

Федеральное агенство по образованию
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)

Кафедра электроники и автотракторного электрооборудования

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания к лабораторным работам

Составитель А. А. Зубарев

Омск
Издательство СибАДИ
2009

УДК 621.113.066
БКК 39.33-04
С 40

Рецензент

канд. техн. наук, доц. А.Ф. Бакалов

Работа одобрена научно-методическим советом специальности факультета АТ в качестве методических указаний по выполнению лабораторных работ по учебным дисциплинам “Электроника и электрооборудование транспортных и технологических машин” для специальностей 190500 “Сервис транспортных и технологических машин и оборудования” и «Электрооборудование автомобилей» для специальности 190601 “Автомобили и автомобильное хозяйство”.

Системы электроснабжения и зажигания автомобилей. Методические указания к лабораторным работам/ Сост. А.А. Зубарев. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 54 с.

В методических указаниях представлен цикл лабораторных работ для изучения принципов работы агрегатов и узлов электрооборудования автомобилей и ТТМ. Подробно рассматриваются сложные для освоения студентами вопросы – принципы работы и электрические схемы генераторной установки и систем зажигания. Используемые учебные стенды, позволяют не только измерить параметры изучаемых систем в различных режимах работы, но и эмитировать неисправности, а также выполнить диагностику неисправностей данных систем.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения, а также могут быть полезны студентам других специальностей, в учебных планах которых имеются дисциплины с данной тематикой.

Ил.32. Табл. 10. Библиогр.: 4 назв.

ISDN

© Составитель А. А. Зубарев, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1	
Определение параметров генераторной установки- - - - -	4
Лабораторная работа № 2	
Диагностика неисправностей генераторной установки- - - - -	20
Лабораторная работа № 3	
Исследование контактной системы зажигания- - - - -	27
Лабораторная работа № 4	
Бесконтактная система зажигания на основе индукционного датчика -	40
Лабораторная работа № 5	
Бесконтактная система зажигания на основе датчика Холла- - - - -	46
Библиографический список - - - - -	53

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы: измерить параметры генераторной установки при изменении режимов нагрузки.

Общие сведения

В систему электроснабжения транспортно-технологической машины (автомобиля, бульдозера, трактора, экскаватора и т.п.) входят генераторная установка и аккумуляторная батарея.

Автомобильная аккумуляторная батарея (АКБ) предназначена для электроснабжения стартера при пуске двигателя внутреннего сгорания и других потребителей электроэнергии при неработающем генераторе или недостатке развиваемой им мощности. Работая параллельно с генераторной установкой, батарея устраняет перегрузки генератора и возможные перенапряжения в системе электрооборудования в случае нарушения регулировки или при выходе из строя регулятора напряжения, сглаживает пульсации напряжения генератора, а также обеспечивает питание всех потребителей в случае отказа генератора и возможность дальнейшего движения автомобиля.

Генераторная установка состоит из электрогенератора и регулятора напряжения. Они, вместе с элементами контроля работоспособности и защиты от возможных аварийных режимов, входят в систему электроснабжения автомобиля.

Генераторная установка питает постоянным током электропотребители, включенные в бортовую сеть автомобиля, и заряжает аккумуляторную батарею при работающем двигателе.

Раньше автомобильные генераторы постоянного тока имели коллектор со щетками, а теперь – полупроводниковые выпрямители, чтобы переменный ток, возникающий в обмотках генератора, превратить в постоянный. Такие генераторы называют – вентильные генераторы. Вентильный генератор – это синхронный генератор, у которого выпрямление тока и напряжения осуществляется полупроводниковым выпрямителем (собранным на диодах – «вентильях»), встроенным в генератор.

1.2. 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.

Рассмотрим принцип действия синхронного генератора электромагнитного возбуждения с использованием упрощенной схемы (рис.1).

Магнитопровод статора (якоря) 1 набран из штампованных пластин электротехнической стали (для уменьшения потерь на вихревые токи), в пазах которого находится обмотка якоря. Трехфазная обмотка состоит из трех однофазных обмоток 2, сдвинутых в пространстве на 120 град. 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 подается 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.

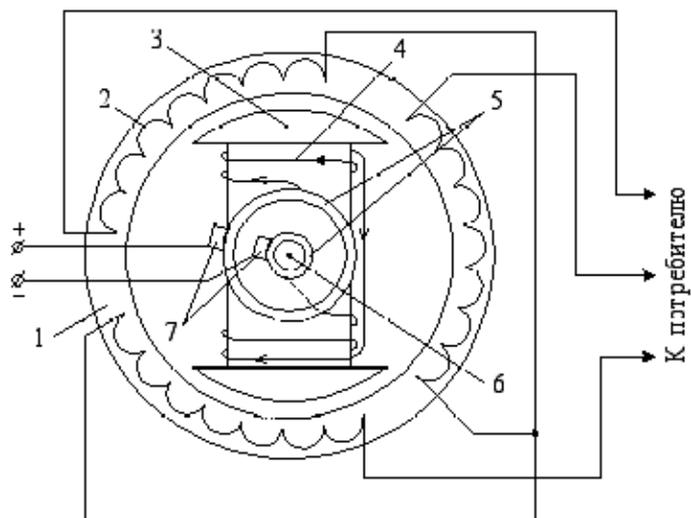


Рис. 1. Упрощенная электромагнитная схема синхронного генератора электромагнитного возбуждения.

1.3. Электрическая схема простейшей генераторной установки

Наиболее простая электрическая схема генератор приведена на рис.2.

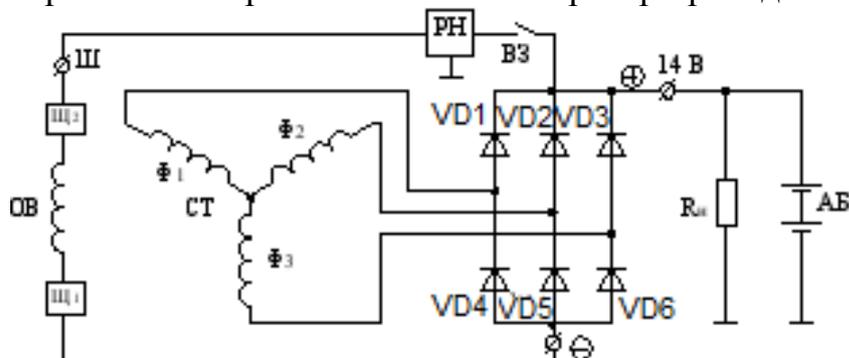


Рис.2. Электрическая схема подключения генератора на автомобиле: СТ – обмотки статора; ОВ – обмотка возбуждения; Щ₁, Щ₂ – щетки; +, - – выходы генератора; РН – регулятор напряжения; VD₁...VD₆ – выпрямительные диоды; ВЗ – выключатель в замке зажигания; R_н – сопротивление нагрузки.

Обмотки статора генератора подключены по схеме "звезда": Φ_1, Φ_2, Φ_3 – выводы фаз обмоток статора. Ток на обмотку возбуждения ОВ подается от регулятора напряжения РН через щетки Щ_1 и Щ_2 . Один вывод щеточного узла заземлен, а другой подключен к клемме Ш. Ток возбуждения подается от регулятора напряжения и создает магнитное поле ротора. При вращении ротора генератора обмотки статора пронизывает переменный магнитный поток и в них индуцируется переменное трехфазное напряжение. Выводы фаз Φ_1, Φ_2, Φ_3 обмоток статора СТ генератора подключены к диодам $\text{VD}_1 \dots \text{VD}_6$ выпрямительного узла.

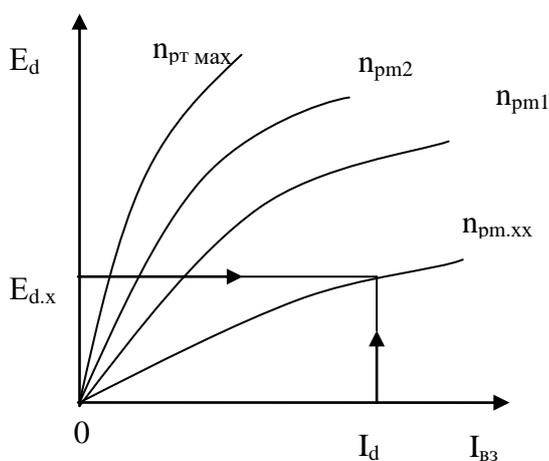
1.4. Характеристики вентильных генераторов

Особенность работы автомобильных генераторов состоит в том, что в связи с непостоянной скоростью движения автомобиля изменятся 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.3) представляют собой зависимость выпрямленного напряжения от силы тока возбуждения $E_d = f(I_{вз})$ при $n_{pm} = const$ и $I_n = 0$ ($R_{н.з} = \infty$) полученные при независимом возбуждении.

Рис.3. Семейство характеристик холостого хода вентильного генератора

Внешние характеристики вентильного генератора (рис. 4) при работе генератора в условиях независимого возбуждения (напряжение $U_{вз}$, соответствует номинальному напряжению генератора) представляют собой зависимость выпрямленного напряжения от силы тока нагрузки $U_d = f(I_d)$ при $n_{pm} = const$, $U_{вз} = U_d = const$ и сопротивлении возбуждения $R_{вз} = const$.

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 $U_d = U_{дн}$;

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 $U_{дн}$.

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.5).

ТСХ демонстрирует существенное достоинство вентильных генераторов – их самозащиту и самоограничение отдаваемого ими тока. Достигнув

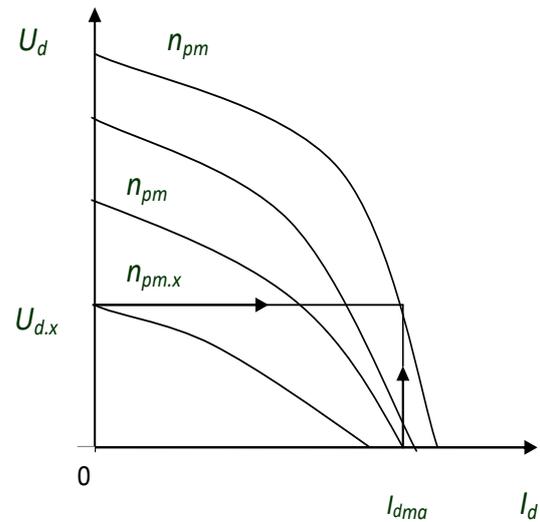


Рис. 4. Внешние характеристики

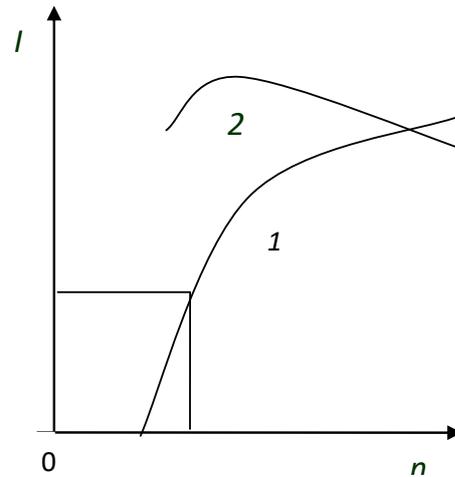


Рис. 5 Выходные характеристики генераторной установки.

1 – токоскоростная характеристика, 2 – КПД.

определенной величины, ток практически не увеличивается с ростом частоты вращения ротора.

1.5. Принцип действия трехфазного выпрямителя

Трехфазный двухтактный выпрямитель (рис.6) содержит две группы диодов – анодную группу (VD2, VD4, VD6) и катодную группу (VD1, VD3, VD5).

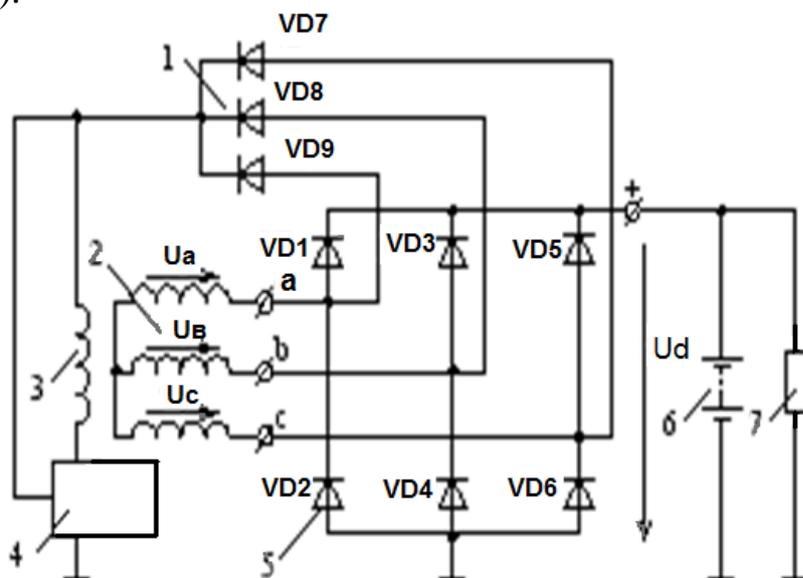


Рис.6. Принципиальная схема генераторной установки:

u_a, u_b, u_c – фазные напряжения обмоток статора; U_d – выпрямленное напряжение; 1 – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; 2 – обмотки фаз статора; 3 – обмотки возбуждения; 4 – регулятор напряжения; 5 – диоды силового выпрямителя; 6 – аккумуляторная батарея; 7 – нагрузка.

Полупроводниковые диоды при приложении к ним напряжения в прямом направлении находятся в открытом состоянии и не оказывают существенного сопротивления прохождению тока, а при обратном напряжении практически не пропускают ток

Выпрямитель, подключенный к обмотке возбуждения, на диодах VD7 – VD9, которые дублируют диоды VD1, VD3, VD5, необходим для предотвращения разрядки аккумуляторной батареи при неработающем двигателе автомобиля.

К каждому плечу силового выпрямителя (VD1 – VD2 и др.) приложены фазные напряжения обмоток статора, которые изменяются по кривым, близким к синусоиде, и сдвинуты на 120° . В любой момент времени ток в выпрямителе проводят два диода: один в катодной группе, другой – в анодной. В катодной группе открыт тот вентиль, потенциал которого выше потенциалов анодов других вентилях в группе, а в анодной группе – вентиль, потенциал катода которого ниже потенциалов катодов других вентилях группы.

