

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ)»
Кафедра «Тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование»**

*Лабораторные работы по курсу
«Электрооборудование автомобилей
и тракторов»*

Омск 2020

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы: измерить параметры генераторной установки при изменении режимов нагрузки и частоты вращения ротора.

На рисунке 1 показан общий вид с разрезом генератора переменного тока с выпрямителем.

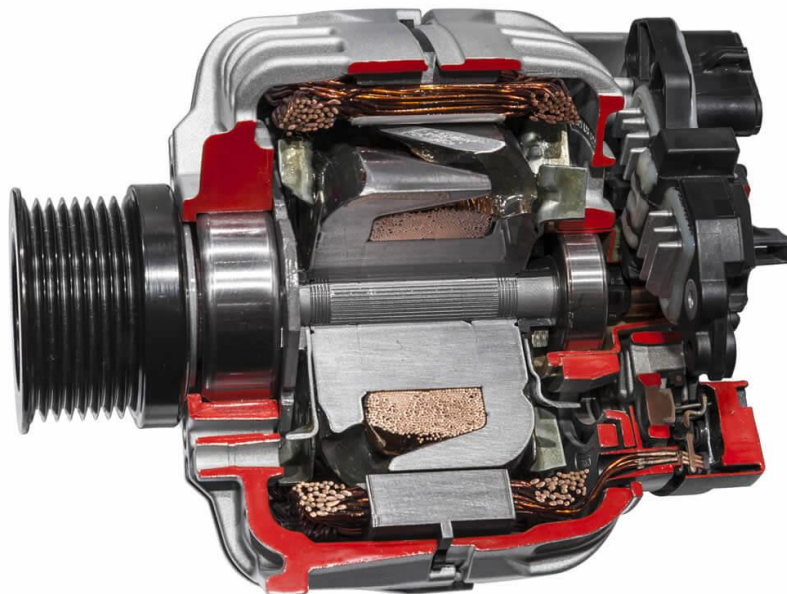


Рис. 1. Общий вид генератора переменного тока

На рисунке 2 показан ротор и статор генератора в разобранном виде.

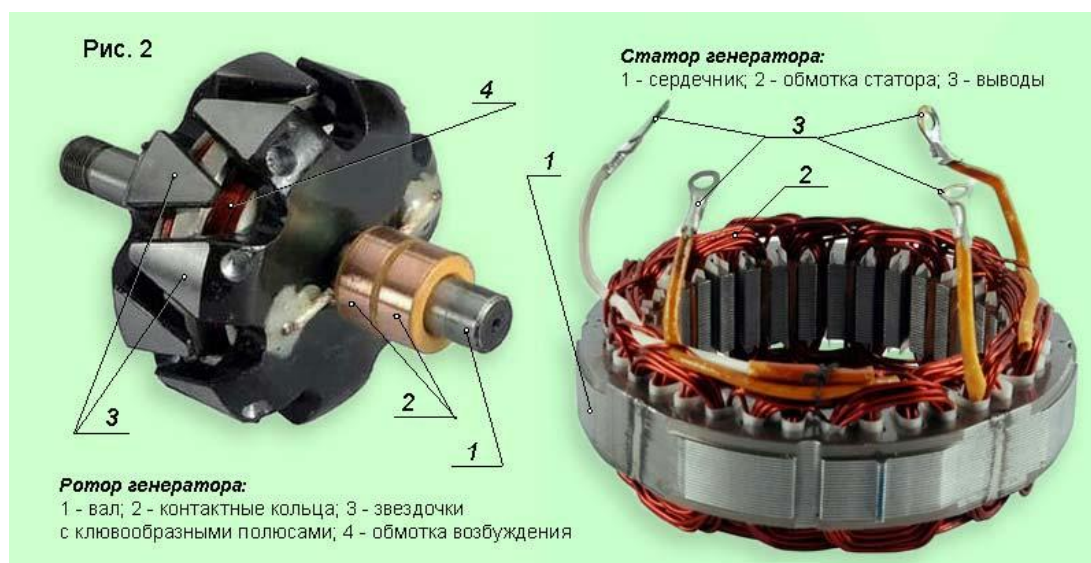


Рис. 2. Ротор и статор генератора.

Принцип действия вентильного генератора.

Автотракторные синхронные генераторы имеют в основном электромагнитное возбуждение, так как в этом случае легко осуществляется поддержание постоянства напряжения на генераторе в широком диапазоне частоты вращения (рисунок 3).

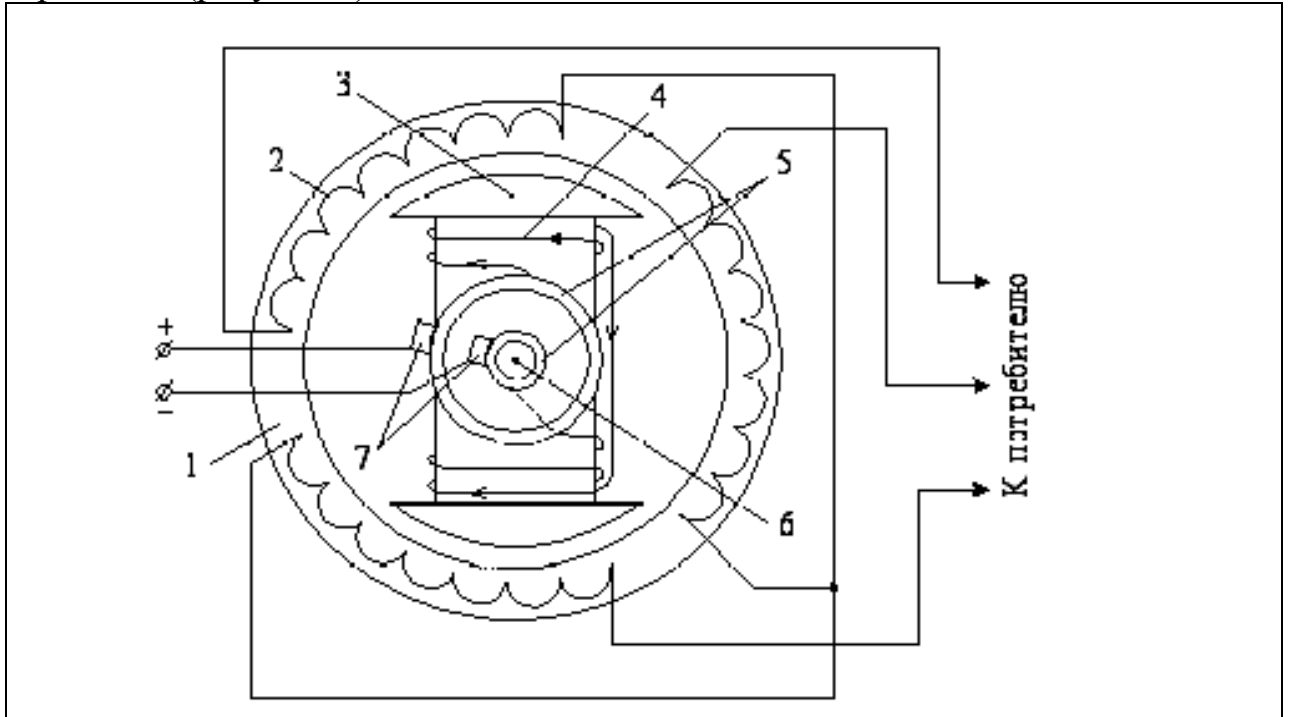


Рис. 3 Упрощенная электромагнитная схема синхронного генератора электромагнитного возбуждения

Магнитопровод статора *1* выполнен из штампованных пластин электро-технической стали (для уменьшения потерь на вихревые токи), в пазах которого находится обмотки статора. Трехфазная обмотка состоит из трех одно-фазных обмоток *2*, сдвинутых в пространстве на 120° относительно друг друга. На полюсах ротора *3* (индуктора) располагают катушку *4* обмотки возбуждения, концы которой выводят к двум контактным кольцам *5*, расположенным на валу *6* и изолированным друг от друга и вала. Ротор генератора приводится во вращение с частотой с помощью ременной передачи от двигателя. С помощью щеток *7*, скользящих при его вращении по кольцам, к обмотке возбуждения подходит ток, который, протекая по обмотке *4*, создает магнитное поле – поле возбуждения. Поле, вращаясь вместе с ротором, пересекает проводники обмотки статора и наводит в них ЭДС одинаковой величины и частоты, но сдвинутые по фазе на 120° . Эта ЭДС прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока, которая пропорциональна частоте вращения якоря.

