

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальностей 1-37 01 06
«Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»
и 1-37 01 07 «Автосервис» очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 629.33
ББК 39.33-08
Э45

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»
«16» мая 2023 г., протокол № 12

Составитель ст. преподаватель С. В. Лихтар

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. В. Лесковец

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электрооборудование автомобилей» студентами специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис» очной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Ответственный за выпуск	О. В. Билык
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Введение.....	4
Меры безопасности при выполнении лабораторных работ	4
1 Исследование и диагностирование генераторов переменного тока.....	5
2 Исследование и диагностирование аккумуляторных батарей	10
3 Исследование регуляторов напряжения	14
4 Исследование и диагностирование электрического стартера	19
5 Исследование классической системы зажигания	25
6 Исследование транзисторных и микропроцессорных систем зажигания	29
7 Исследование датчика частоты вращения двигателя внутреннего сгорания	36
8 Исследование аналого-цифрового преобразователя микропроцессорных систем	39
Список литературы	42

Введение

Дисциплина «Электрооборудование автомобилей» является одной из основополагающих при подготовке специалистов высокой квалификации по специальностям 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис».

Целью преподавания данной дисциплины является изучение электрооборудования автомобилей и его эксплуатация.

Лабораторные работы по дисциплине «Электрооборудование автомобилей» имеют своей целью:

- закрепление лекционного материала;
- практическое ознакомление с элементами электрооборудования автомобилей;
- ознакомление с методикой, стандартами, оборудованием и приборами для определения основных параметров электрических цепей;
- приобретение практических навыков работы с приборами и оборудованием, применяемыми для лабораторных исследований элементов электрических цепей автомобилей;
- освоение методики обработки результатов исследований и обоснование заключений о работоспособности элементов электрооборудования.

Лабораторные работы выполняются группами учащихся по 2–3 человека на рабочих местах, обеспеченных необходимым оборудованием и методическими указаниями по проведению испытаний.

1 Исследование и диагностирование генераторов переменного тока

Цель работы: изучить устройство и принцип работы автомобильного генератора с клювообразным ротором; научиться определять неисправности.

1.1 Общие положения

Генератор представляет собой синхронную трехфазную машину с выпрямлением напряжения полупроводниковым выпрямителем. Электрическая схема генератора показана на рисунке 1.1. Обмотка возбуждения создает магнитный поток возбуждения. Магнитное поле пересекает проводники обмотки статора. Вследствие этого в обмотках статора индуктируется переменная ЭДС $E\phi_1$, $E\phi_2$, $E\phi_3$ одинаковой величины и частоты, но сдвинутые по фазе на 120 эл. град.

ЭДС фазы обмотки статора определяется выражением

$$E\phi = 4,44 \cdot K_\phi \cdot f \cdot W_1 \cdot K_{об} \cdot \Phi,$$

где f – частота тока, Гц, $f = (P \cdot n)/60$;

W_1 – число витков фазы обмотки статора;

$K_{об}$ – обмоточный коэффициент обмотки статора;

Φ – магнитный поток возбуждения ротора;

P – число пар полюсов;