Коммутация тока с одного вентиля на следующий, очередной в данной группе происходит в моменты пересечения синусоид фазных напряжений обмоток статора (рис.7). Например, на интервале $\pi/6 < \omega t < \pi/2$ наибольшее значение имеет напряжение u_a , а наименьшее – u_b . Соответственно открыты диоды VD1 и VD4, ток замыкается по контуру 2–VD1–R_d–VD4–2, к нагрузке приложено напряжение $u_{ab} = u_a - u_b$. На интервале $\pi/2 < \omega t < 5\pi/6$ открыты VD1, VD6, к нагрузке прикладывается напряжение u_{ac} и т. д. В результате к нагрузке в любой момент времени приложено линейное напряжение.

Токи через диоды анодной и катодной группы (VD1 и VD3, VD3 и VD5, VD2 и VD4, VD4 и VD6) сдвинуты относительно друг друга во времени на треть периода; токи через диоды анодной и катодной группы одной и той же фазы находятся в противофазе.

Кривая обратного напряжения на закрытом диоде состоит из «кусков» синусоид соответствующих линейных напряжений.

Мгновенное значение выпрямленного напряжения u_d изменяется и частота пульсации выпрямленного напряжения в 6 раз больше переменного напряжения. Минимальное значение выпрямленного напряжения равно $1,5U_m$, а максимальное $1,73U_m$ (U_m – амплитуда фазного напряжения). Для трехфазной мостовой схемы выпрямления среднее значение выпрямленного напряжения в 2,34 раза больше действующего фазного и в 1,35 раза больше действующего линейного напряжения.

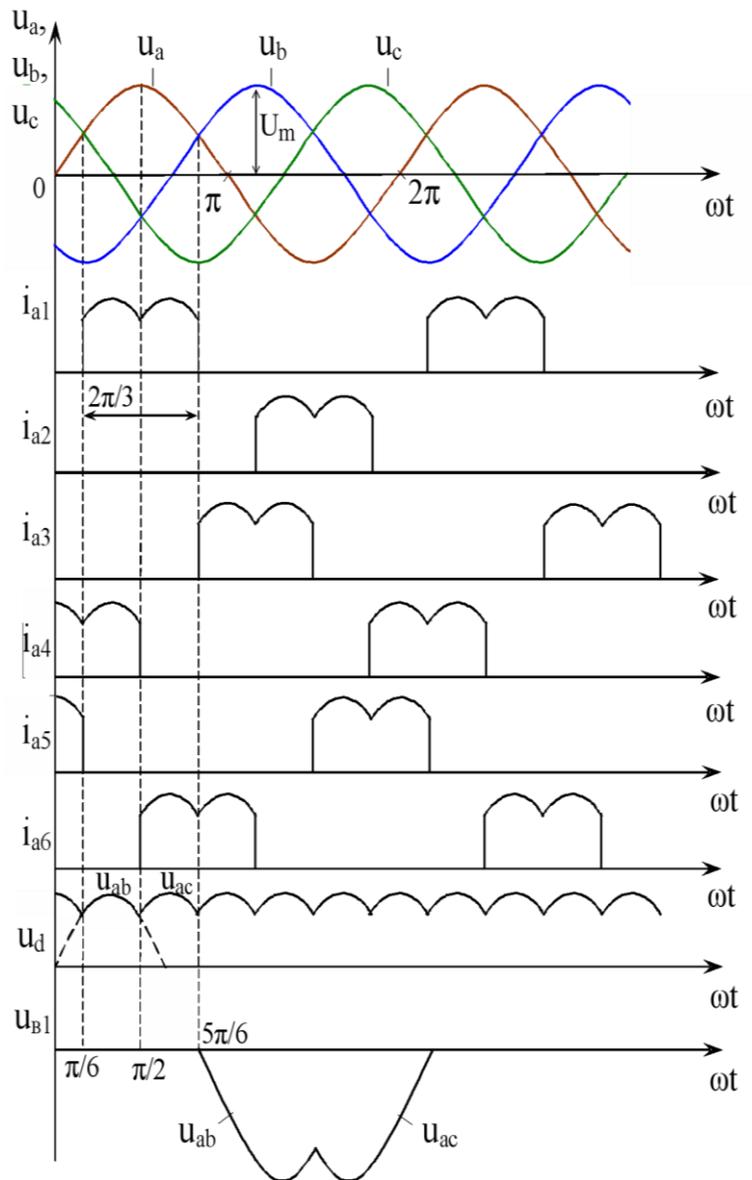


Рис.7. Временные диаграммы электромагнитных процессов в трехфазном двухтактном выпрямителе

Диоды выпрямителя обмотки возбуждения работают аналогично, питая выпрямленным током эту обмотку. В выпрямитель обмотки возбуждения входят также 6 диодов, но три из них - VD2, VD4, VD6 - общие с силовым выпрямителем. Ток в обмотке возбуждения значительно меньше, чем ток, отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов VD7 – VD9 применяются малогабаритные слаботочные диоды, рассчитанные на ток не более 2 А.

1.6. 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.

Блок-схема регулятора напряжения представлена на рис. 4.1.

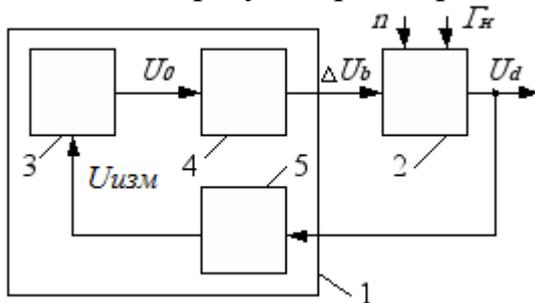


Рис. 8. Блок – схема регулятора напряжения:

- 1 – регулятор; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения;
- 4 – регулирующий элемент; 5 – измерительный элемент

Регулятор 1 содержит измерительный элемент 5, элемент сравнения 3 и регулирующий элемент 4. Измерительный элемент воспринимает напряжение генератора 2 – U_d и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе сравнения сравнивается с эталонным значением $U_{эт}$.

Если величина $U_{изм}$ отличается от эталонной величины $U_{эт}$, на выходе элемента сравнения появляется сигнал U_o , который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы напряжение генератора вернулось в заданные пределы.

Таким образом, к регулятору напряжения обязательно должно быть подведено напряжение генератора или напряжение из другого места бор-

товой сети, где необходима его стабилизация, например, от аккумуляторной батареи, а также подсоединена обмотка возбуждения генератора.

Чувствительным элементом электронных регуляторов напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонной величины играет обычно напряжение стабилизации стабилитрона. Стабилитрон не пропускает через себя ток при напряжении ниже напряжения стабилизации и пробивается, т.е. начинает пропускать через себя ток, если напряжение на нем превысит напряжение стабилизации. Напряжение же на стабилитроне остается при этом практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, которое коммутирует цепь возбуждения таким образом, что ток в обмотке возбуждения изменяется в нужную сторону.

Особенностью автомобильных регуляторов напряжения является то, что они осуществляют дискретное регулирование напряжения путем включения и выключения в цепь питания обмотки возбуждения, при этом меняется относительная продолжительность включения обмотки возбуждения.

1.7. Электронный транзисторный регулятор напряжения

Рассмотрим принцип работы регулятора напряжения на примере простейшей схемы (рис. 9.).

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.

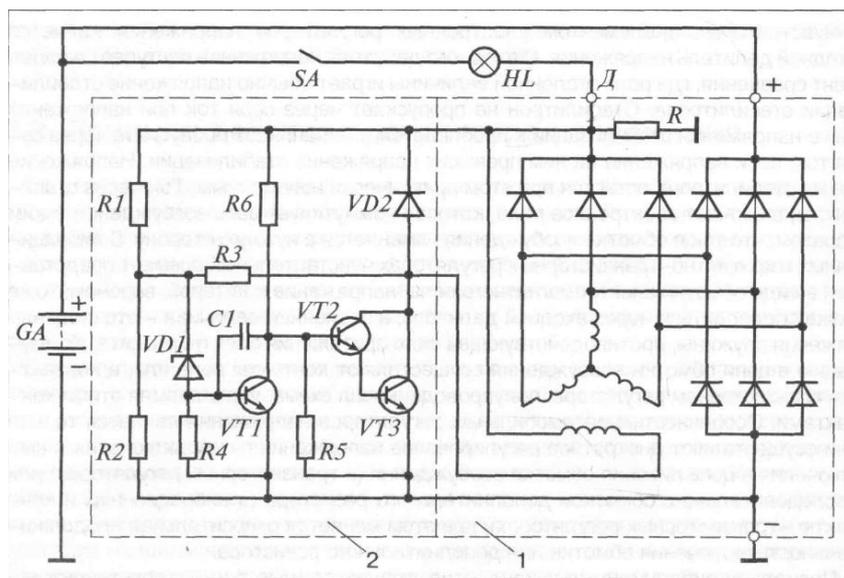


Рис. 9. Схема электронного транзисторного регулятора напряжения:
1 – генератор с встроенным выпрямителем; 2 – регулятор

При достижении напряжением этой величины стабилитрон пробивается, и по нему начинает протекать ток.

Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от выхода генератора Д через делитель напряжения, выполненный на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико, и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него, а, следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора подключается к цепи питания через переход эмиттер-коллектор VT3. Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется *схемой Дарлингтона*. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния.

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.

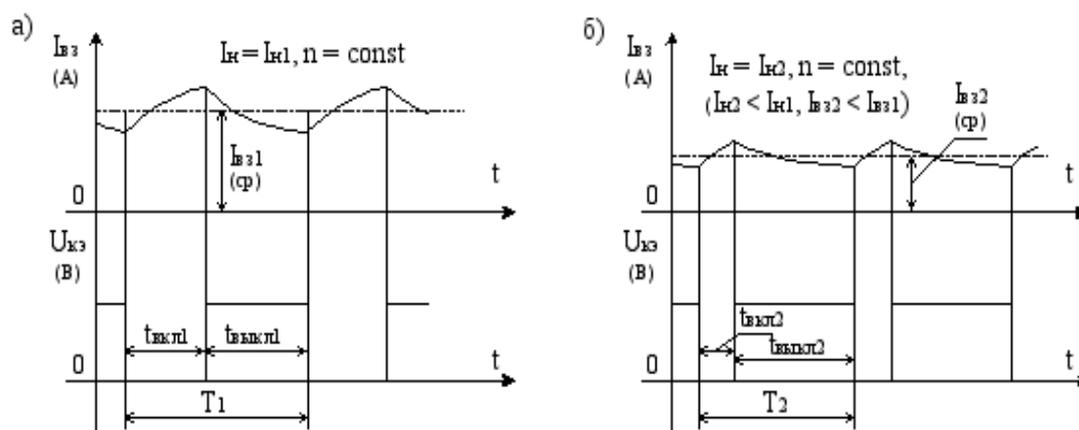


Рис. 10. Кривые изменения напряжения на коллекторе транзистора VT3 во времени для двух значений тока возбуждения: $t_{вкл}$ и $t_{выкл}$ – соответственно время включения и выключения обмотки возбуждения генератора; T_1 и T_2 – периоды вращения ротора генератора; I_{B31} и I_{B32} – среднее значение тока в обмотке возбуждения.

Таким образом, регулировка напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно изменением относительного времени подключения обмотки возбуждения к цепи питания. При этом ток в обмотке возбуждения и напряжение между коллектором и эмиттером силового транзистора VT3, коммутирующего ток обмотки возбуждения изменяется так, как показано на рис. 10. Если частота вращения генератора возрастает или нагрузка его уменьшается, время включения обмотки уменьшается и наоборот.

В схеме регулятора (см.рис. 10) диод VD2 предотвращает опасные всплески напряжения при закрытии составного транзистора VT2, VT3, возникающие из-за обрыва цепи обмотки возбуждения имеющей значительную индуктивность (возникает противо-эдс). В этом случае ток обмотки возбуждения может замыкаться через этот диод и опасных всплесков напряжения не происходит. Поэтому диод VD2 называется гасящим.

Сопротивление R3 является сопротивлением положительной обратной связи. При открытии составного транзистора VT2, VT3 напряжение на стабилитроне VD1 резко уменьшается, что ускоряет переключение схемы регулятора, уменьшает потери энергии на переключение (снижаются потери на нагрев транзистора) и повышает частоту этого переключения.

Конденсатор C1 предотвращает возникновение не нужных колебаний (паразитной генерации на высокой частоте), защищает регулятор от импульсных помех на его входе.

Роль лампы контроля HL – показывать работоспособность генераторной установки. При неработающем двигателе внутреннего сгорания замыкание контактов выключателя зажигания SA позволяет току от аккумуляторной батареи GA через эту лампу поступать в обмотку возбуждения генератора. Этим обеспечивается первоначальное возбуждение генератора. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва.

После запуска двигателя, на выводах генератора Д и «+» появляется практически одинаковое напряжение и лампа гаснет. Если генераторная установка при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генераторной установки или обрыве приводного ремня. Введение резистора R в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы HL. При наличии этого резистора лампа HL загорится, если при работающем двигателе автомобиля произойдет обрыв цепи обмотки возбуждения.

Аккумуляторная батарея для своей надежной работы требует, чтобы с понижением температуры электролита напряжение, подводимое к батарее от генераторной установки, несколько повышалось, а с повышением температуры – понижалось.

Для автоматизации процессов изменения уровня поддерживаемого напряжения в некоторых схемах регуляторов применяется датчик, помещенный в электролит аккумуляторной батареи и включенный в схему регулятора напряжения. В простейшем случае термокомпенсация в регуляторе подобрана таким образом, что в зависимости от температуры поступающего в генератор охлаждающего воздуха напряжение генераторной установки изменяется в заданных пределах.

В рассмотренной схеме регулятора напряжения, как и во всех регуляторах аналогичного типа, частота переключений в цепи обмотки возбуждения изменяется по мере изменения режима работы генератора. Нижний предел этой частоты составляет 25-50 Гц.

Кроме рассмотренной имеется и другие разновидности схем электронных регуляторов, в которых частота переключения не изменяется, а меняется только длительность (ширина) импульсов. Регуляторы такого типа оборудованы широтно-импульсным модулятором (ШИМ).

1.8. Описание лабораторного стенда

Экспериментальные исследования характеристик генераторной установки автомобиля выполняется на лабораторном стенде «Система энергоснабжения автомобиля» предназначенном для проведения теоретических, практических и лабораторных занятий. Он позволяет изучить системы энергоснабжения автомобиля, устройство и принцип работы автомобильных генераторов и реле регуляторов, а также исследовать характеристик автомобильных генераторных установок.

Стенд выполнен в климатическом исполнении УХЛ.4.2 (по ГОСТ 15150-69), для работы при температуре окружающей среды от +15 до +35°C, относительной влажности воздуха до 85 % при 25°C.