Характеристики вентильных генераторов

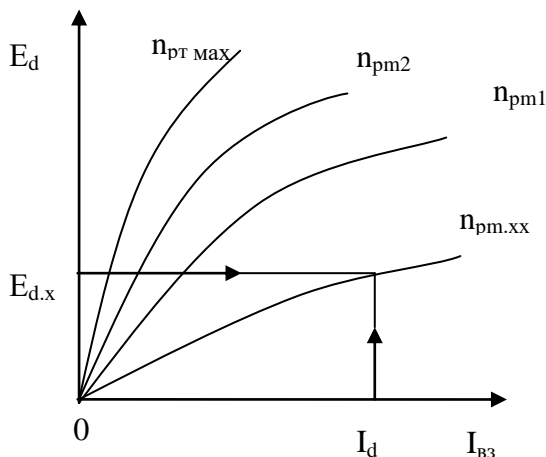
Особенность работы автомобильных генераторов состоит в том, что в связи с непостоянной скоростью движения автомобиля изменяются обороты

двигателя, а следовательно частота и величина ЭДС, наводимой в обмотках статора.

Автомобильные генераторы имеют следующие частотные параметры:

- минимальная частота вращения ротора в режиме холостого хода ($n_{pm\ x}$), при которой генератор еще развивает номинальное напряжение;
- номинальная частота вращения $n_{pm\ n}$ при которой генератор развивает номинальную мощность при номинальном напряжении;
- минимальная частота вращения ротора $n_{pm\ p}$, соответствует режиму, при котором отношение выпрямленной мощности к $n_{pm\ p}$ максимально (режим максимальной тепловой нагрузки);
- максимальная частота вращения ротора $n_{pm\ max}$.

Характеристики вентильных генераторов имеют особенности, связанные с наличием выпрямителя, соответствующим подбором обмоточных данных, обеспечивающих минимальную частоту вращения, при которой в режиме холостого хода выпрямленное напряжение достигает номинального значения, и самоограничение тока отдаваемого генератором.



Характеристики холостого хода

вентильного генератора (рис.4) представляют собой зависимость выпрямленного напряжения от силы тока возбуждения $E_d = f(I_{\epsilon 3})$ при $n_{pm} = const$ и $I_H = 0$ ($R_{H, \epsilon} = \infty$) полученные при независимом возбуждении.

Рис.4. Семейство характеристик холостого хода вентильного генератора

Внешние характеристики вентильного генератора

(рис. 5) при работе генератора в условиях независимого возбуждения (напряжение $U_{\epsilon 3}$, соответствует номинальному напряжению генератора) представляют собой зависимость выпрямленного напряжения от силы тока нагрузки $U_d = f(I_d)$ при $n_{pm} = const$, $U_{\epsilon 3} = U_d = const$ и сопротивлении возбуждения $R_{\epsilon 3} = const$.

При увеличении нагрузки выпрямленное напряжение снижается под действием реакции якоря, падения напряжения в цепи якоря и в выпрямителе. Падение напряжения в выпрямителе невелико, падение напряжения в обмотках якоря значительно и зависит от частоты вращения ротора.

$I_{d\ max}$ - максимальное значение выпрямленного тока при $n_{pm\ max}$ и $U_d = U_{dн}$;

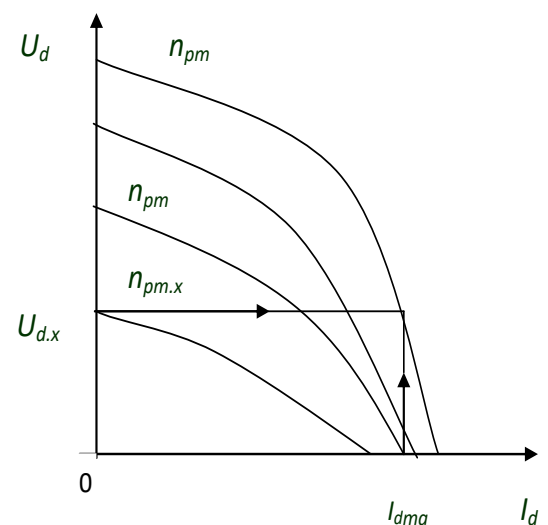


Рис. 5. Внешние характеристики

В вентильных генераторах с самоограничением силы выпрямленного тока, ток короткого замыкания (на больших частотах рабочего диапазона) близок к максимальной силе выпрямленного тока $I_{d \max}$ при номинальном выпрямленном напряжении $U_{dн}$.

Способность генераторной установки обеспечивать электропитанием потребителей электроэнергии на автомобиле во всех режимах его работы характеризует **токоскоростная характеристика (ТСХ)**, т.е. зависимость силы тока, отдаваемого генератором в нагрузку, от частоты вращения его ротора при постоянной величине напряжения на силовых выводах генератора (рис.6).

ТСХ демонстрирует существенное достоинство вентильных генераторов – их самозащиту и самоограничение отдаваемого ими тока. Достигнув определенной величины, ток практически не увеличивается с ростом частоты вращения ротора.

Регулятор напряжения бортовой сети

Регулятор напряжения поддерживает напряжение бортовой сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки, температуры окружающей среды.

Все регуляторы напряжения работают по единому принципу – стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Величина стабилизированного напряжения автомобильных генераторов обычно лежит в пределах 13...15 В. Если напряжение генератора возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения и вводит напряжение в нужные пределы.

Электронный транзисторный регулятор напряжения

Рассмотрим принцип работы регулятора напряжения на примере простейшей схемы (рис. 7).

Регулятор на схеме работает в комплекте с генератором 1, имеющим дополнительный выпрямитель обмотки возбуждения. Стабилитрон VD1 не пропускает через себя ток при напряжениях бортовой сети, ниже величины напряжения стабилизации.

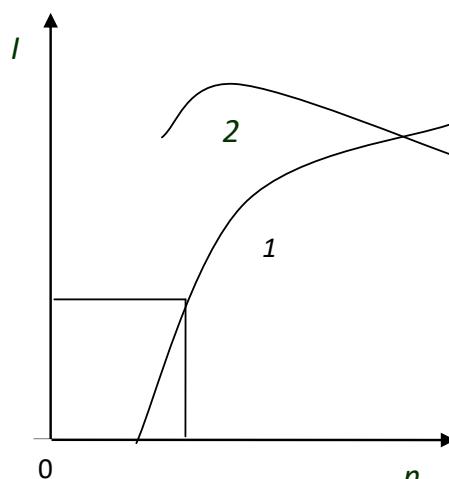


Рис. 6. Выходные характеристики генераторной установки.

1 – токоскоростная характеристика, 2 – КПД.