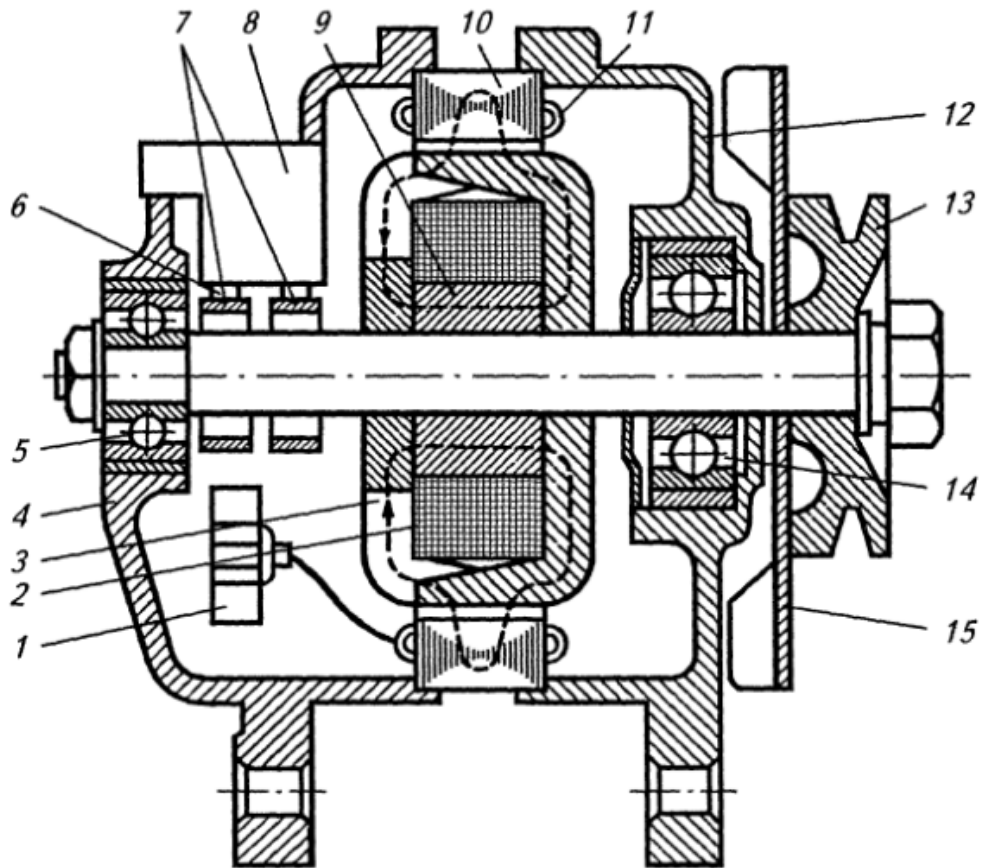
n – частота вращения генератора, мин⁻¹.

Магнитное поле, созданное обмоткой переменного тока, вращается в пространстве с той же скоростью, что и ротор, т. е. синхронно. Отсюда и название синхронный генератор.

Рассмотрим работу трехфазного генератора с выпрямителем на нагрузку R_n при соединении обмотки статора в звезду. Концы фазных обмоток генератора соединены с выпрямителем, собранным по трехфазной двухполупериодной схеме. В этой схеме применены шесть вентиляей. В верхней группе вентиляей положительной полярности (1, 3, 5) катоды электрически связаны между собой, в нижней группе вентиляей отрицательной полярности (2, 4, 6) аноды электрически связаны между собой.

В такой схеме в проводящем направлении работают из верхней группы вентилю, у которого анод имеет наиболее высокий потенциал, и из нижней группы вентилю, у которого катод имеет более высокий потенциал. Следовательно, в любой момент времени работают два вентиля – один положительной полярности (верхний), другой отрицательной полярности (нижний), и каждый вентилю пропускает ток в течение трети периода.

Упрощенная схема устройства автомобильного генератора переменного тока с клювообразным ротором представлена на рисунке 1.1.



1 – выпрямительный блок; 2 – обмотка возбуждения; 3 – полюс ротора; 4, 12 – крышки генератора; 5, 14 – подшипники; 6 – меднографитные щетки; 7 – контактные кольца; 8 – пластмассовый щеткодержатель; 9 – втулка ротора; 10 – магнитопровод статора; 11 – обмотка статора; 13 – шкив; 15 – крыльчатка

Рисунок 1.1 – Автомобильный генератор переменного тока с клювообразным ротором

В крышке 4 со стороны контактных колец установлены пластмассовый щеткодержатель 8 с двумя прямоугольными меднографитными щетками 6 и выпрямительный блок 1. При помощи крыльчатки 15 создается притяжная вентиляция для охлаждения генератора. Привод генератора осуществляется при помощи шкива 13.

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

При вращении ротора 3 под каждым зубцом статора 10 проходит попеременно то положительный, то отрицательный полюс, т. е. магнитный поток, пересекающий обмотку статора 11, изменяется по величине и направлению. При

этом в обмотках фазы будет индуцироваться переменная по величине и направлению ЭДС.