Общий вид лабораторного стенда приведен на рис.11.

На горизонтальном основании расположен испытываемый генератор 1, и вертикальный короб являющийся корпусом стенда. На передней панели корпуса расположены электросхема генератора 10, схемы подключения диодных мостов: 13 – блок дополнительных диодов, 14 – полублок положительных диодов, 15 – полублок отрицательных диодов. Основные органы управления стендом: 2 – блок ввода имитируемых неисправностей с сетевой клавишей, 11 – имитатор замка зажигания и контрольной лампы заряда АКБ. Органы управления приводом: 3 – кнопка «пуск», 4 – кнопка «стоп», 5 – регулятор частоты вращения привода генератора. Скорость вращения привода отображает 6 – индикатор частоты вращения. В качестве дополнительного универсального измерительного устройства применен 7 – мультиметр. Имитатор нагрузки 12 с шестью ступенями регулировки, представляет собой набор сопротивлений. Для контроля выходных параметров генераторной установки используются: 16 – вольтметр, 17 – ам-

перметр. Контроль нештатной работы частотного регулятора привода осуществляется индикатором 8 – индикатор аварии.

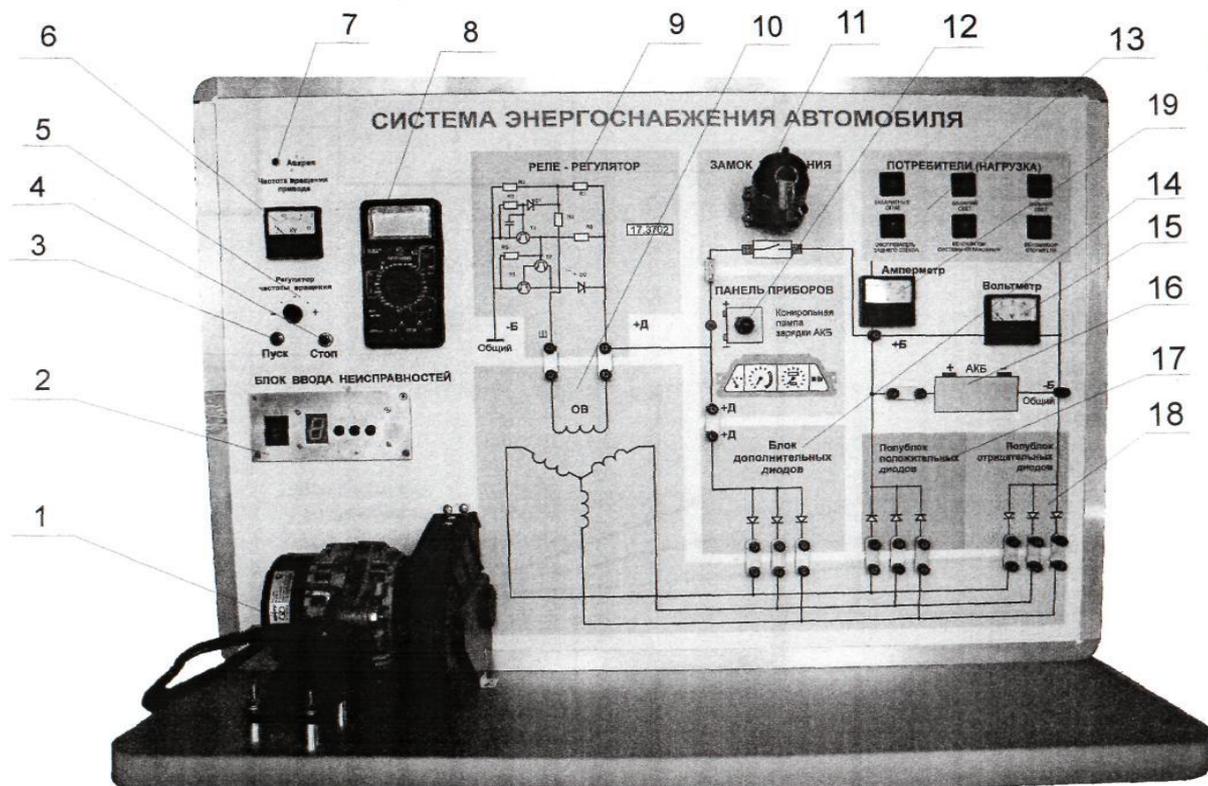


Рис .11 Система энергоснабжения автомобиля (СЭСА). Вид общий. 1 – генератор, 2 – блок ввода имитируемых неисправностей, 3 – кнопка пуск, 4 – кнопка стоп, 5 – регулятор частоты вращения привода генератора, 6 – индикатор частоты вращения привода, 7 – индикатор аварии 8 – мультиметр, 9 – блок реле регулятора, 10 – схема генератора переменного тока, 11 – замок зажигания, 12 – контрольная лампа, 13 – имитатор нагрузки, 14 – блок дополнительных диодов, 15 – вольтметр 16 – имитатор АКБ; 17 – полублок положительных диодов, 18 – полублок отрицательных диодов, 19 – амперметр.

Структурная схема, поясняющая работу стенда, приведена на рис. 12. Ротор испытываемого генератора – 1, приводится через ременную передачу, от электродвигателя 2. Управление электродвигателем привода осуществляется частотным регулятором 3. Основные органы управления регулятора 3, кнопки «пуск» и «стоп», а также регулятор частоты вращения электродвигателя – 4, выведены на переднюю панель.

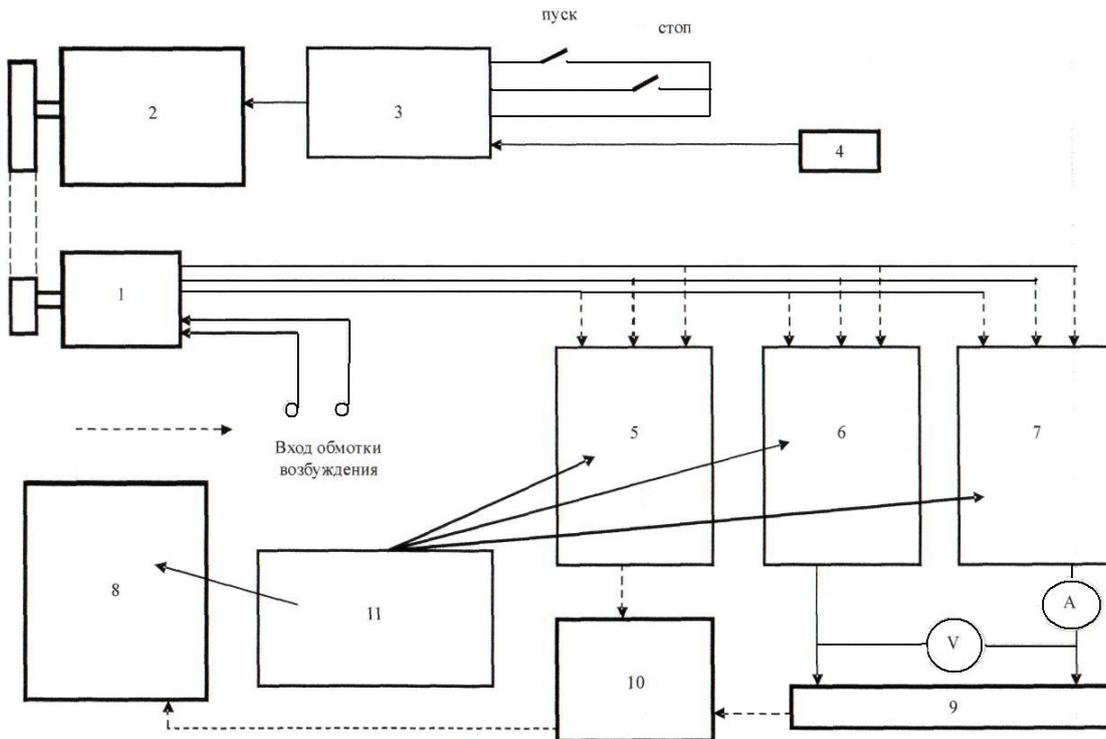


Рис. 12. Структурная схема стенда «Система энергоснабжения автомобиля (СЭСА)». 1 – генератор, 2 – электродвигатель привода, 3 – частотный регулятор частоты вращения электродвигателя, 4 – регулятор частоты вращения привода 5 – блок дополнительных диодов, 6 – полублок отрицательных диодов, 7 – полублок положительных диодов, 8 – блок реле регулятора, 9 – нагрузка, 10 – имитатор замка зажигания и контрольной лампы заряда АКБ, 11 – блок ввода имитируемых неисправностей.

В зависимости от выбранной схемы генераторной установки, обучаемые имеют возможность подключения следующих блоков: 5 – блок дополнительных диодов, 6 – полублок отрицательных диодов, 7 – полублок положительных диодов. Технологические переключки, соединяющие отдельные блоки и элементы конструкции, устанавливаемые обучаемыми, показаны на схеме пунктирными стрелками. Конструкция стенда предполагает подключение и использование двух основных типов регуляторов напряжения расположенных в блоке реле регуляторов 8. В зависимости, от выбора схемы обучаемые подключают один из типов регуляторов в цепь управления обмоткой возбуждения. Для питания реле регуляторов используется имитатор замка зажигания и контрольной лампы заряда АКБ-10. Собранная схема полностью имитирует работу генераторной установки на автомобиле при пониженной ЭДС аккумуляторной батареи. Для имитации сопротивлений на выходе генератора используется блок нагрузочных сопротивлений – 9 со ступенчатым регулированием.

Основные технические данные стенда:

Модель стенда.....безмоторный лабораторный.
 Потребляемая мощность, В*А.....не более 940.

Электропитание от сети переменного тока...220 ±20 В, частота ..50-64 Гц.
 Скорость вращения привода генератора не менее,.... 1350.
 Габаритные размеры, мм.....800x 1005x500.
 Масса нетто (не более),кг.....46.

Испытуемый генератор имеет следующие технические характеристики:
 Генератор типа 4302.771 для автомобиля ВАЗ 2110 и иных.
 Максимальный ток (в холодном состоянии)...104 А.
 Максимальный ток (в горячем состоянии).....90 А.
 Номинальное напряжение14 В.
 Ресурс.....300 тыс. час.
 Масса (без штатива) 4,9 кг.

Основные детали его представлены на рис. 13.

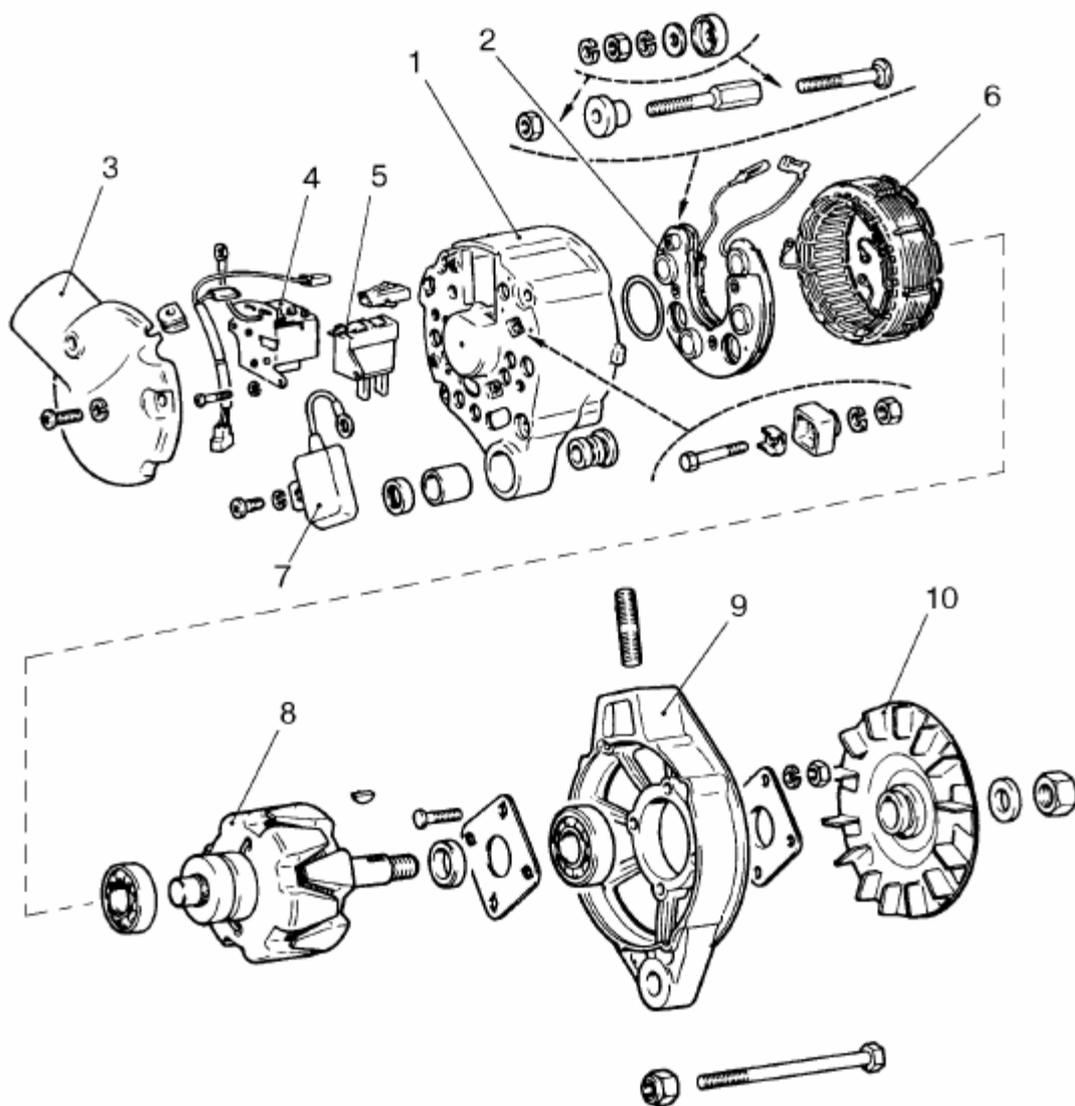


Рис. 13. Основные детали генератора. 1 – задняя крышка; 2 – блок выпрямительный; 3 – воздухозаборник; 4 – регулятор напряжения (РН); 5 – щеткодержатель; 6 – статор; 7 – конденсатор; 8 – ротор; 9 – передняя крышка; 10 – шкив генератора.

1.9. 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 – 500 об/мин. при помощи «регулятора частоты вращения».