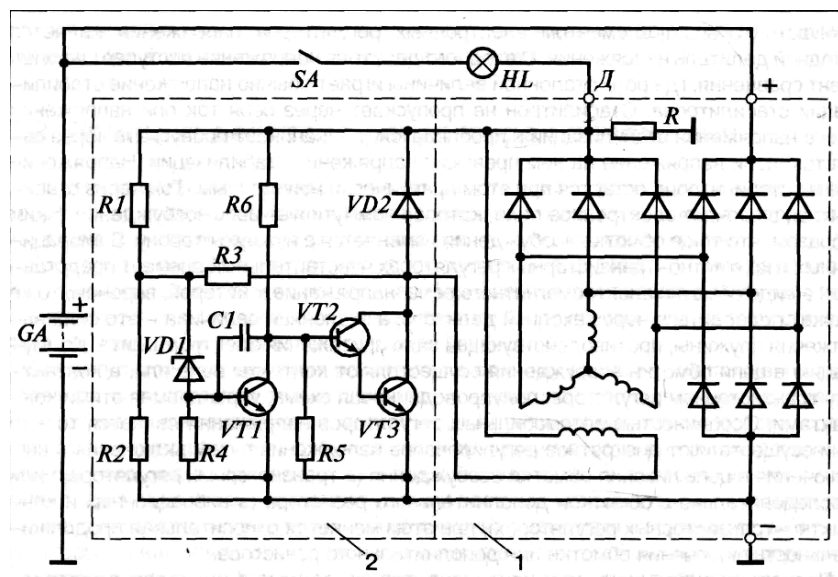


Рис. 7. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:
1 – генератор с встроенным выпрямителем; 2 – регулятор

Задающим элементом является кремневый стабилитрон VD1 (Д814Д напряжение стабилизации 12-14 В). Он используется для поддержания постоянного напряжения генератора (примерно 14 В). Если напряжение генератора меньше заданного значения стабилитрон закрыт и не пропускает через себя ток. Потенциал база транзистора VT1, будет равен потенциалу эмиттера. Следовательно, транзистор VT1 будет закрыт и не пропускает через себя ток. Транзисторы VT2 и VT3 будут открыты, пропуская ток в обмотку возбуждения. При напряжении более 14 В стабилитрон переходит в режим открыт.

Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1. При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон VD1 пробивается, ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения.

Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD1 и процесс повторяется.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Включить сетевой шнур стенда в розетку (или удлинитель) сети 220 В. Повернуть ключ «замке зажигания» по часовой стрелке.

Нажать на кнопку «Пуск» на передней панели стенда и выставить обороты двигателя – 600 об/мин. при помощи «регулятора частоты вращения».

2. Зарегистрировать постоянные и переменные составляющие тока и напряжения при изменении нагрузки для частот вращения вала генератора 600, 800, 1000, 1200 об/мин.

Нагрузку изменять, нажимая на кнопки «Потребители» (нагрузка) заполнить таблицу 1.1 Переменную составляющую напряжения U_{\sim} измерять

с помощью мультиметра, а постоянные составляющие тока I и напряжения U измерять с помощью амперметра и вольтметра, расположенными на лицевой панели стенда. Предварительно датчик температуры (термопару) закрепить на генераторе.

Таблица 1.1

Результаты измерения параметров генераторной установки.

Вид нагрузки	$n = 600 \text{ мин}^{-1}$			
	$U \sim B$	U, B	I, A	$P \text{ Вт}$
Без нагрузки				
Габаритные огни				
Ближний свет				
Дальний свет				
Обогрев заднего стекла				
Вентилятор системы охлаждения				
Вентилятор отопления				
Ближний свет и дальний свет				
Габаритные огни, ближний свет, обогрев заднего стекла, вентилятор отопления				

Таблица 1,2

Результаты измерения параметров генераторной установки.

Вид нагрузки	$n = 800 \text{ мин}^{-1}$			
	$U \sim B$	U, B	I, A	$P \text{ Вт}$
Без нагрузки				
Габаритные огни				
Ближний свет				
Дальний свет				
Обогрев заднего стекла				
Вентилятор системы охлаждения				
Вентилятор отопления				
Ближний свет и дальний свет				
Габаритные огни, ближний свет, обогрев заднего стекла, вентилятор отопления				

Таблица 1,3

Результаты измерения параметров генераторной установки.

Вид нагрузки	$n = 1000 \text{ мин}^{-1}$			
	$U \sim B$	U, B	I, A	$P \text{ Вт}$
Без нагрузки				
Габаритные огни				
Ближний свет				
Дальний свет				

Обогрев заднего стекла				
Вентилятор системы охлаждения				
Вентилятор отопления				
Ближний свет и дальний свет				
Габаритные огни, ближний свет, обогрев заднего стекла, вентилятор отопления				

Таблица 1,4

Результаты измерения параметров генераторной установки.

Вид нагрузки	$n = 1200 \text{ мин}^{-1}$			
	U~В	U, В	I, А	P Вт
Без нагрузки				
Габаритные огни				
Ближний свет				
Дальний свет				
Обогрев заднего стекла				
Вентилятор системы охлаждения				
Вентилятор отопления				
Ближний свет и дальний свет				
Габаритные огни, ближний свет, обогрев заднего стекла, вентилятор отопления				

Рассчитать мощность каждого вида нагрузки по формуле 1 и занести данные в таблицы 1.1, 1.2, 1.3, 1.4.

$$P = U \cdot I \quad (1)$$

По полученным результатам определить суммарную мощность потребляемую нагрузкой.

3. Построить внешнюю характеристику генераторной установки изменяя число оборотов двигателя 600, 800, 1000, 1200 об/мин. при включенных потребителях зимнего и летнего сезона эксплуатации.

Включить потребителей нагрузки в соответствии с выбранным режимом по таблице 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 .

Внимание. Изменять обороты на генераторе от максимального значения к минимальному (1200 до 600 об/мин).

Полученные результаты занести в таблицы 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 .

ВЫВОДЫ:

По результатам измерений построил семейство вольтамперных характеристик – зависимостей напряжений при различных оборотах двигателя, а так же измерил параметры генераторной установки при изменении режимов нагрузки (1.1, 1.2, 1.3, 1.4 .)

Содержание отчета по лабораторной работе

1. Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Краткое описание принципа работы вентильного генератора, выпрямителя, конструкции генератора.
3. Схема принципиальная электрическая регулятора напряжения.
4. Описание опыта, результаты испытаний: таблицы, графики, выводы.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия и основные элементы конструкции автомобильного вентильного генератора?
2. От чего зависит частота и величина выходного напряжения генератора?
3. Основные характеристики генератора.
4. Схема выпрямителя, основные соотношения между выпрямленным и переменным (фазным и линейным) напряжением в 3^x фазной схеме выпрямителя.
5. Нарисовать зависимость выпрямленного напряжения от времени и показать на электрической схеме, через какие диоды выпрямителя проходит ток в момент времени, указанный преподавателем.
6. Каково назначение регулятора напряжения?
7. Какими параметрами характеризуется регулятор напряжения?
8. Каков принцип работы регулятора напряжения?
9. Каково назначение стабилитрона VD1 (см. рис. 7)?
11. Каково назначение конденсатора C1 (см. рис. 7)?
12. Каково назначение резистора R3 (см. рис. 7)?
13. Зачем для обмотки возбуждения устанавливают дополнительные диоды?

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Цель работы: определить зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов коленчатого вала и нагрузки (разрежения под дроссельной заслонкой) на двигатель внутреннего сгорания.

Общие сведения

Система зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

В контактной системе зажигания (рис. 1) коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым механизмом прерывания. Привод кулачка прерывателя 9 связан с коленчатым валом двигателя через зубчатую передачу, причем частота вращения вала кулачка вдвое меньше частоты вращения вала двигателя.

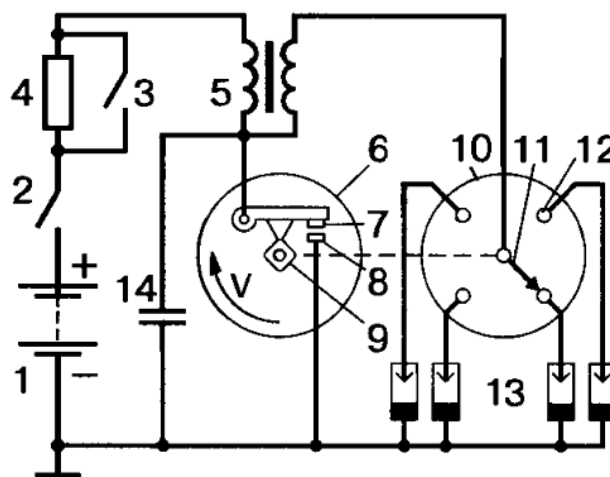


Рис. 1. Принципиальная схема классической контактной системы зажигания.
1 – аккумуляторная батарея; 2,3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7,8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель; 11 – ротор (бегунок); 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор

Катушка зажигания (рис. 2) представляет собой повышающий трансформатор, который имеет магнитопровод (сердечник) и две обмотки. Обмотки катушки зажигания могут иметь как автотрансформаторную (с общей точкой), так и трансформаторную связь. Автотрансформаторная связь упрощает конструкцию и технологию изготовления катушки, а также незначительно увеличивает вторичное напряжение. Трансформаторная связь обычно применяется в катушках электронных систем зажигания во избежание опасных воздействий всплесков напряжения на электронные элементы.

