i$ , которые должны быть поданы на входы  $J_i$ ,  $K_i$  триггеров (для минимизации уравнений использовать карты Карно).

После уравнений собрать схему счетчика и исследовать ее в соответствии с состояниями таблицы 16.2.

Таблица 16.2 – Исходные данные для проектирования

Исходное состояние на выходах счетчика				Последующее состояние на выходах счетчика				Требуемые сигналы на входах $J_i$ , $K_i$ счетчиков, $i$ – номер счетчика							
$i$ -е состояние				$(i + 1)$ -е состояние				$J_3$	$K_3$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$	$a_3$	$a_2$	$a_1$	$a_0$	9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	3	4	5	6	7	8								
0	0	0	0	0	0	0	1								
0	0	0	1	0	0	1	1								
0	0	1	1	0	0	1	0								
0	0	1	0	0	1	1	0								
0	1	1	0	0	1	0	1								
0	1	0	1	0	1	1	1								
0	1	1	1	0	1	0	1								
0	1	0	1	0	1	0	0								

Окончание таблицы 16.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	1	0	0	1	1	0	0								
1	1	0	0	1	1	0	1								
1	1	0	1	1	1	1	1								
1	1	1	1	1	1	1	0								
1	1	1	0	1	0	1	0								
1	0	1	0	1	0	1	1								
1	0	1	1	1	0	0	1								
1	0	0	1	1	0	0	0								
1	0	0	0												

При подаче напряжения питания (включения режима моделирования) исходное состояние на выходах триггеров должно соответствовать первой цифре (двоичному коду) перехода. Для этого использовать входы  $R$ ,  $S$  начальной установки триггеров.

При проектировании делителя количество строк для  $i$ -го состояния соответствует коэффициенту деления.

Также делитель может быть реализован через стандартный двоичный счетчик путем введения соответствующих обратных связей.

Отчет оформляется на листах формата А4 или в тетради.

Содержание отчета:

- титульный лист (при оформлении в тетради – один на тетрадь);
- название работы;
- цель работы;
- схема электрическая принципиальная счетчика-делителя на JK-триггерах;
- таблицы результатов эксперимента и расчетов;
- графики результатов эксперимента;
- выводы по работе.

Исследование счетчика-делителя на JK-триггерах может выполняться как на стенде, так и на компьютере.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Представить таблицу истинности для JK-триггера.
- 2 Представить таблицу переходов для JK-триггера.
- 3 Для чего предназначены входы  $R$ ,  $S$  начальной установки?
- 4 Пояснить последовательность проектирования синхронного счетчика с произвольными состояниями на выходе на JK-триггерах.
- 5 Пояснить последовательность проектирования синхронного делителя импульсов на JK-триггерах.
- 6 В чем заключается смысл минимизации логических функций?
- 7 Как выполняется начальная установка выходных состояний счетчика?



- 8 Записать условия выбора цифровых микросхем.
- 9 Записать условия выбора для элементов индикации (светодиодов).

### 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.