2. Зарегистрировать постоянные и переменные составляющие тока и напряжения при изменении нагрузки. Нагрузку изменять, нажимая на кнопки «Потребители (нагрузка)» заполнить таблицу 1. Температуру генератора $T^{\circ}\text{C}$ и переменную составляющую напряжения U измерять с помощью мультиметра (см. рис. 11) 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 3

Результаты измерения параметров генераторной установки.

Вид нагрузки	n, об/мин. = 500			
	T, $^{\circ}\text{C}$	U _~ , В	U, В	I, А
Без нагрузки				
Габаритные огни				
Ближний свет				
Дальний свет				
Обогрев заднего стекла				
Вентилятор системы охлаждения				
Вентилятор отопления				
Ближний свет и дальний свет				
Несколько нагрузок (указать какие).....				
.....				

3. Повторить измерения для числа оборотов двигателя 1500 и 3000 об/мин.

4. Построить семейство вольтамперных характеристик – зависимостей напряжений от тока при различных оборотах двигателя.

5. Построить характеристику зависимости температуры от тока.

Примечание: При измерениях температуры, её значения регистрировать через 20-30 секунд после переключения нагрузки.

1.10. 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.

5. Оформление отчета должно осуществляться с учетом требований Госта по оформлению электрических схем, эскизов, чертежей, описаний.

1.11. 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. 9)?

10. Каково назначение диода VD2 (см. рис. 9)?

11. Каково назначение конденсатора C1 (см. рис. 9)?

12. Каково назначение резистора R3 (см. рис. 9)?

13. Зачем для обмотки возбуждения устанавливают дополнительные диоды?

Лабораторная работа № 2

ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы: определить неисправности по изменению параметров генераторной установки.

2.1. Общие сведения

Диагностика – это процесс определения причин неисправности по её признакам. В современных автомашинах диагностику выполняет бортовой компьютер (электронный блок управления – ЭБУ). Он сообщает о результатах диагностики водителю и записывает в свою память коды неисправностей.

Коды неисправностей, хранящиеся в памяти ЭБУ, можно считывать с помощью сканера, например, CARMAN SCAN VG (рис. 14,а); ручного диагностического прибора, например, DST2 (рис. 14,б), подключаемых к колодке диагностики, или по количеству включений лампы "CHECK ENGINE".



Рис. 14. Прибора для диагностики электронных систем автомобиля.

Сканер сам «подсказывает и показывает» на экране дисплея неисправности, их причины и способы устранения.

Ручной диагностический прибор показывает коды неисправностей. Например, для автомобилей ВАЗ-2115, ВАЗ-2114 коды неисправностей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Диагностические коды электронного блока управления "Январь - 4".

- | | |
|----|---|
| 12 | Исправность диагностической цепи контрольной лампы |
| 14 | Температура охлаждающей жидкости (недостаточное напряжение сигнала) |
| 15 | Температура охлаждающей жидкости (завышенное напряжение сигнала) |

- 16 Завышенное напряжение питания системы
- 17 Пониженное напряжение питания системы
- 19 Отсутствует или неверный сигнал датчика положения коленвала
- 21 Положение дроссельной заслонки (завышенное напряжение сигнала)
- 22 Положение дроссельной заслонки (заниженное напряжение сигнала)
- 24 Отсутствует сигнал скорости автомобиля
- 27 Неверный сигнал СО-потенциометра (завышенное напряжение сигнала)
- 28 Неверный сигнал СО-потенциометра (заниженное напряжение сигнала)
- 33 Неверный сигнал датчика массового расхода воздуха (высокая частота на выходе датчика)
- 34 Неверный сигнал датчика массового расхода воздуха (низкая частота на выходе датчика)
- 35 Ошибка частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода
- 43 Неисправность цепи датчика детонации
- 51 Ошибка запоминающего устройства (ЗУ) калибровок
- 52 Ошибка электронного блока управления

Считывание кодов неисправностей с помощью лампы "CHECK ENGINE" выполняется следующим образом:

Перевести электронную систему автомобиля в режим диагностического отображения. Для чего необходимо переключить в колодке диагностики выводы "А" и "В", рис 15, между собой, включить зажигание (двигатель не запускать), при этом лампа "CHECK ENGINE" (на консоли панели приборов) должна выдать код 12 (рис.16) три раза подряд.

Последовательность следующая: одно включение лампы, пауза, два включения подряд, длинная пауза и т.д. два последующих цикла. Код 12 укажет, что диагностическая система электронного блока управления работоспособна. Если код 12 отсутствует, то в самой диагностической системе имеется неисправность, которую необходимо устранить по разделу 4 "ДИАГНОСТИКА" технического описания автомобиля.



Рис 15. Колодка диагностики.

А – вывод заземления, В – вывод диагностического тестирования, G – вывод для диагностики электробензонасоса; М – вывод канала последовательных данных.

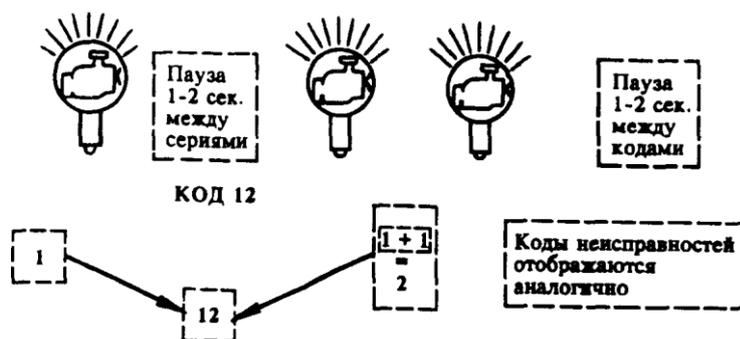


Рис. 16. Сигнализация кода 12 контрольной лампой "CHECK ENGINE".

Однако в большинстве случаев и на большинстве автомобилей диагностику электрооборудования проводят с помощью мультиметра, амперметра и вольтметра, например, как на учебном стенде (см. рис.11), и контрольной лампочки. При этом причины неисправностей и методы их устранения можно посмотреть в документации на автомобиль. Но для успешного выполнения этой работы нужна достаточно высокая квалификация в области электроники и знание электрооборудования.

Для автомобилей ВАЗ-2115, ВАЗ-2114 возможные неисправности электрооборудования, их причины и методы устранения приведены в табл.3.

Таблица 3

Причина неисправности	Метод устранения
Контрольная лампа не загорается при включении зажигания. Контрольные приборы не работают	
1. Перегорел предохранитель F16 в монтажном блоке	1. Замените предохранитель
2. Обрыв в цепи питания комбинации приборов	2. Проверьте провод "0" и его соединения от монтажного блока до комбинации приборов
3. Обрыв в цепях от выключателя зажигания до монтажного блока	3. Проверьте "К" и "Г" провода и их соединения от монтажного блока до выключателя зажигания
4. Не срабатывает выключатель зажигания	4. Проверьте, замените неисправную контактную часть выключателя зажигания
Контрольная лампа не загорается при включении зажигания и не горит при работе двигателя. Контрольные приборы работают. Аккумуляторная батарея разряжена	
1. Перегорела контрольная лампа	1. Замените контрольную лампу
2. Обрыв в цепи питания контрольной лампы	2. Проверьте "КБ" провода и их соединения от генератора до комбинации приборов и надежность контакта между выводами патрона лампы и платой комбинации приборов
3. Износ или зависание щеток, окисление контактных колец	3. Замените щеткодержатель со щетками, протрите кольца салфеткой, смоченной в бензине

- | | |
|---|---|
| 4. Поврежден регулятор напряжения (обрыв между выводом "DF" и "массой") | 4. Замените регулятор напряжения |
| 5. Отсоединился провод от вывода "D+" щеткодержателя | 5. Присоедините провод |
| 6. Короткое замыкание в положительных вентиллях | 6. Замените выпрямительный блок |
| 7. Отпайка выводов обмотки возбуждения от контактных колец | 7. Припаяйте выводы или замените ротор генератора |

Контрольная лампа ярко горит или светится в полнакала при работе двигателя. Аккумуляторная батарея разряжена

- | | |
|--|---|
| 1. Проскальзывание ремня привода генератора | 1. Отрегулируйте натяжение ремня |
| 2. Поврежден регулятор напряжения | 2. Замените регулятор напряжения |
| 3. Повреждены вентили выпрямительного блока | 3. Замените выпрямительный блок |
| 4. Повреждены диоды питания обмотки возбуждения | 4. Замените диоды или выпрямительный блок |
| 5. Отпайка выводов обмотки возбуждения от контактных колец | 5. Припаяйте выводы или замените ротор генератора |
| 6. Обрыв или короткое замыкание в обмотке статора, замыкание ее на "массу" | 6. Замените статор генератора |

Контрольная лампа светится при работе двигателя. Аккумуляторная батарея перезаряжается

Поврежден регулятор напряжения (короткое замыкание между выводом "DF" и "массой")

Замените регулятор напряжения

Повышенная шумность генератора

- | | |
|--|--|
| 1. Повреждены подшипники генератора | 1. Замените задний подшипник или переднюю крышку с подшипником |
| 2. Межвитковое замыкание или замыкание на массу обмотки статора (вой генератора) | 2. Замените статор |
| 3. Короткое замыкание в одной из ветвей генератора | 3. Замените выпрямительный блок |

2.2. Описание лабораторного стенда

Экспериментальные исследования характеристик генераторной установки автомобиля при наличии неисправностей выполняется на лабораторном стенде «Система энергоснабжения автомобиля» (см. п.1.8 лабораторной работы №1).

На лицевой панели стенда тренажера находится блок ввода неисправности (позволяющий моделировать 9 характерных неисправностей).

При работе стенда в режиме тренажера активируется блок ввода неисправностей – 2 (см. рис. 11), который осуществляет имитацию обрывов и замыканий различных элементов схемы.

Общий вид блока ввода неисправностей (рис. 17) с выключателем питания стенда (Сеть).



Рис. 17. Органы управления блока ввода неисправностей.

1 – клавиша включения стенда «Сеть»; 2 – индикатор состояния ввода ошибки;

3 – сброс введенной ошибки; 4 – переключение (ввод) ошибок;

5 – выбор вводимой ошибки

Описание неисправностей, вводимых в стенде-тренажере «Система энергоснабжения автомобиля»:

Внимание! Неисправности можно вводить только после сброса предыдущей задачи.

1. Обрыв обмотки возбуждения.
2. Пробой одного из диодов отрицательного полублока.
3. Обрыв в цепи отрицательного полублока диодного моста.
4. Обрыв в цепи дополнительных диодов.
5. Пробой одного из диодов положительного полублока.
6. Обрыв в цепи положительного полублока диодного моста.
7. Пробой одного из дополнительных диодов.
8. Не исправен один из дополнительных диодов (обрыв).
9. Не исправна контрольная лампа.

Возможно не соответствие номера введенной неисправности номеру в списке. Характер введенной неисправности установить экспериментально.

Номер неисправности вводится многократным нажатием на кнопку 4 (см. рис.17). При этом изменяются цифры на индикаторе 2. После появления нужной цифры – нажать кнопку 5.

Введенные неисправности локализируются контролем технического состояния элементов цепи питания соответствующих потребителей.

2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Включить сетевой шнур стенда в розетку (или удлинитель) сети 220 В. Повернуть ключ в «замке зажигания» по часовой стрелке.
2. Установить или изменить на индикаторе 2 (рис.17) номер выбранной неисправности. Перед установкой номера нажать на кнопку 4 – сброс. Неисправность ввести, нажав на кнопку 5 – ввод.
3. Нажать на кнопку «Пуск» на передней панели стенда и выставить обороты двигателя – 500 об/мин. при помощи «регулятора частоты вращения».
4. Зарегистрировать постоянные и переменные составляющие тока и напряжения при изменении нагрузки. Нагрузку изменять, нажимая на кнопки «Потребители (нагрузка)» заполнить таблицу 4. Температуру генератора $T^{\circ}C$ и переменную составляющую напряжения U измерять с помощью мультимера (см. рис. 11) 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 4

Неисправность № _____

Вид нагрузки	n, об/мин. = 500			
	T, $^{\circ}C$	U-, В	U, В	I, А
Без нагрузки				
Габаритные огни				
Несколько нагрузок (указать какие).....				
.....				

5. Повторить измерения для числа оборотов двигателя 1500 и 3000 об/мин.
6. Построить семейство вольт-амперных характеристик – зависимостей напряжений от тока при различных оборотах двигателя.
7. Построить характеристику зависимости температуры от тока.
Примечание: При измерениях температуры, её значения регистрировать через 20-30 секунд после переключения нагрузки.
8. Сравнить полученные результаты с результатами, полученными при выполнении лабораторной работы №1.
9. Сравнить результаты измерений при различных неисправностях.
10. Сделать выводы.

2.4. Содержание отчета по лабораторной работе

1. Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Краткое описание методов диагностики и устранения неисправностей.
3. Перечень неисправностей, вводимых в стенде-тренажере «Система энергоснабжения автомобиля»

4. Описание опыта, результаты испытаний: таблицы, графики, выводы.
5. Оформление отчета должно осуществляться с учетом требований Госта по оформлению электрических схем, эскизов, чертежей, описаний.

2.5. Контрольные вопросы

1. Перечислите известные вам неисправности генераторной установки.
2. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на выходе 3-х фазного выпрямителя (рис. 6) при пробое одного из диодов отрицательного полублока.
3. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на выходе 3-х фазного выпрямителя (рис. 6) при обрыве в цепи отрицательного полублока диодного моста.
4. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на выходе 3-х фазного выпрямителя (рис. 6) при обрыве в цепи дополнительных диодов.
5. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на выходе 3-х фазного выпрямителя (рис. 6) при пробое одного из диодов положительного полублока.
6. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на выходе 3-х фазного выпрямителя (рис. 6) при обрыве в цепи положительного полублока диодного моста.
7. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на обмотке возбуждения (рис. 6) при пробое одного из дополнительных диодов.
8. Нарисуйте временную диаграмму напряжения на обмотке возбуждения (рис. 6) если неисправен один из дополнительных диодов (обрыв).
9. Что такое диагностический код?
10. Как определить код неисправности при помощи лампочки "CHECK ENGINE" и проводящей ток перемычки?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

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

Общие сведения

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

Тенденции развития ДВС связаны с повышением их экономичности, снижением токсичности отработавших газов, уменьшением массы и габаритных размеров, повышением частоты вращения коленчатого вала и степени сжатия. Это оказывает влияние на конструкцию и схемное исполнение систем зажигания, не затрагивая, однако, основного принципа их действия. — накопления энергии в магнитном или электрическом поле с последующим мгновенным выделением ее в искровом промежутке свечи в нужный момент такта сжатия в рабочем цилиндре и в соответствии с заданным порядком работы цилиндров двигателя.