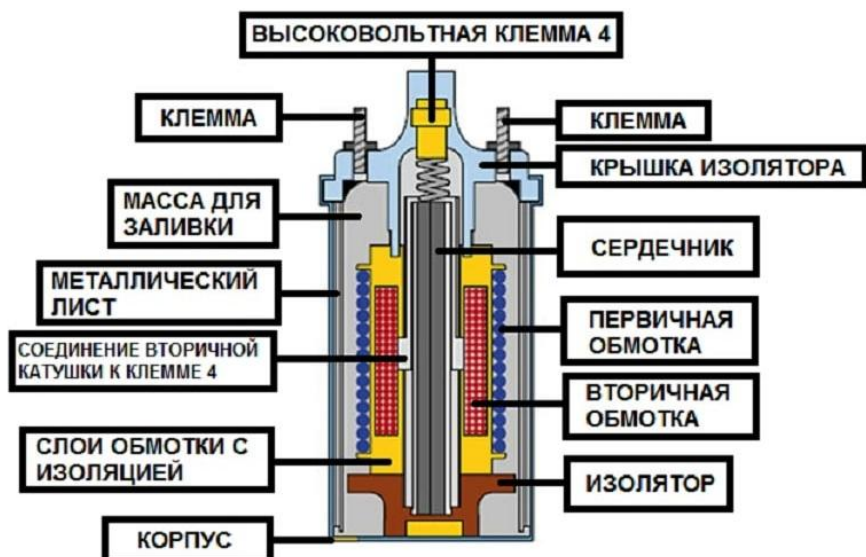


Рис. 2. Устройство катушки зажигания

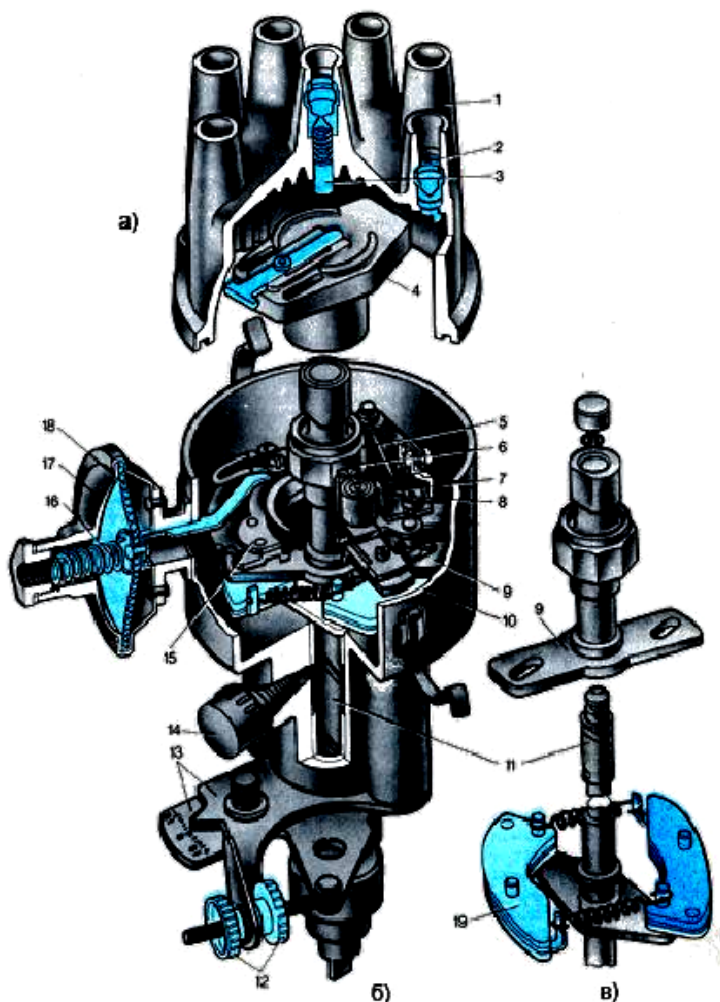


Рис. 3. Прерыватель-распределитель:

а - распределитель, б - прерыватель, в - центробежный регулятор;

1 - крышка, 2 - зажим, 3 - центробежный контакт, 4 - ротор, 5 - рычажок, 6 - кулачок, 7 - подвижный контакт прерывателя, 8 - неподвижный контакт, 9 - пластина кулачка, 10 - корпус, 11 - валик, 12 - регулировочные гайки, 13 - пластины октан-корректора, 14 - масленка, 15 - пружина, 16 - подвижный диск, 17 - вакуумный регулятор опережения зажигания, 18 - диафрагма, 19 - грузик

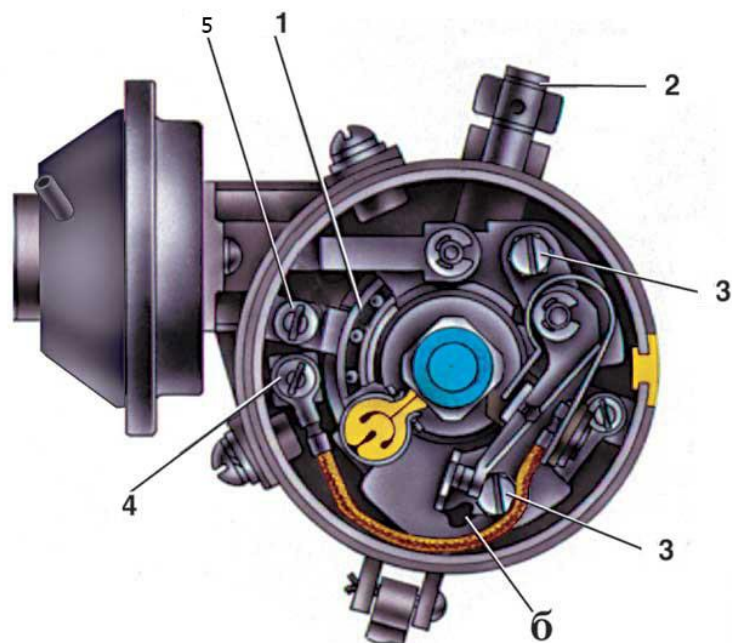


Рис. 4. Прерыватель (6) со снятой крышкой с видом вакуумного регулятора:
 1 – подшипник подвижного диска, где закреплены контакты;
 2 – масленка; 3 – прижимной и регулировочный винты контактов;
 4 – провод конденсатора; 5 – крепление подшипника подвижного диска

Привод вала прерывателя-распределителя осуществляется от распределительного вала двигателя, который вращается в два раза медленнее коленчатого вала четырехтактного двигателя.

Для автоматического изменения угла опережения зажигания прерыватель снабжен двумя регуляторами - центробежным и вакуумным. Центробежный регулятор (см. рис. 3) изменяет угол опережения зажигания в зависимости от числа оборотов коленчатого вала двигателя, а вакуумный – в зависимости от нагрузки двигателя. При повышении числа оборотов двигателя центробежный регулятор увеличивает угол опережения, например, с 10 до 30 градусов до ВМТ. С увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня, и для того, чтобы смесь успела сгореть при увеличении частоты вращения, угол опережения зажигания должен быть увеличен.

Кулачек выполнен совместно с пластиной 9 (см. рис. 3), которая имеет прорези. Кулачек с пластиной 9 (крестовиной) свободно насажен на валик 11 и при помощи центробежного регулятора может поворачиваться примерно на 25 градусов по направлению вращения валика 11, увеличивая угол опережения зажигания при увеличении частоты вращения коленчатого вала.

На валике 11 закреплен фигурный фланец, на котором имеются две оси с установлением на них двух грузиков, которые подтягиваются к центру пружинами. На грузиках имеются шпильки, в которые входят прорези пластины 9. При вращении валика 11 под действием центробежных сил грузики перемещаются от центра вращения. При перемещении грузиков их шпильки поворачивают пластину 9 и вместе с ней кулачек в сторону вращения. В результате чего грани кулачка раньше касаются рычажка прерывателя, и пре-

рывание первичной цепи происходит с большим углом опережения зажигания.

Если дроссельная заслонка находится в положении при котором отсутствует разрежение в камере регулятора (см. рис. 3 и 4), то под действием пружины диск прерывателя вместе с контактами поворачивается в положение «позднего зажигания» (например, 10 градусов до ВМТ это установочный угол). По мере резкого открытия дроссельной заслонки разрежение в первый момент резко возрастает и диафрагма, преодолевая усилие пружины, прогибается, перемещает тягу и поворачивает диск с контактам прерывателя, обеспечивая наибольший угол опережения зажигания, например 18 – 20 градуса до ВМТ (с учетом начального установочного угла). Это способствует быстрому повышению числа оборотов, обеспечивая хорошую приемистость двигателя. При дальнейшем открытии дроссельной заслонки, что делают при увеличении нагрузки, разрежение в камере уменьшается, пружина перемещает тягу, поворачивая диск прерывателя в сторону вращения кулачковой муфты и тем самым уменьшая угол опережения зажигания. При полностью открытой дроссельной заслонке разрежение в камере достигает минимального значения и угол опережения зажигания, корректируемый вакуум-регулятором, не превышает 2–3 градусов. Таким образом, при максимальной мощности двигателя угол опережения зажигания регулирует в основном центробежным регулятором.

Угол опережения зажигания может изменяться двумя способами. Первый способ - поворотом кулачка под действием центробежного регулятора. Второй способ - поворотом подвижного диска при помощи вакуумного регулятора. На подвижном диске размещены контакты прерывателя. Оптимальный угол опережения зажигания может устанавливаться совместным действием двух регуляторов.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Произведите внешний осмотр стенда и убедитесь в надежном креплении крепежных винтов, отсутствии отключенных разъемов датчиков, оторванных проводов, механических повреждений.

2. Убедитесь, что в стенд установлен распределитель 17.3706 для контактной системы зажигания.

3. Подключите автомобильный многофункциональный стробоскоп Astro L1. Прибор позволяет контролировать правильность установки угла опережения зажигания, проверять работу центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания бензиновых двигателей.

4. Подготовка к измерениям. Освободите высоковольтный провод, к которому будет подключен емкостной датчик-прищепка, от пластикового держателя и отведите провод в сторону на максимальное расстояние от остальных высоковольтных проводов для избегания наводок при измерениях.

Не допускайте расположения металлических предметов и других высоковольтных проводов рядом с емкостным датчиком ближе 10 см.

Закрепите емкостной синхронизатор на высоковольтном проводе свечи первого цилиндра в непосредственной близости от неё.

5. Подключите стенд к внешней сети 220 В, 50 Гц с помощью сетевого шнура.

6. Включите клавишу «Сеть». По свечению клавиши убедитесь, что питание подано. Поверните выключатель замка зажигания, «Зажигание включено». Должна включиться контрольная лампа. Для проверки работоспособности органов управления стендом переведите регулятор числа оборотов из крайнего левого в крайнее правое положение, обороты имитатора коленчатого вала должны увеличиться с (500 ± 10) об/мин. до 3000 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступить к выполнению измерений.

7. Снимите зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов двигателя.

Результаты измерений занесите в табл. 1.

При снятии характеристик центробежного регулятора не увеличивайте без крайней необходимости число оборотов привода более 5000 об/мин. Возможно повреждение центробежного регулятора распределителя зажигания (обрыв крепления грузов и пружин).

8. Снимите зависимость угла опережения зажигания от разряжения.

Для создания разряжения используйте пневмо-тестер НV9. 1.

Пневмо-тестер НV9. 1 предназначен для проверки вакуумного корректора угла опережения зажигания, контроля вакуумных датчиков, регуляторов.

Результаты измерений занесите в табл. 2.

9. Отключение стенда выполнить в следующем порядке: повернуть регулятор числа оборотов против часовой стрелки, дождаться снижения оборотов, выключить тумблер замка зажигания и отключить клавишу «сеть», вынуть шнур из сети питания.

Таблица 1

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

n, об/мин. (мин^{-1})	500	1000	1500	2000	2500	3000
Угол β , град.	0	4	8	12	16	16

Таблица 2

Зависимость угла опережения зажигания от разрежения (перепада давления)

Перепад давления на мембране, атм.	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Угол β , град	0	2	5	7	10	10

Следует отметить, что атмосферное давление равно $1 \text{ кгс/см}^2 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ (Па) = 736 мм. рт. ст. или примерно 0,1 МПа. Вакуумметрическое давление это недостаток давления до атмосферного.

Катушка зажигания Б-117А имеет следующие параметры:

1. Индуктивность первичной обмотки, $L = 10 \cdot 10^{-3}$ Гн.
2. Число витков первичной обмотки, $\omega_1 = 308$.
3. Число витков вторичной обмотки, $\omega_2 = 21035$.

4. Емкость конденсатора, необходимая для поглощения ЭДС самоиндукции первичной обмотки катушки зажигания, $C_1 = 0,2 \cdot 10^{-6}$ Ф.

5. Емкость вторичной цепи (провода высокого напряжения и вторичной обмотки), $C_2 = 50 \cdot 10^{-12}$ Ф. Ввиду малого значения C_2 в расчетах U_2 данной величиной можно пренебречь.

Индуктивность в 1 Гн – индуктивность устройства (катушки) в котором ток в 1 А возбуждает потокосцепление в 1 Вебер. Вебер – магнитный поток, при убывании которого до 0 за 1 с в контуре сцепленным с этим потоком возникает ЭДС, которая равна 1 В. (1 Гн = В · с / А).

Вторичное напряжение U_2 , с достаточной для практики точностью, определим по формуле:

$$U_2 = I_P \sqrt{\frac{L}{C_1 \cdot (\omega_1 / \omega_2)^2 + C_2}}, \quad (1)$$

где I_P – ток разрыва в первичной цепи, А; L – индуктивность первичной обмотки катушки зажигания, Гн; C_1 – ёмкость конденсатора, установленного параллельно контактам прерывателя, Ф; ω_1 – число витков первичной обмотки; ω_2 – число витков вторичной обмотки; C_2 – ёмкость вторичной цепи.

При данных катушки зажигания Б-117А приведенных выше и токе разрыва 4 А величина U_2 будет примерно равна 20 000 В.

При помощи амперметра стенда определить ток разрыва на различных частотах вращения вала распределителя (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 об/мин), а по нему определить вторичное напряжение U_2 по формуле 1. Результаты расчета внести в таблицу 3.

Изменение U_2 в зависимости от n и I_P .

Таблица 3

n , об/мин	500	1000	1500	2000	2500	3000
I_P , А	4	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0
U_2						

В расчетном определении U_2 значение $(\omega_1 / \omega_2)^2 = (308/21035)^2 = 21 \cdot 10^{-4}$, а выражение $C_1 \cdot (\omega_1 / \omega_2)^2 = 0,2 \cdot 10^{-6} \times 21 \cdot 10^{-4} = 4,2 \cdot 10^{-10}$.

ВЫВОД:

Определил зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов центробежного регулятора, и разрежения вакуумного регулятора. Выполнил расчет вторичного напряжения в зависимости от тока разрыва и данных катушки зажигания. С увеличением частоты вращения вала распределителя вторичное напряжение уменьшается, так как снижается величина тока разрыва.