Разряд в искровом промежутке вызывается импульсом напряжения, величина которого зависит от температуры и давления в камере сгорания, конфигурации и размеров искрового промежутка. Величина импульса должна обеспечиваться системой зажигания с определенным запасом, с учетом износа электродов свечи в эксплуатации. Обычно коэффициент запаса составляет 1,5 – 1,8, а величина импульса напряжения лежит в пределах 20 – 30 кВ.

При нормальных условиях (давлении воздуха 1 атмосфера) для возникновения искры достаточно напряжения около 1000 В при расстоянии

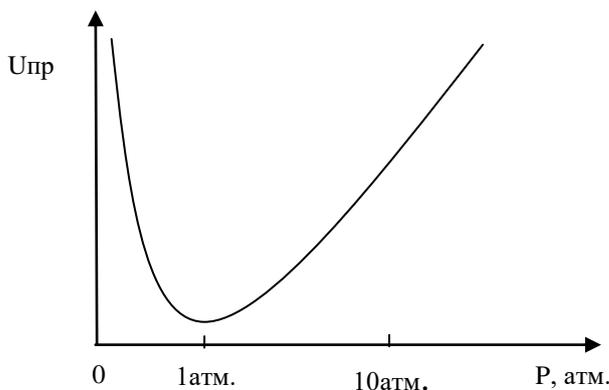


Рис. 18. Зависимость напряжения пробоя от давления.

между электродами 1 мм. То есть электрическая прочность воздуха $E_{пр} = 1$ кВ/мм. Это напряженность электрического поля, при которой возникает пробой. Напряжение пробоя $U_{пр} = E_{пр} \cdot d$, где d – расстояние между электродами.

Пробивное напряжение $U_{пр}$ зависит от давления P (рис. 18). Оно увеличивается как при увеличении давления, так и при уменьшении давления

(разрядении) воздуха.

Механизм пробоя проиллюстрирован на рис.19. В воздухе всегда имеются свободные электроны (примерно 10 штук в 1 см^3). Они возникают из-за радиоактивного излучения земли, космического излучения и других ионизирующих излучений. Свободный электрон разгоняется электрическим полем под действием силы $Fэ = E \cdot q$, где q – заряд электрона, E – напряженность электрического поля. Под действием этой силы электрон получает ускорение (в соответствии со вторым законом Ньютона) $a = Fэ/m$, где m – масса электрона. Пока электрон не столкнется с атомом скорость его будет увеличиваться $V = a \cdot t$, где t – время, в течении которого электрон разгоняется. При столкновении с атомом или молекулой он будет обладать энергией $W = \frac{1}{2} m \cdot V^2$. Если эта энергия будет больше энергии ионизации атома или молекулы, то произойдет ионизация, то есть нейтральная молекула, испустив один или несколько электронов, превратится в ион. При этом также испускаются фотоны, которые мы наблюдаем как свечение искры. Причем, частота фотона (цвет свечения) будет зависеть от энергии электрона, которую он передал атому при соударении. Чем выше энергия, тем в свечении больше синих и фиолетовых оттенков, чем меньше энергия, тем больше красных оттенков.

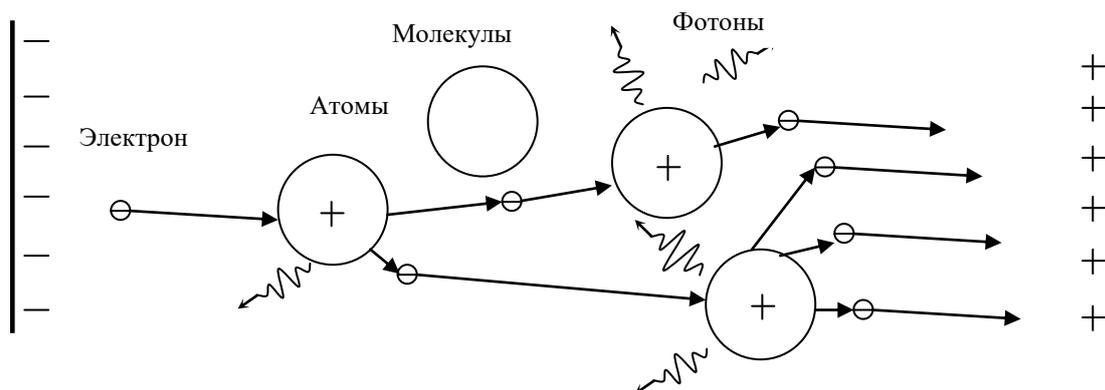


Рис. 19. Схема лавинного пробоя при образовании искры.

При ионизации молекул или атомов увеличивается количество свободных электронов лавинообразно, так как эти электроны, разогнавшись под действием электрического поля, также ионизируют молекулы и выбивают из них электроны.

При уменьшении давления молекул воздуха между электродами становится меньше и вероятность столкновения электрона с молекулой воздуха уменьшается. То есть электрон может долететь до положительного электрода, так и не столкнувшись с молекулой. Лавинный пробой не возникает, пробивное напряжение увеличивается (см. рис.18).

При увеличении давления расстояние между молекулами уменьшается и электронам не хватает времени до соударения с атомом набрать энер-

гию достаточную для ионизации. При этом пробой возникает при более высоком напряжении.

В двигателе поршень создает давление в камере сгорания до 10 атмосфер и более, поэтому при таком давлении искра пробьет зазор при напряжении в 10 раз большем. Именно поэтому в свечах зажигания зазор около 0,8 мм, а величина импульса напряжения, умноженного на коэффициент запаса около 20 кВ и более.

Процесс сгорания рабочей смеси разделяется на три фазы: начальную, когда формируется пламя, возникающее от искрового разряда в свече, основную, когда пламя распространяется на большей части камеры сгорания, и конечную, когда пламя догорает у стенок камеры. Этот процесс требует определенного времени. Наиболее полное сгорание рабочей смеси достигается своевременной подачей сигнала на воспламенение, т.е. установкой оптимального угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя.

Угол опережения зажигания определяется по углу поворота коленчатого вала двигателя от момента возникновения искры до момента достижения поршнем верхней мертвой точки. Если угол опережения зажигания больше оптимального, то зажигание раннее. Давление в камере сгорания при этом достигает максимума до достижения поршнем верхней мертвой точки и оказывает противодействующее воздействие на поршень. Раннее зажигание может явиться причиной возникновения детонации. Если угол опережения зажигания меньше оптимального, зажигание позднее, в этом случае двигатель перегревается.

На начальную фазу сгорания влияет энергия и длительность искрового разряда в свече. В современных системах энергия разряда достигает 50 МДж, а его длительность 1 – 2,5 мс.

При одинаковом принципе работы системы зажигания по своим конструктивным и схемным исполнениям делятся на контактную систему (иначе ее называют классической), контактно-транзисторную и бесконтактную электронные системы зажигания.

По способу накопления энергии различаются системы с накоплением энергии в индуктивности и в емкости. В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется катушка зажигания, представляющая собой высоковольтный трансформатор, содержащий две обмотки: первичную с малым числом витков и омическим сопротивлением в доли и единицы Ома и вторичную с большим числом витков и омическим сопротивлением в единицы и десятки кОм. Коэффициент трансформации катушки лежит в пределах 50-150.

В контактной системе зажигания (рис. 20) коммутация в первичной цепи зажигания осуществляется механическим кулачковым прерывательным механизмом. Кулачок прерывателя 9 связан с коленчатым валом дви-

гателя через зубчатую или зубчато-ременную передачу, причем частота вращения вала кулачка вдвое меньше частоты вращения вала двигателя.

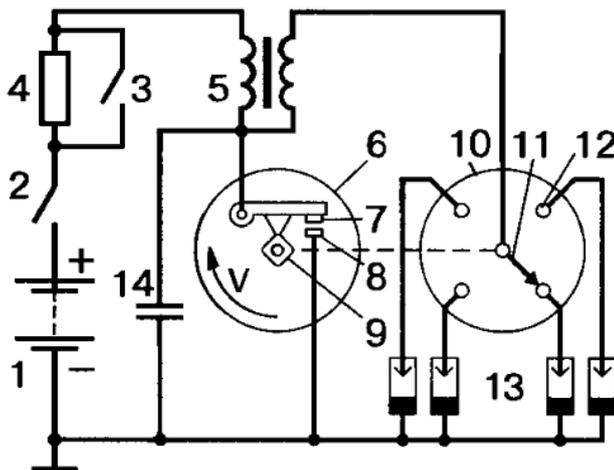
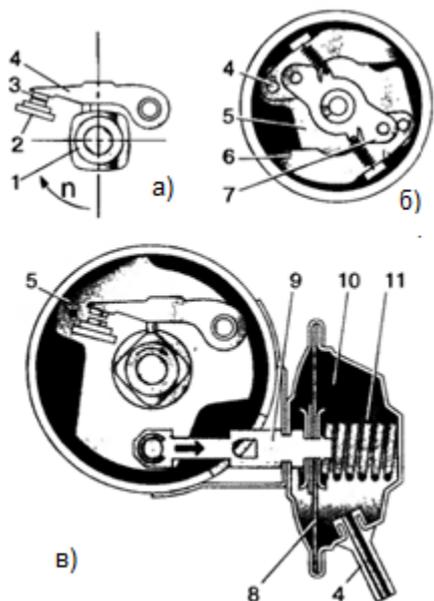


Рис. 20. Принципиальная схема классической контактной системы зажигания.
1 – аккумуляторная батарея; 2,3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7,8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель; 11 – ротор (бегунок); 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор.

Угол опережения зажигания устанавливается изменением положения кулачка относительно приводного вала или углового положения пластины



прерывателя, на которой закреплена ось его подвижного рычажка. Время замкнутого и разомкнутого состояния контактов определяется конфигурацией кулачка (рис.21,а), частотой вращения и зазором между контактами.

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.

Рис. 21. Конструктивное исполнение элементов контактной системы зажигания;

а – кулачково-прерывательный механизм; б – центробежный регулятор опережения зажигания; в – вакуумный регулятор опережения зажигания; n – частота вращения приводного вала распределителя; 1 – кулачок 2 – неподвижный контакт; 3 – подвижный контакт; 4 – штуцер; 5 – подвижная пластина; 6 – грузики; 7 – траверса; 8 – диафрагма; 9 – шток; 10 – вакуумная камера; 11 – пружина.

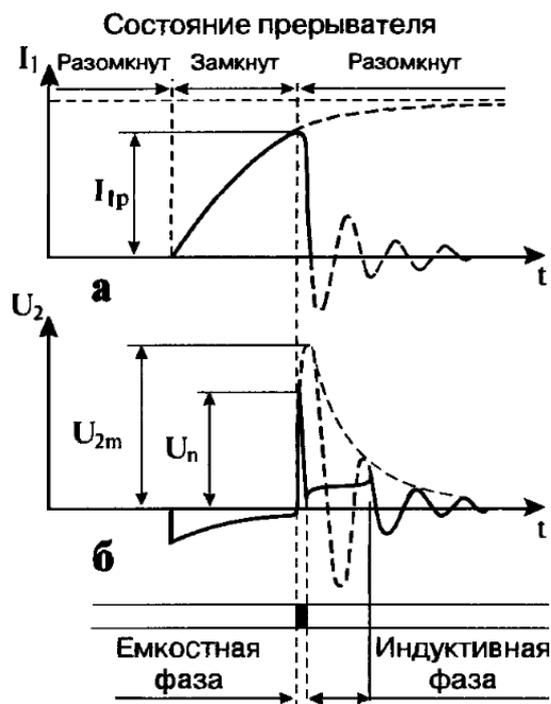
Для изменения положения кулачка относительно приводного вала в зависимости от частоты вращения служит центробежный регулятор (рис. 21,б). Оси вращения грузиков закреплены на пластине, связанной с приводным валом.

Под действием центробежной силы, зависящей от частоты вращения, грузики стремятся разойтись и повернуть траверсу, жестко связанную с кулачком, при этом центробежная сила преодолевает силу противодействующей пружины.

С увеличением нагрузки двигателя, т.е. с увеличением угла открытия дроссельной заслонки, наполнение цилиндров и давление в конце такта сжатия увеличивается, процесс сгорания ускоряется. Следовательно, с увеличением открытия дроссельной заслонки угол опережения должен уменьшаться. Изменение угла опережения зажигания по нагрузке двигателя осуществляет вакуумный регулятор (рис. 21, в). Вакуумная камера регулятора соединена с впускным трактом двигателя за дроссельной заслонкой. При увеличении нагрузки дроссельная заслонка открывается, давление за ней снижается, и гибкая мембрана через шток поворачивает пластину с контактным механизмом относительно кулачка в сторону уменьшения угла опережения зажигания. Максимальный угол опережения зажигания по нагрузке также ограничивается упором и лежит в пределах $15-25^{\circ}$ по углу поворота коленчатого вала.

В момент, необходимый для подачи искрового импульса на зажигание, прерыватель разрывает свои контакты 7-8 (см.рис. 20), после чего возникает колебательный процесс, связанный с обменом энергией между магнитным полем катушки и электрическим полем в емкости 14. Амплитуда колебаний напряжения, приложенного к электродам свечи U_2 , убывает по экспоненте, как показано на рис. 6.2 пунктиром.

Рис. 22, Временные диаграммы тока в первичной цепи I_1 (а) и вторичного напряжения U_2 (б) системы зажигания



Однако интерес представляет лишь первая полуволна напряжения, т.к., если ее максимальное значение U_{2m} превышает напряжение пробоя искрового промежутка U_n , возникает искра. Величина U_{2m} зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания $K, = W_2/W_1$, (W_2 и W_1 , со-

ответственно число витков вторичной и первичной обмоток катушки), величины тока первичной обмотки в момент разрыва I_{1p} , а также индуктивности и емкости, первичной и вторичной цепей

После пробоя искрового промежутка вторичное напряжение резко уменьшается (см. рис. 22). При этом в искровом промежутке сначала искра имеет емкостную фазу, связанную с разрядом емкостей на промежуток, а затем индуктивную, во время которой в искре выделяется энергия, накопленная в магнитном поле катушки. Емкостная составляющая искры обычно кратковременна, очень ярка, имеет голубоватое свечение. Сила тока в искре велика даже при малом количестве протекающего в ней электричества. Индуктивная составляющая отличается значительной продолжительностью, небольшой силой тока и неярым красноватым свечением. Осциллограмма вторичного напряжения, соответствующая рис. 22, является признаком нормальной работы системы зажигания. О нормальной работе свидетельствует и вид искры между электродами свечи. В исправной системе она имеет яркое ядро, окруженное пламенем красноватого цвета.

При запуске двигателя требуется большая энергия искры, чем при работающем двигателе. Для выполнения этого условия в электрическую схему системы зажигания (см. рис. 20) введен добавочный резистор 4. Во время запуска двигателя этот резистор закорочен контактами 3 ключа зажигания. Ток в первичной цепи проходит через эти контакты, тем самым повышается энергия искры. После запуска двигателя контакты ключа размыкаются, ток в первичной цепи идет через добавочный резистор и становится меньше, соответственно энергия искры уменьшается. При меньшем токе меньше нагревается катушка зажигания. Это увеличивает её надежность и срок службы.

3.2. Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд-тренажер «Система зажигания» (далее – стенд) предназначен для:

- изучения устройства основных систем зажигания автомобилей.
- Имитации и поиска характерных эксплуатационных неисправностей основных систем зажигания автомобилей.

Стенд выполнен в климатическом исполнении УХЛ.4.2 (по ГОСТ 15150-69), для работы при температуре окружающей среды от +15 до +35°C, относительной влажности воздуха до 85 % при 25°C.

Основные технические данные:

Модель стенда безмоторный лабораторный.

Тип изучаемых систем контактная (17.3706),

бесконтактная с индуктивным датчиком (1908.3706),

бесконтактная с датчиком Холла (5406.3706).

Потребляемая мощность не более 250 В·А.

Электропитание от сети переменного тока 220 ± 20 В,
частота 50 – 60 Гц.

Источник питания электрооборудования стенда обеспечивает напряжение
13,5 – 16($\pm 1,0$) В.

Ток нагрузки не более 15 А.

Скорость вала имитатора коленчатого вала двигателя 800 – 6500 об/мин.

Габаритные размеры 1000x900x500 мм.

Количество имитируемых неисправностей 5.

Масса нетто (не более) 36 кг.

Стенд (рис.23) представляет собой модуль, на котором расположены блок схемы, привод прерывателя-распределителя и элементы систем зажигания автомобилей.

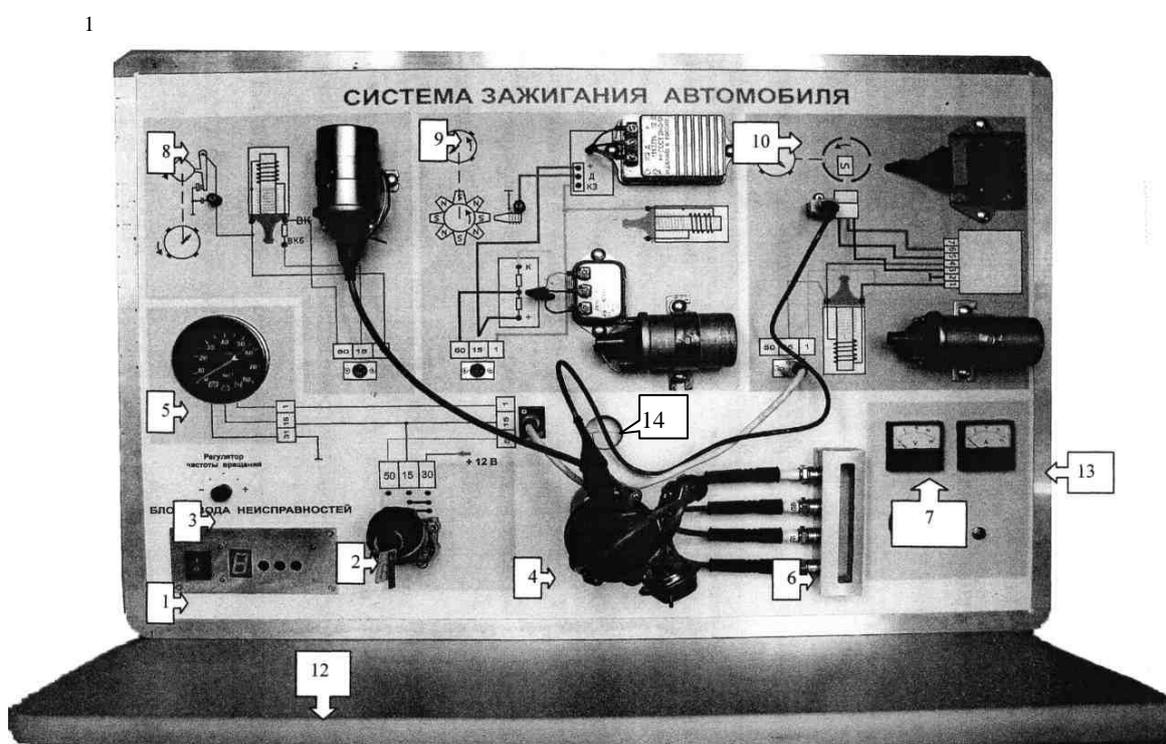


Рис. 23. Стенд тренажер «Система зажигания автомобиля»

1 – клавиша «Сеть», 2 – замок зажигания, 3 – регулятор частоты вращения привода распределителей зажигания, 4 – корпус привода распределителей зажигания, 5 – тахометр, 6 – камера для свечей зажигания, 7 – панель контрольно-измерительных приборов, 8 – блок схема контактной системы зажигания, 9 – блок схема системы зажигания с индуктивным датчиком, 10 – блок схема системы зажигания с датчиком Холла, 12 – основание стенда, 13 – корпус, 14 – окошко для контроля угла опережения зажигания.

В верхней части передней панели стенда располагаются схемы различных систем зажигания и элементы их конструкции. Панельное расположение элементов конструкции систем зажигания позволяет оперативно менять любой элемент системы зажигания и подключать различное диаг-

ностическое оборудование, что может быть использовано для изучения конструкции систем зажигания и методов их диагностирования.

На каждой схеме имеется клемма «50,15,1», которая используется для подключения соответствующей системы зажигания к панелям замка зажигания и тахометра через универсальный соединительный шнур.

Схема 9 и расположенные над ней элементы предназначены для изучения конструкции бесконтактной системы зажигания с индуктивным датчиком. Датчик-распределитель крепится с помощью винтового зажима в прилагаемом к стенду переходнике, который приворачивается на шпильках к приводу. Датчик-распределитель подключается к системе зажигания в соответствии со схемой, нанесённой на лицевую панель стенда. Добавочное сопротивление системы зажигания используется для коммутаторов, имеющих нерегулируемое время накопления энергии, например, для коммутатора 13.3734-01. При использовании коммутаторов с регулируемым временем накопления энергии, 131.3734, 90.3734, 943734 и др, добавочное сопротивление не подключать.

Схема 8 и расположенные над ней элементы принадлежат к контактной системе зажигания. Прерыватель-распределитель крепится с помощью винтового зажима в том же переходнике, что и датчик-распределитель предыдущей системы.

Схема 10 иллюстрирует монтажную схему бесконтактной системой зажигания автомобилей, снабжённую датчиком Холла.

Датчик-распределитель подключается к схеме с помощью стандартного разъёма.

На лицевой панели стенда-тренажера находится блок ввода неисправностей. Блок позволяет имитировать (задавать) 5 характерных эксплуатационных неисправностей.

На задней стороне стенда размещены, гнездо для подключения сетевого шнура и сетевой предохранитель.

3.3. Указания мер безопасности.

1. К работе на лабораторном стенде допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе. Обучающиеся должны проходить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

2. Источниками опасности при работе на стенде являются:

- электрический ток напряжением ~ 220 В;
- высокое напряжение во вторичной цепи системы зажигания (до 25 кВ).

3. Стенд во время работы должен быть подключен к розетке сети питания с заземлением. Запрещается во время работы при включенном зажи-

гании отключать кабели, соединяющие между собой датчики и составные части стенда.

4. Убедитесь в правильности подключения универсального шнура питания выбранной вами для испытаний системы зажигания и высоковольтных проводов. В случае ошибки возможно повреждение электронных компонентов схемы (в первую очередь коммутаторов)!

3.4. . 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

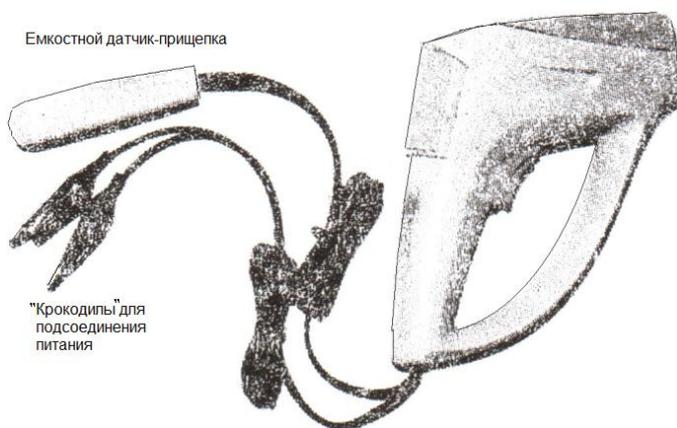


Рис. 24. Автомобильный многофункциональный стробоскоп Astro L1.

Astro L1 (рис. 24). Прибор позволяет контролировать правильность установки угла опережения зажигания, проверять работу центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания бензиновых двигателей.

Его особенности:

- повышенная яркость вспышки,
- высокочувствительный емкостной датчик-прищепка, не требуется соблюдение полярности при подключении,
- питание лампы от первичной цепи катушки зажигания.

Технические характеристики:

Обороты двигателя без снижения яркости вспышек не менее 900 об/мин.

Обороты двигателя со снижением яркости вспышек – на 20% не менее 1600 об/мин.

Меры безопасности при работе с прибором.

При эксплуатации прибора **запрещается:**

- отключать и переключать при наличии на приборе напряжения кабели и датчики;
- подключать прибор к стенду при включенном напряжении сети.

ВНИМАНИЕ! ПОДКЛЮЧЕНИЕ ПРИБОРА ПРОИЗВОДИТЕ ТОЛЬКО ПРИ ВЫКЛЮЧЕННОМ СТЕНДЕ.

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.

Схема подключения прибора:

Подключение прибора к классическим системам зажигания с механическим прерывателем или электронным коммутатором выполняется в соответствии со схемой на рис. 25. Любой из проводов питания прибора присоедините к массе стенда. Второй провод питания прибора подключите к клемме катушки зажигания, соединенной с механическим прерывателем или электронным коммутатором.

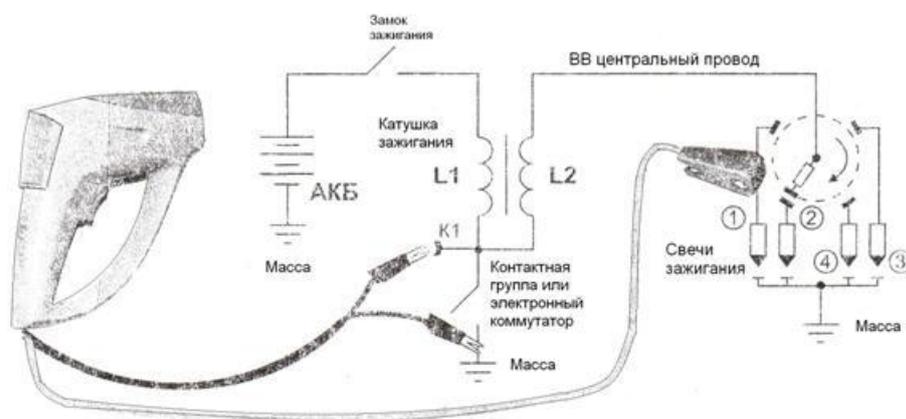


Рис. 25. Схема подключения стробоскопа Astro L1.

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 (800 ± 100) об/мин. до 3500 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступить к выполнению измерений.

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

Перед проведением измерений необходимо определить места расположения неподвижной шкалы – в окошке 14 на передней панели стенда (см. рис.23) и подвижной метки на вращающемся диске в том же окошке. Подвижная метка будет видна, если окошко 14 осветить лампой стробоскопа подключенного к стенду по схеме на рис. 25, нажав на клавишу включения расположенную на стробоскопе.

Изменяя обороты двигателя вращением ручки регулятора числа оборотов регистрируйте значение угла опережения зажигания β , освещая стробоскопом окошко 14. Результаты измерений занесите в табл. 5.

Таблица 5

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

V, обор/мин.	1000	2000	3000	4000	5000
Угол β , град.					

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.

Примечание: При работающем двигателе разряжение возникает под дроссельной заслонкой во время всасывания воздуха в цилиндры. Оно увеличивается при увеличении нагрузки на двигатель.

Для создания разряжения используйте пневно-тестер НV9. 1 (рис. 26).

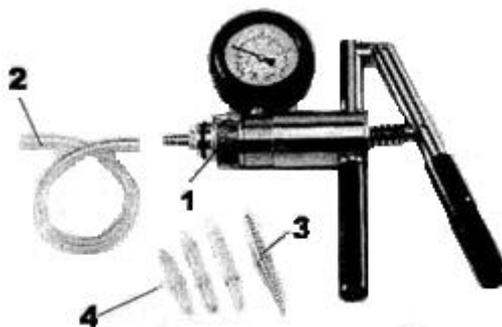


Рис. 26. Пневно-тестер НV9. 1 – гайка с насечкой для переключения режимов работы. 2 – соединительная трубка, 3 – металлический наконечник, 4 – капроновые наконечники.

Пневно-тестер НV9. 1 предназначен для проверки вакуумного корректора угла опережения зажигания, контроля вакуумных датчиков, регуляторов и т.п.

Режимы работы пневмо-тестера переключаются вращением гайки с насечкой (рис. 27):

- 1 – Давление – режим создания давления до 3 атм. (42 psi).
- 2 – Закрыто.
- 3 – Вакуум – режим создания разрежения до -1 атм.

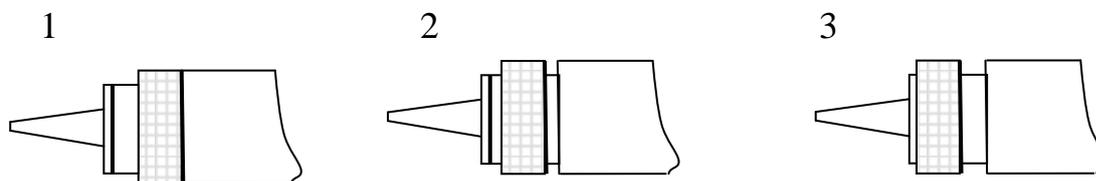


Рис. 27. Переключение режимов работы пневмо-тестера.