Содержание отчета по лабораторной работе

1.Номер, название, цель лабораторной работы.

2. Краткое описание принципа работы контактной системы зажигания.
3. Схема принципиальная электрическая контактной системы зажигания.
4. Таблицы 1, 2 и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и разрядания в вакуумном регуляторе.
5. Таблица 3 и график зависимости U_2 от n .
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы контактной системы зажигания?
2. Каково назначение контактной системы зажигания?
3. Каково назначение резистора 4 (см. рис.1) в контактной системе зажигания?
4. Какими параметрами характеризуется системы зажигания?
5. Поясните, как возникает высокое напряжение во вторичной цепи?
6. Каков принцип работы вакуумного (регулятора) корректора?
7. Поясните принцип работы октан-корректора?
8. Поясните принцип работы центробежного регулятора для изменения угла опережения зажигания?
9. Каково назначение конденсатора (см. рис. 1)?
10. В чем недостатки и преимущества контактной системы зажигания?
11. Почему вторичное высокое напряжение снижается при увеличении частоты вращения (оборотов) кулачкового вала прерывателя-распределителя?
12. Что называют индуктивностью катушки зажигания?

Лабораторная работа № 3

БЕСКОНТАКТНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ НА ОСНОВЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Цель работы: определить зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов коленчатого вала и нагрузки (разрядки под дроссельной заслонкой) на двигатель внутреннего сгорания

Принцип действия бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком

Принцип действия магнитоэлектрического (индуктивного) датчика генераторного типа основан на явлении электромагнитной индукции, открытом М.Фарадеем в 1831 г. Сущность явления в том, что при всяком относительном перемещении проводника и магнитного поля, при котором происходит пересечение магнитных линий проводника, в проводнике индуцируется электродвижущая сила.

В магнитоэлектрических датчиках генераторного типа относительное перемещение проводника и магнитного поля обеспечивается вращением постоянного магнита ротора 1 (рис. 1, а) относительно обмотки 2, размещенной на неподвижном статоре 3. При этом в обмотке статора 2 индуцируется переменная ЭДС, частота которой пропорциональна частоте вращения ротора:

$$U_{\text{ВЫХ}} = K \cdot w \cdot n(d\Phi/da),$$

где K – коэффициент, зависящий от характеристик магнитной цепи; w – число витков обмотки статора; n – частота вращения ротора; $d\Phi/da$ – скорость изменения магнитного потока Φ в зависимости от угла a поворота ротора.

В обмотке датчика создается знакопеременный магнитный поток симметричной формы Φ (рис.1, б).

В реальных датчиках выходной сигнал $U_{\text{ВЫХ}}$ имеет не синусоидальную форму. При этом моменту искрообразования соответствует начало положи-

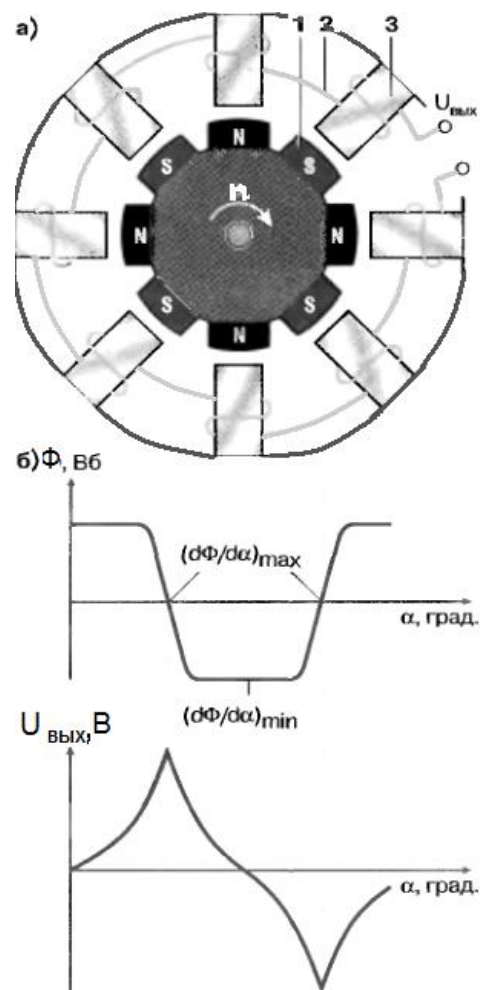


Рис. 1. Принцип действия магнитоэлектрического датчика генераторного типа: а – схема датчика; б – зависимости магнитного потока Φ и напряжения обмотки $U_{\text{ВЫХ}}$ от угла поворота a ; 1 – ротор с постоянным магнитом; 2 – обмотка статора. 3 – статор.

тельной полуволны. Амплитуда сигнала датчика пропорциональна частоте вращения ротора, поэтому при низких частотах вращения ротора происходит смещение момента начала искрообразования, что требует схемной компенсации этого явления в реальных конструкциях бесконтактных систем зажигания.

Достоинство этой системы зажигания по сравнению с контактной – в отсутствии контакта, функции которого заменяет транзисторный ключ. Это повышает надежность системы зажигания и исключает периодическое обслуживание контакта – очистку от нагара.

Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком показана на рис. 2.

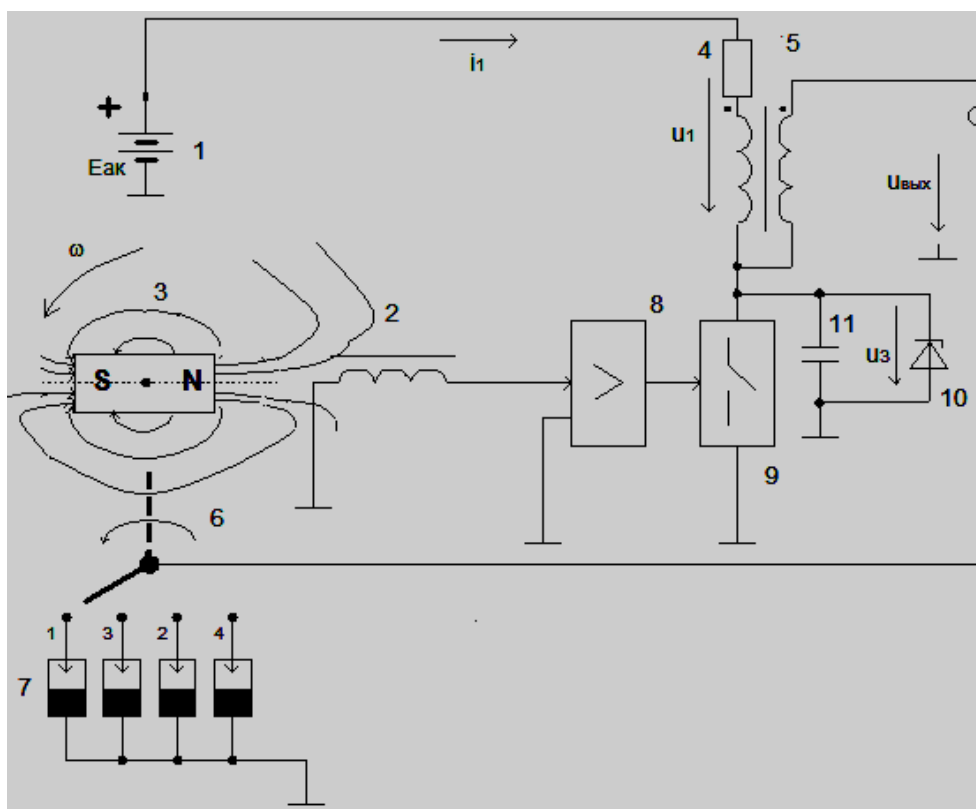


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком:

1 – источник питания (аккумулятор); 2 – магнитоэлектрический датчик; 3 – вращающийся постоянный магнит; 4 – суммарное активное сопротивление контура первичной обмотки (внутреннее сопротивление аккумулятора, первичной обмотки, электронного ключа и подводных проводов); 5 – катушка зажигания; 6 – вращающийся вал распределителя; 7 – свечи зажигания; 8 – усилитель-формирователь сигнала с датчика; 9 – транзисторный ключ; 10 – защитный стабилитрон; 11 – конденсатор, задающий величину и форму импульса с выхода катушки зажигания.