Установите гайку с насечкой в положение 3 (см. рис. 27). При этом пневмо-тестер при сжатии рукояток будет всасывать воздух.

Соедините трубкой 2 (см. рис. 26) штуцеры пневмо-тестера и вакуумного корректора 4 (см. рис.21), находящегося на распределителе системы зажигания.

Откачивая воздух из вакуумного корректора, работая ручками пневмо-тестера, регистрируйте давление по шкале пневмо-тестера и значение угла опережения зажигания в окошке 14 (см. рис. 23), освещая окошко стробоскопом как в п. 7.

Результаты измерений занесите в табл. 6.

Таблица 6

Зависимость угла опережения зажигания от разрежения

Р, мм рт. ст	0	-50	-100	-150	-200
Угол β , град.					

9. Определите цвет свечения дуги и его оттенки при изменении давления.

Соедините трубкой 2 (см. рис. 26) штуцеры пневмо-тестера и камеры свечей зажигания 6 (см. рис.23), на лицевой панели стенда.

При помощи пневмо-тестера откачайте воздух из камеры свечей зажигания до -200 мм рт. ст. Запишите цвет и оттенки цвета работающих свечей.

Переключите режим работы пневмо-тестера на создание давления – положение гайки с насечкой 1 (см. рис. 27). Создайте в камере давление до 3 атм. и наблюдайте за изменением оттенков искр в межискровом промежутке свечи.

10. 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.

3.5. 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 5 и 6 и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и давления.
5. Выводы.

Оформление отчета должно осуществляться с учетом требований Госта по оформлению электрических схем, эскизов, чертежей, описаний.

2.5. Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы контактной системы зажигания?
2. Нарисуйте временные диаграммы напряжения и тока в контактной системе зажигания.
3. Каково назначение контактной системы зажигания?
4. Каково назначение резистора 4 (см. рис.20) в контактной системе зажигания?
5. Как зависит напряжение пробоя от давления и почему?
6. Объяснить механизм пробоя в газах.
7. Какими параметрами характеризуется системы зажигания?
8. Почему возникает высокое напряжение во вторичной цепи?
9. Каков принцип работы вакуумного корректора?
10. Каков принцип работы октан-корректора?
11. Каков принцип работы корректора числа оборотов двигателя?
12. Каково назначение конденсатора (см. рис. 20)?
13. В чем недостатки и преимущества контактной системы зажигания?

Лабораторная работа № 4

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

4.1. Общие сведения

Воспламенение смеси в цилиндре должно опережать момент прихода поршня в верхнюю мертвую точку (в.м.т.). Это обусловлено тем, что сгорание смеси происходит не мгновенно, а давление газов (продуктов сгорания) должно быть максимальным после перехода поршнем в.м.т. Двигатель развивает максимальную мощность, если наибольшее давление возникает после прохода поршнем в.м.т.

Если смесь воспламеняется позднее, чем это необходимо, ее сгорание происходит в такте расширения. Смесь не успевает сгореть полностью в цилиндре и догорает в выпускном трубопроводе. В результате снижается максимальное давление газов и мощность двигателя. Кроме того, происходит перегрев двигателя и увеличивается количество вредных газов, выбрасываемых в атмосферу.

При слишком раннем воспламенении сгорание смеси происходит в такте сжатия, и максимальное давление в цилиндре возникает до прихода поршня в в.м.т. В результате поршень получает сильные встречные удары, определяемые на слух как металлический стук. Раннее воспламенение смеси приводит к уменьшению мощности двигателя и быстрому износу его деталей.

Угол между положением коленчатого вала, соответствующим моменту искрового разряда между электродами свечи, и положением, при котором поршень находится в в.м.т., называется углом опережения зажигания.

Оптимальный угол опережения зажигания зависит от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. С увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня и, чтобы рабочая смесь успевала сгорать, необходимо увеличивать угол опережения зажигания. Рост нагрузки обусловлен увеличением открытия дроссельной заслонки и характеризуется увеличением наполнения цилиндров.

В результате продолжительность сгорания смеси уменьшается и, следовательно, необходимо уменьшить угол опережения зажигания. Автоматическое регулирование угла опережения зажигания при изменении частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя осуществляется центробежным и вакуумным регуляторами. Центробежный регулятор из-

меняет угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, вакуумный регулятор – в зависимости от степени открытия дроссельной заслонки. Начальный угол опережения зажигания, необходимый для надежного пуска двигателя, устанавливают вручную при помощи октан-корректора.

Все три механизма скомпонованы в распределителе, который имеет еще датчик положения распределительного вала и распределительный механизм.

4.2. 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. 28, а) относительно обмотки 2, размещенной на неподвижном статоре 3. При этом в обмотке статора 2 индуцируется переменная ЭДС, частота которой пропорциональна частоте вращения ротора:

$$U_{\text{ВЫХ}} = Kwn(d\Phi/da),$$

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.

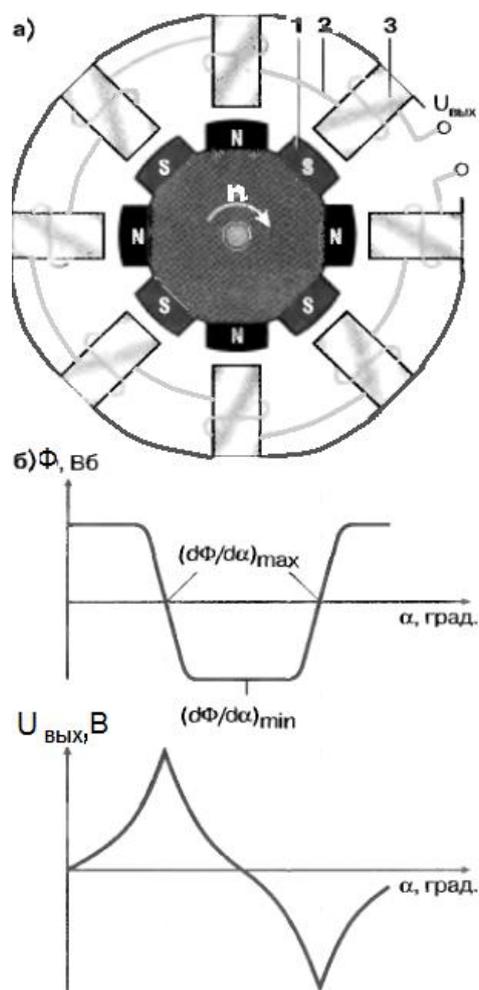


Рис. 28. Принцип действия магнитоэлектрического датчика генераторного типа: а – схема датчика; б – зависимости магнитного потока Φ и напряжения обмотки $U_{\text{ВЫХ}}$ от угла поворота a ; 1 – ротор с постоянным магнитом; 2 – обмотка статора. 3 – статор.

В статорной обмотке датчика создается знакопеременный магнитный поток симметричной формой Φ (рис.28, б).

В реальных датчиках выходной сигнал $U_{\text{ВЫХ}}$ имеет не синусоидальную форму. При этом моменту искрообразования соответствует начало положительной 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. 29.

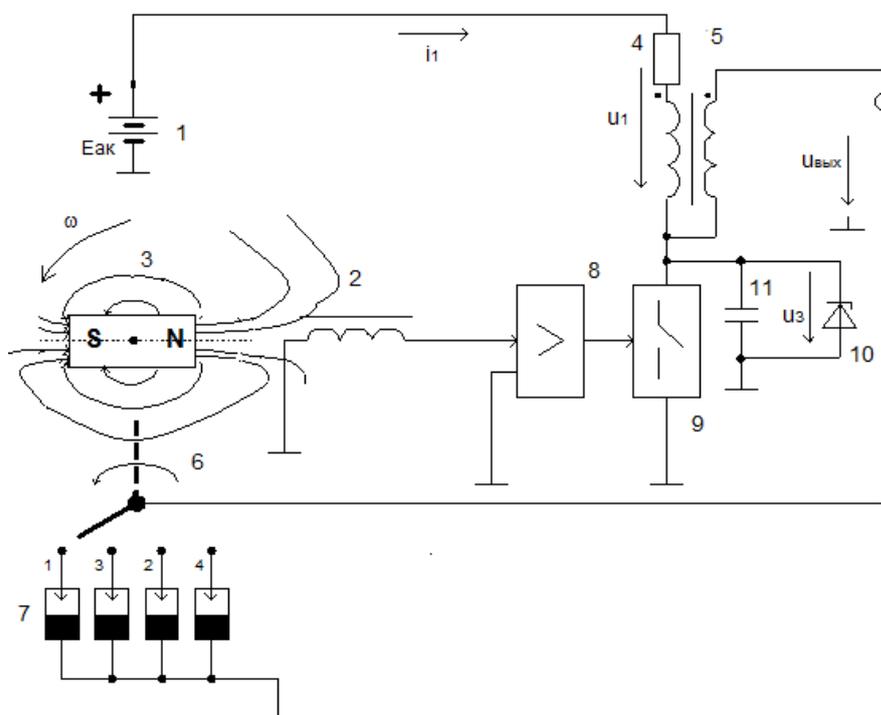


Рис. 29. Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком.

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 подводящих 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.

ЭДС с магнитоэлектрического (индуктивного) датчика усиливается по величине усилителем-формирователем 8, который превращает непрерывный сигнал с датчик в прямоугольные импульсы, а также компенсирует зависимость амплитуды сигнала от скорости вращения вала двигателя. Его выходной сигнал управляет электронным ключом 9, который коммутирует ток в катушке зажигания. В качестве электронного ключа используется биполярный или полевой транзистор. При выключении ключа 9 возникает противо-эдс, величина которой может достигать 100 В и более. Для того чтобы защитить ключевой транзистор от пробоя параллельно ему включен стабилитрон, который пропускает ток если напряжение на нем больше напряжения стабилизации. Это напряжение должно быть меньше пробивного напряжения транзистора.

Вал распределителя при вращении проходит мимо неподвижных электродов распределителя, число которых равно числу цилиндров двигателя. Каждый электрод соединен проводом с соответствующей свечой.

4.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомьтесь с конструкцией лабораторного стенда (см. п. 3.4. лабораторной работы №3)

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 многофункциональный стробоскоп Astro L1 (см. п. 3.4. лабораторной работы №3)

5. 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.

Подключение прибора к классическим системам зажигания с механическим прерывателем или электронным коммутатором выполняется в соответствии со схемой на рис. 25 (см. п. 3.4. лабораторной работы №3).

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 (800 ± 100) об/мин. до 3500 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступить к выполнению измерений.

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

Перед проведением измерений необходимо определить места расположения неподвижной шкалы – в окошке 14 на передней панели стенда (см. рис.23 п. 3.4. лабораторной работы №3) и подвижной метки на вращающемся диске в том же окошке. Подвижная метка будет видна, если окошко 14 осветить лампой стробоскопа подключенного к стенду по схеме на рис. 25, нажав на клавишу включения расположенную на стробоскопе.

Изменяя обороты двигателя вращением ручки регулятора числа оборотов регистрируйте значение угла опережения зажигания β , освещая стробоскопом окошко 14. Результаты измерений занесите в табл. 7.

Таблица 7

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

V, обор/мин.	1000	2000	3000	4000	5000
Угол β , град.					

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.

Примечание: При работающем двигателе разряжение возникает под дроссельной заслонкой во время всасывания воздуха в цилиндры. Оно увеличивается при увеличении нагрузки на двигатель.

Для создания разряжения используйте пневмо-тестер HV9. 1 (рис. 26) (см. п. 3.4. лабораторной работы №3).

Режимы работы пневмо-тестера переключаются вращением гайки с насечкой (рис. 27):

Установите гайку с насечкой в положение 3 (см. рис. 27). При этом пневмо-тестер при сжатии рукояток будет всасывать воздух.

Соедините трубкой 2 (см. рис. 26 п. 3.4. лабораторной работы №3) штуцеры пневмо-тестера и вакуумного корректора 4 (см. рис.21), находящегося на распределителе системы зажигания.

Откачивая воздух из вакуумного корректора, работая ручками пневмо-тестера, регистрируйте давление по шкале пневмо-тестера и значение угла опережения зажигания в окошке 14 (см. рис. 23 п. 3.4. лабораторной работы №3), освещая окошко стробоскопом как в п. 7.

Результаты измерений занесите в табл. 8.

Таблица 8

Зависимость угла опережения зажигания от разряжения

Р, мм рт. ст	0	-50	-100	-150	-200
Угол β , град.					

4.4. 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 и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и давления.
5. Выводы.

Оформление отчета должно осуществляться с учетом требований Госта по оформлению электрических схем, эскизов, чертежей, описаний.

4.5. Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия магнитоэлектрического датчика?
2. Как зависит напряжение на выходе датчика от числа оборотов двигателя?
3. Объяснить по временным диаграммам принцип действия бесконтактной системы зажигания.
4. За счет чего в катушке зажигания формируется высоковольтный импульс напряжения, подаваемый на свечу зажигания, при питании первичной обмотки от низковольтного источника $E_{ак}$?
5. Какое преимущество имеет бесконтактная система с магнитоэлектрическим датчиком по сравнению с контактной и системой зажигания?

Лабораторная работа № 5

БЕСКОНТАКТНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА

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

5.1. Общие сведения

В этой системе зажигания отсутствует механический прерыватель в распределителе зажигания. Прерывание тока через катушку зажигания делает электронный ключ, который управляется датчиком Холла.

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 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.

Принцип работы ДХ состоит в следующем. Через пластину в направлении от "а" к "б" (см. рис.1) проходит постоянный 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} :

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

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 пластинами "с" и "d".