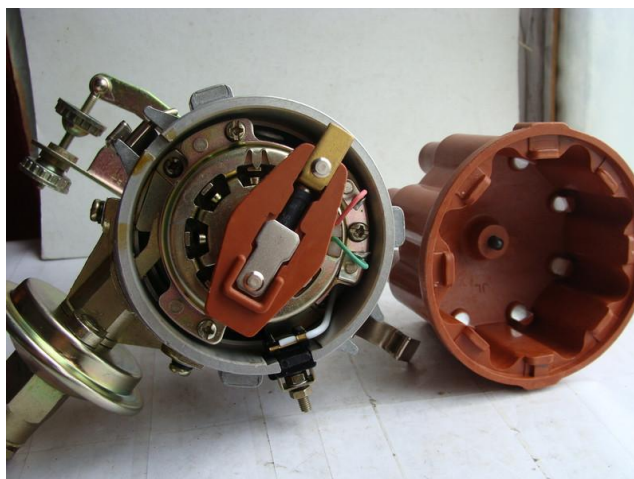


Рис. 3. Общий вид прерывателя-распределителя бесконтактного типа с магнитоэлектрическим датчиком при снятой крышке

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с конструкцией лабораторного стенда
2. Произведите внешний осмотр стенда и убедитесь в надежном креплении крепежных винтов, отсутствии отключенных разъемов датчиков, оторванных проводов, механических повреждений.
3. Убедитесь, что в стенд установлен распределитель бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим (индуктивным) датчиком (1908.3706).
4. Подключите автомобильный стробоскоп Astro L1.
5. Подготовка к измерениям.
6. Подключите стенд к внешней сети 220 В, 50 Гц с помощью сетевого шнура.
7. Включите клавишу «Сеть». По свечению клавиши убедитесь, что питание подано. Поверните выключатель замка зажигания, «Зажигание включено». Должна включиться контрольная лампа. Для проверки работоспособности органов управления стендом переведите регулятор числа оборотов из крайнего левого в крайнее правое положение, обороты имитатора коленчатого вала должны увеличиться с (500 ± 10) об/мин. до 3000 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступите к выполнению измерений.
8. Снимите зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов двигателя.
Результаты измерений занесите в табл. 1.
9. Снимите зависимость угла опережения зажигания от разрежения в вакуумном регуляторе.
Результаты измерений занесите в табл. 2.

Таблица 1

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

п, об/мин. (мин^{-1})	500	1000	1500	2000	2500	3000
Угол β , град.	0	4	8	12	17	17

Зависимость угла опережения зажигания от разрежения (перепада давления)

Перепад давления на мембране, атм.	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Угол β , град	0	2	5	7	9	9

Следует отметить, что атмосферное давление равно $1 \text{ кгс/см}^2 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)} = 736 \text{ мм. рт. ст.}$ или примерно 0,1 МПа. Вакуумметрическое давление это недостаток давления до атмосферного. Например, вакуумметрическое давление 0,1 атм. равно разрежению в 73,6 мм. рт ст.

Первоначально устанавливают угол опережения зажигания по метки ВМТ и метке РЗ раннее зажигание (10 –15 градусов до ВМТ). В процессе работы двигателя данный угол опережения зажигания увеличивается с ростом числа оборотов и корректируется вакуумным регулятором на режиме холостого хода и при изменении нагрузки.

ВЫВОД:

Я изучил принцип действия прерывателя-распределителя бесконтактного типа с магнитоэлектрическим датчиком, определил зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов коленчатого вала и нагрузки на двигатель внутреннего сгорания.

Содержание отчета по лабораторной работе

- 1.Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Опишите принцип работы бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком.
3. Схема принципиальная электрическая бесконтактной системы зажигания.
4. Таблицы 1, 2 и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и разрежения в вакуумном регуляторе.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком?
2. Каково назначение бесконтактной системы зажигания?
3. Каково назначение постоянного магнита 3 и магнитоэлектрического датчика 2 (см. рис.2) в системе зажигания?
4. Какими параметрами характеризуется системы зажигания?
5. Поясните, как возникает высокое напряжение во вторичной цепи?
6. Что представляет собой транзисторный ключ (для подачи и отключения тока в первичную обмотку катушки зажигания) и как он работает?
7. Каково назначение конденсатора 11 и стабилитрона 10 (см. рис. 2)?
8. В чем недостатки и преимущества бесконтактной системы зажигания?

Лабораторная работа № 4

БЕСКОНТАКТНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА

Цель работы: определить зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов коленчатого вала и нагрузки (разрежения под дроссельной заслонкой) на двигатель внутреннего сгорания

Общие сведения

В этой системе зажигания отсутствует механический прерыватель в распределителе зажигания. Прерывание тока через катушку зажигания делает электронный ключ, который управляется датчиком Холла. Холл Эдвин американский физик (1855 – 1938 г.).

Достоинство этого датчика по сравнению с магнитоэлектрическими датчиками состоит в том, что величина его выходного сигнала не зависит от частоты вращения коленчатого вала автомобиля.

Конструктивно датчик Холла (ДХ) представляет собой полупроводниковую пластину (германий, кремний) толщиной меньше одного миллиметра, на боковые грани которой нанесены металлические электроды, к которым припаяны выводы. Выводы и пластина покрываются эпоксидным клеем с целью получения необходимой механической прочности.

Эффект Холла может возникнуть в полупроводниковой пластине, внесенной в магнитное поле при пропускании через неё электрического тока.

Если полупроводник толщиной в 1 мм поместить в магнитное поле, а направление индукции магнитного поля направить перпендикулярно плоскости пластины и пропускать ток через пластину, то между противоположными гранями пластины возникнет ЭДС Холла. ЭДС самоиндукции датчика Холла очень мала, поэтому для ее увеличения применяют усилитель.

При достижении выходного напряжения определенной максимальной величины транзистор открывается (подобно замкнутому состоянию контактов). Через некоторое время, когда выходное напряжение достигнет минимального значения, транзистор закрывается (подобно размыканию контактов прерывателя). Транзистор выступает в роли контактов прерывателя-распределителя и работает в режиме «открыт» или «закрит». Если транзистор открыт, то ток из аккумуляторной батареи величиной 4 - 6 А протекает по первичной обмотке катушки зажигания, создавая магнитное поле. При закрытии транзистора (подобно размыканию контактов) ток и вместе с ним магнитный поток исчезают, пересекая витки первичной и вторичной обмоток катушки зажигания. Во вторичной обмотке наводится ЭДС порядка 20 000 – 30 000 В, а в первичной обмотке ЭДС самоиндукции порядка 200 – 300 В.

Принцип работы ДХ состоит в следующем (рис. 1). Через пластину в направлении от "а" к "б" проходит постоянный малый по величине ток I_x от источника питания через регулируемый резистор Z , с помощью которого устанавливается определенная величина тока I_x .

Если пластина пронизывается магнитным потоком, проходящим перпендикулярно плоскости пластины, между пластинами "с" и "d" возникает ЭДС Холла за счет действия силы Лоренца. Сила Лоренца определяется как: величина заряда q , движущегося в магнитном поле, умноженная на векторное произведение индукции магнитного поля \mathbf{B} на скорость движения заряда \mathbf{V} . Вектор \mathbf{F}_L направлен перпендикулярно плоскости, в которой находятся векторы \mathbf{B} и \mathbf{V} :

$$\mathbf{F}_L = q \cdot [\mathbf{B} \cdot \mathbf{V}].$$

Под действием этой силы электроны, проходящие в продольном направлении от «а» к «б», отклоняются под действием магнитного поля в поперечном направлении, создавая ЭДС Холла (e_x) между гранями пластины «с» и «d».

В реальных системах зажигания магнитное поле создается неподвижным магнитом, который отделен от датчика металлическим вращающимся стаканом (экраном) с прорезями (см. рис.1).

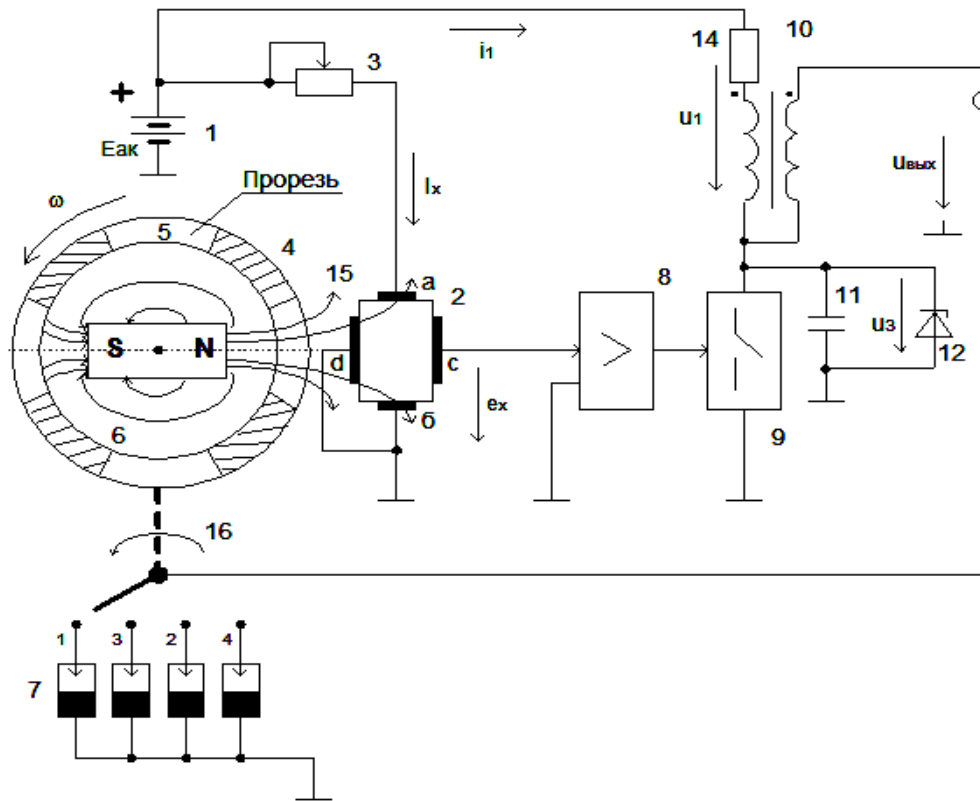


Рис. 1. Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла:

1 – источник питания (аккумулятор); 2 – датчик Холла; 3 – сопротивление установки тока датчика Холла; 4 – вращающийся экран; 5 – окно экрана; 6 – неподвижный постоянный магнит; 7 – свечи зажигания; 8 – усилитель сигнала датчика Холла; 9 – транзисторный ключ; 10 – катушка зажигания; 11 – конденсатор, задающий величину и форму импульса с выхода катушки зажигания; 12 – защитный стабилитрон; 13 – высоковольтный провод; 14 – суммарное активное сопротивление контура первичной обмотки (внутреннее сопротивление аккумулятора, первичной обмотки, электронного ключа и подводящих проводов); 15 – силовые линии постоянного магнита; 16 – распределитель зажигания.

На рис. 2. показан бесконтактный прерыватель-распределитель с датчиком Холла в разобранном виде.



Рис. 2. Бесконтактный прерыватель-распределитель с датчиком Холла

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с конструкцией лабораторного стенда
2. Произведите внешний осмотр стенда и убедитесь в надежном креплении крепежных винтов, отсутствии отключенных разъемов датчиков, оторванных проводов, механических повреждений.
3. Убедитесь, что в стенд установлен распределитель бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла (5406.3706).

4. Подключите автомобильный стробоскоп Astro L1

Подготовка к измерениям.

5. Подключите стенд к внешней сети 220 В, 50 Гц с помощью сетевого шнура.

6. Включите клавишу «Сеть». По свечению клавиши убедитесь, что питание подано.

Поверните выключатель замка зажигания, «Зажигание включено». Должна включиться контрольная лампа. Для проверки работоспособности органов управления стендом переведите регулятор числа оборотов из крайнего левого в крайнее правое положение, обороты имитатора коленчатого вала должны увеличиться с (500 ± 100) об/мин. до 3000 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступите к выполнению измерений.

7. Снимите зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов двигателя.

Результаты измерений занесите в табл. 1.

8. Снимите зависимость угла опережения зажигания от разряжения.

Результаты измерений занесите в табл. 2.

9. Диагностика неисправностей системы зажигания.

Перечень неисправностей имитируемых на стенде тренажере «Система зажигания автомобиля»:

- Пробой конденсатора контактной системы зажигания.
- Обрыв цепи индуктивного датчика бесконтактной системы зажигания.
- Обрыв цепи питания катушки зажигания (система с индуктивным датчиком).
- Замыкание в цепи сигнала датчика Холла.
- Обрыв цепи питания катушки зажигания (система с датчиком Холла).

Таблица 1

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

n, об/мин. (мин ⁻¹)	500	1000	1500	2000	2500	3000
Угол β, град.	0	4	8	12	16	16

Таблица 2

Зависимость угла опережения зажигания от разрежения (перепада давления)

Перепад давления на мембране, атм.	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Угол β, град	0	2	5	7	10	10

Следует отметить, что атмосферное давление равно $1 \text{ кгс/см}^2 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 \text{ (Па)} = 736 \text{ мм. рт. ст.}$ или примерно 0,1 МПа. Вакуумметрическое давление это недостаток давления до атмосферного. Например, вакуумметрическое давление 0,2 атм. равно разрежению в 147 мм. рт ст.

Первоначально устанавливают угол опережения зажигания по метки ВМТ и метке РЗ раннее зажигание (10 –15 градусов до ВМТ). В процессе работы двигателя данный угол опережения зажигания автоматически увеличивается с ростом числа оборотов и корректируется автоматически вакуумным регулятором на режиме холостого хода и при изменении нагрузки.

ВЫВОД:

Я изучил принцип действия бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла, определил зависимость угла опережения зажигания от числа оборотов коленчатого вала и нагрузки на двигатель внутреннего сгорания.

Содержание отчета по лабораторной работе

- 1.Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Опишите принцип работы бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла.
3. Схема принципиальная электрическая бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла.
4. Таблицы 1, 2 и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и разрежения в вакуумном регуляторе.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла?
2. Каково назначение системы зажигания?
3. Каково назначение датчика Холла 2 (см. рис. 1) в системе зажигания?
4. Какими параметрами характеризуется системы зажигания?
5. Поясните принцип работы датчика Холла?
6. Поясните, как возникает высокое напряжение во вторичной цепи?
7. Что представляет собой транзисторный ключ (для подачи и отключения тока в первичную обмотку катушки зажигания) и как он работает?
8. Каково назначение конденсатора 11 и стабилитрона 12 (см. рис. 2)?
9. В чем недостатки и преимущества бесконтактной системы зажигания?

Библиографический список

1. Руппель, А.А. Электрооборудование автомобилей [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.А. Руппель, А.Л. Иванов, В.Д. Червенчук, К.В. Зубарев. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2018.
2. Зубарев, А.А. Системы электроснабжения и зажигания автомобилей. Методические указания к лабораторным работам/ Сост. А.А. Зубарев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 54 с.
3. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: Учебник для студентов вузов. – 3-е изд. – М.: Транспорт, 2002.– 320с.
4. Электрооборудование автомобилей ВАЗ модели 2101-2109, 2121: учебное пособие / В. В. Литвиненко. - М.: За рулем, 2003. - 237 с.
5. Электрооборудование автомобилей КАМАЗ: учебное пособие / Б. А. Данов, В. Д, Рогачев. - М.: Транспорт, 2000. - 126 с