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

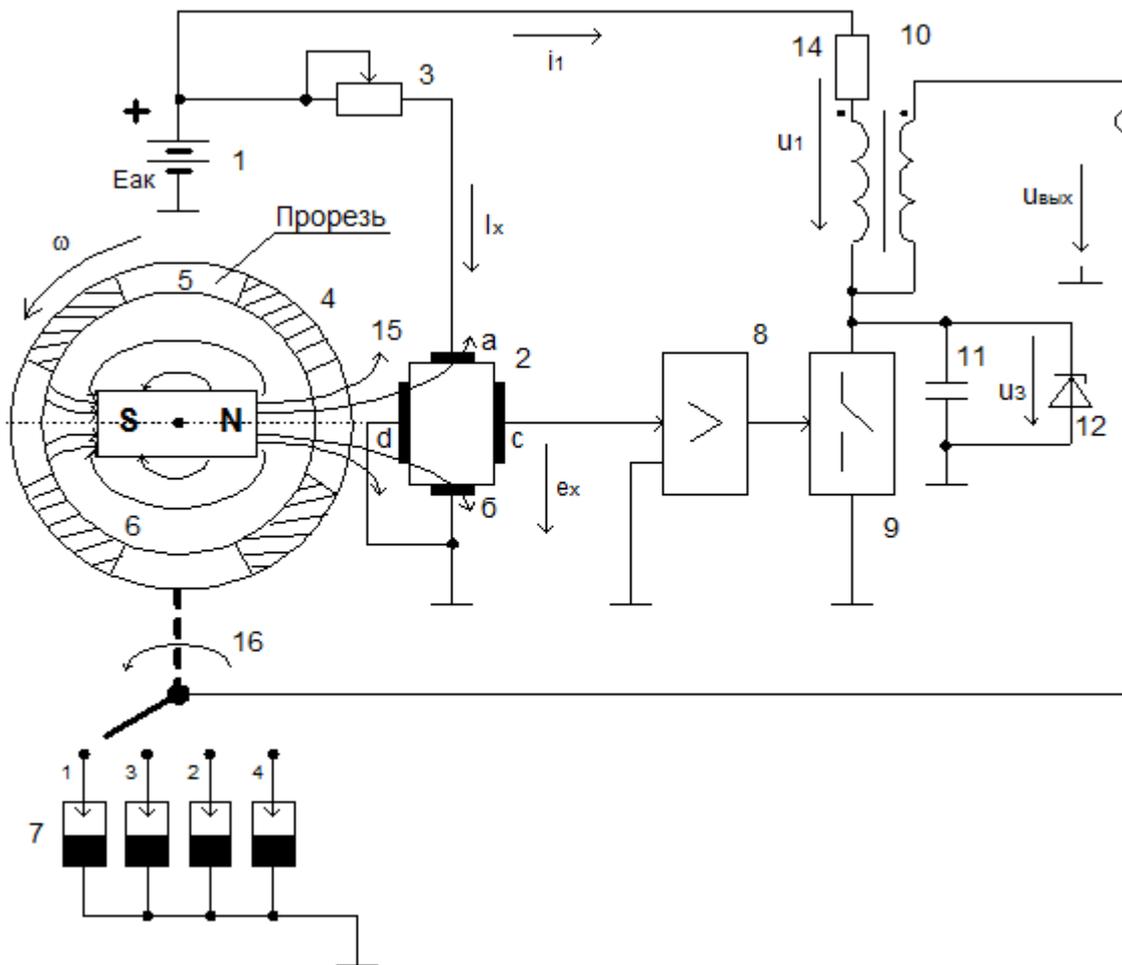


Рис. 30 Упрощенная функциональная схема бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла:

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.

Если между ДХ и магнитом находится экран, магнитный поток замыкается через него и ДХ не пронизывается магнитным полем. Поэтому на его выходе отсутствует сигнал e_x . Если между магнитом и ДХ прорезь, то магнитный поток пронизывает ДХ и на его выходе появляется сигнал.

ЭДС Холла усиливается по величине усилителем 8, выходной сигнал которого управляет электронным ключом 9. Величина тока I_x обычно имеет значение в несколько десятков миллиампер, при этом e_x имеет величину в несколько милливольт при реальных значениях индукции магнитного

поля. Прорези экрана выполняются таким образом, чтобы ключ 9 размыкался в момент подхода поршня к верхней мертвой точке (в.м.т.). Для этого необходимо чтобы соответствующим образом был ориентирован экран 4.

При размыкании ключа 9, в катушке зажигания (КЗ) 10 за счет быстрого уменьшения тока через первичную обмотку возникает эдс-индукции, которая трансформируется во вторичную обмотку. Это приводит к индукированию высоковольтного импульса на вторичной обмотке, который поступает на определенную свечу зажигания в зависимости от положения распределителя зажигания 16, жестко связанного с вращающимся экраном 4. При этом накопленная энергия магнитного поля гасится в искровом промежутке свечи.

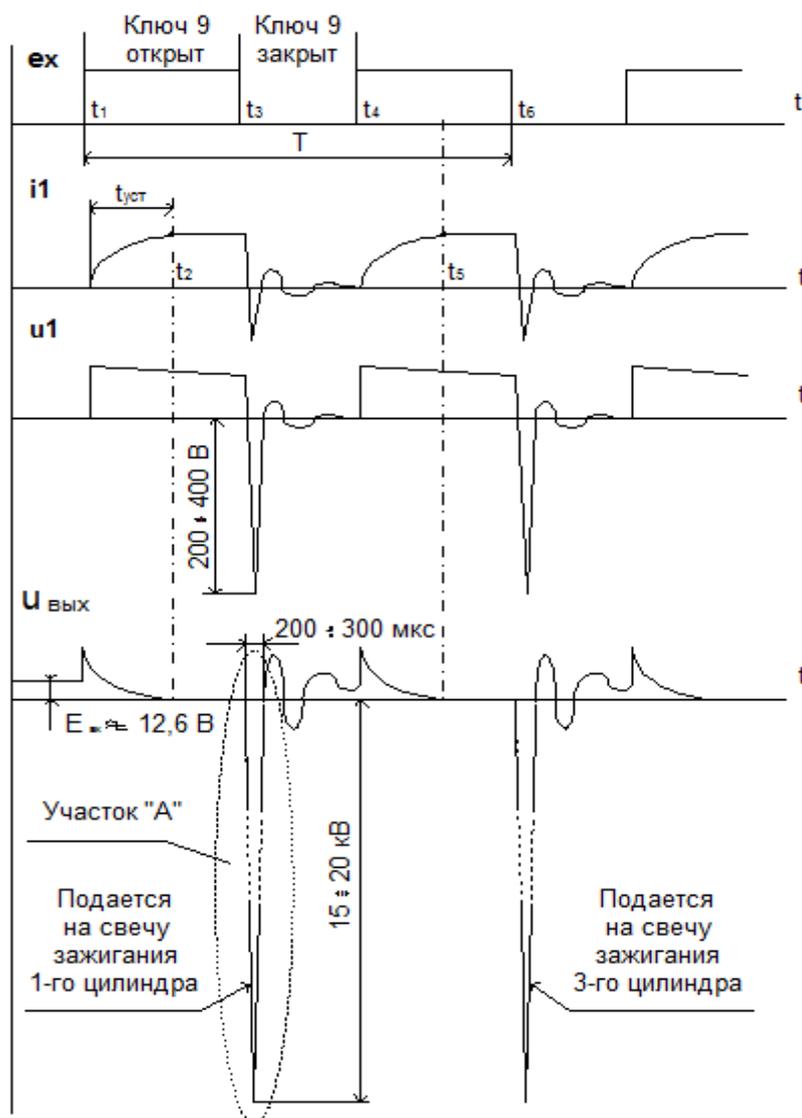


Рис. 31 Графики сигналов бесконтактной системы зажигания: e_x – э.д.с. датчика Холла; i_1 , u_1 – ток и напряжение первичной обмотки катушки зажигания; $u_{\text{вых}}$ – высоковольтный импульс вторичной обмотки катушки зажигания; T – время поворота коленчатого вала на один оборот.

На рис. 31 и рис.32 приведены графики, поясняющие работу бесконтактной системы зажигания. Как видно из рис. 30, когда ключ 9 открыт под действием выходного напряжения с усилителя 8, через первичную обмотку КЗ нарастает ток по экспоненциальному закону и в магнитной системе КЗ запасается энергия магнитного поля. К моменту t_2 ток i_1 устанавливается, а его величина равна E / R_{Σ} , (R_{Σ} – суммарная сопротивление цепи первичной обмотки). Время $t_{уст}$ можно считать приближенно равным:

$$t_{уст} = 3 \cdot \tau_1 = 3 \cdot L_1 / R_{\Sigma},$$

где: L_1 – индуктивность первичной обмотки КЗ; τ_1 – постоянная времени первичной обмотки.

В момент времени t_3 ключ 9 закрывается и ток i_1 начинает быстро уменьшаться. В результате на вторичной обмотке появляется высоковольтный импульс напряжения, под действием которого образуется искра.

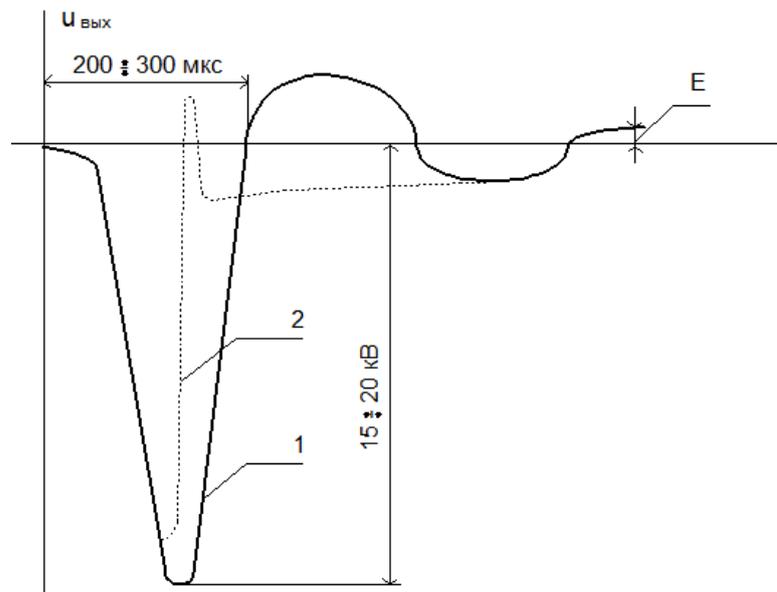


Рис. 32. Участок "А" кривой выходного напряжения катушки зажигания (см. рис.31) в расширенном временном диапазоне. 1 – временная форма выходного сигнала в режиме холостого хода (искра не образуется); 2 – временная форма (искра образуется).

5.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с конструкцией лабораторного стенда (см. п. 3.4. лабораторной работы №3)

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 многофункциональный стробоскоп Astro L1 (см. п. 3.4. лабораторной работы №3)

5. 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.

Подключение прибора к классическим системам зажигания с механическим прерывателем или электронным коммутатором выполняется в соответствии со схемой на рис. 25 (см. п. 3.4. лабораторной работы №3).

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 (800 ± 100) об/мин. до 3500 об/мин. При нормальном функционировании лабораторного стенда приступить к выполнению измерений.

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

Перед проведением измерений необходимо определить места расположения неподвижной шкалы – в окошке 14 на передней панели стенда (см. рис.23 п. 3.4. лабораторной работы №3) и подвижной метки на вращающемся диске в том же окошке. Подвижная метка будет видна, если окошко 14 осветить лампой стробоскопа подключенного к стенду по схеме на рис. 25, нажав на клавишу включения расположенную на стробоскопе.

Изменяя обороты двигателя вращением ручки регулятора числа оборотов регистрируйте значение угла опережения зажигания β , освещая стробоскопом окошко 14. Результаты измерений занесите в табл. 9.

Таблица 9

Зависимость угла опережения зажигания от оборотов двигателя

V, обор/мин.	1000	2000	3000	4000	5000
Угол β , град.					

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.

Примечание: При работающем двигателе разряжение возникает под дроссельной заслонкой во время всасывания воздуха в цилиндры. Оно увеличивается при увеличении нагрузки на двигатель.

Для создания разряжения используйте пневмо-тестер HV9.1 (рис. 26) (см. п. 3.4. лабораторной работы №3).

Установите гайку с насечкой в положение 3 (см. рис. 27). При этом пневмо-тестер при сжатии рукояток будет всасывать воздух.

Соедините трубкой 2 (см. рис. 26 п. 3.4. лабораторной работы №3) штуцеры пневмо-тестера и вакуумного корректора 4 (см. рис.21), находящегося на распределителе системы зажигания.

Откачивая воздух из вакуумного корректора, работая ручками пневмо-тестера, регистрируйте давление по шкале пневмо-тестера и значение угла опережения зажигания в окошке 14 (см. рис. 23 п. 3.4. лабораторной работы №3), освещая окошко стробоскопом как в п. 7.

Результаты измерений занесите в табл. 10.

Таблица 10

Зависимость угла опережения зажигания от разряжения

P, мм рт. ст	0	-50	-100	-150	-200
Угол β , град.					

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).

Неисправности эмитируются блоком ввода неисправностей, который находится на передней панели стенда (см. рис.23).

Номер неисправности вводится многократным нажатием на кнопку 4 (см. рис.17). При этом изменяются цифры на индикаторе 2. После появления нужной цифры – нажать кнопку 5.

Проведите измерения по пп. 7 и 8 для всех неисправностей перечисленных выше.

10. 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.

5.3. Содержание отчета по лабораторной работе

1. Номер, название, цель лабораторной работы.
2. Краткое описание принципа работы бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла.
3. Схема принципиальная электрическая бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла.
4. Таблицы и графики зависимостей угла опережения зажигания от числа оборотов и давления.
5. Выводы.

Оформление отчета должно осуществляться с учетом требований Госта по оформлению электрических схем, эскизов, чертежей, описаний.

5.4. Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия датчика Холла?
2. Как можно измерить магнитное поле с помощью датчика Холла?
3. Объяснить по временным диаграммам принцип действия бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла.
4. За счет чего в катушке зажигания формируется высоковольтный импульс напряжения, подаваемый на свечу зажигания, при питании первичной обмотки от низковольтного источника $E_{ак}$?
5. Какое преимущество имеет бесконтактная система с датчиком Холла по сравнению с контактной и магнитоэлектрической системами зажигания?

Библиографический список

1. Акимов СВ., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем». 2004. – 384 с: ил.
2. Литвиненко В.В. Электрооборудование автомобилей УАЗ. Устройство, поиск и устранение неисправностей – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2003. – 160 с.: ил.
3. Автомобили ВАЗ. Электрооборудование. Технология технического обслуживания и ремонта/В.Л.Смирнов, Ю.С. Прохоров, В.Л. Костенков, В.С. Боюр, В.А.Зимин, А.В. Капранов. – Новгород: АТИС, 2002. – 96 с.
4. Литвиненко В.В., Майструк А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. — 176 с: ил.: табл.

Учебное издание

**СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
И ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

Методические указания к лабораторным работам

Составитель
Александр Александрович Зубарев

* * *

Редактор И.Г. Кузнецова

Подписано к печати
Формат 60x90 1/16. Бумага писчая
Оперативный способ печати
Гарнитура Times New Roman
Усл. п. л. 3,25 , уч.-изд. л. 3,25
Тираж 100 экз. Заказ
Цена договорная

Издательство СибАДИ
644099, Омск, ул. П.Некрасова, 10
Отпечатано в ПЦ издательства СибАДИ
644099, Омск, ул. П.Некрасова, 10