Статор. Пакет статора 10 набирается из пластин электротехнической стали толщиной $0,5 \cdot 10^{-3}$ м каждая. Две крайние пластины для увеличения жесткости изготовлены из стали 10 и имеют толщину $2 \cdot 10^{-3}$ м.

Пластины, из которых набран пакет статора 10, соединены сваркой в шести местах по наружной поверхности пакета.

Верхняя часть пакета имеет 18 равномерно расположенных по окружности пазов трапецеидального сечения, в которые помещена распределенная однослойная обмотка 11, выполненная по типу волновых обмоток постоянного тока. Обмотка трехфазная катушечная соединена по схеме «звезда». Каждая фаза состоит из шести непрерывно намотанных катушек. Каждая катушка состоит из 13 витков медного провода марки ПЭВ-2 диаметром $1,35 \cdot 10^{-3}$ / $1,46 \cdot 10^{-3}$ м. Число витков на фазе – 78, сопротивление фазы в холодном состоянии генератора – 0,086 Ом. Статор является якорем синхронного генератора.

Ротор. Втулка 9 и примыкающие к ее торцам два полюсных наконечника 3 образуют 12-полюсную магнитную систему. Ротор является индуктором синхронного генератора.

Полюсные наконечники выполняются холодной штамповкой из полосовой стали толщиной $12 \cdot 10^{-3}$ м с последующей обработкой по наружному диаметру. Для снижения магнитного шума наружной поверхности полюса ротора имеет скосы (на сбегавшем крае).

Обмотка возбуждения 2 наматывается на втулку 9 в несколько рядов. Всего намотано 490 рядов медного провода марки ПЭВ-2 диаметром $0,74 \cdot 10^{-3}$ / $0,83 \cdot 10^{-3}$ м. Провод в рядах укладывается со слоями конденсаторной бумаги. По бокам катушки возбуждения устанавливают защитные картонные шайбы, а сверху ее обклеивают крепированной бумагой, которая образует слой наружной изоляции. Сопротивление обмотки в холодном состоянии – 3,7 Ом. Концы обмотки возбуждения припаяны к двум изолированным друг от друга и от вала медным контактными кольцам 7.

Крышки генератора. 4, 12 выполняются из алюминиевого сплава литьем под давлением. Посадочные места под шарикоподшипники и отверстия в лапах для крепления генератора к двигателю с целью предотвращения возможности износов, армированы стальными заливочными втулками. В крышках установлены закрытые шарикоподшипники с двухсторонним резиновым уплотнением и одноразовой кремнийорганической смазкой.

Крышка со стороны привода 12 (передняя крышка) имеет вентиляционные отверстия, а также два резьбовых отверстия для съема крышки с вала ротора в процессе разборки генератора.

Крышка со стороны контактных колец 4 (задняя крышка) имеет также вентиляционные отверстия и кронштейн (лапу) для крепления генератора на двигателе. На крышке 4 двумя винтами крепится пластмассовый щеткодержатель 8, в направляющих отверстиях которого находятся две прямоугольные меднографитовые щетки 6 размерами 6×6 , 5×15 (10^{-3} м). Одна щетка соединена с «массой» генератора, другая медным проводом с клеммой «Ш» генера-

тора. Внутри крышки монтируется трехфазный двухполупериодный выпрямитель на вентилях типа Д242 (9). Для повышения надежности выпрямительного устройства и снижения трудоемкости при сборке генератора типа Г 250 применяется выпрямительный блок ВБГ-1 (см. рисунок 1.1).

В блоке ВБГ-1 разнополярные вентили специального исполнения попарно запрессовываются в трех отдельных ребристых алюминиевых теплоотводах 1, которые одновременно выполняют роль фазных выводов генератора. Положительные выводы вентиля припаивают к сборной шине 2, являющимся положительным (+) выводом блока, а отрицательные выводы припаивают к сборной шине 3, являющейся отрицательным (-) выводом блока. Все теплоотводы и соединительные шины крепятся на пластмассовом основании 4. Блок ВБГ-1 с помощью болта, который является плюсовой клеммой генератора, и винта, который является минусовой клеммой генератора, закрепляется в крышке генератора со стороны контактных колец.

Кроме того, для повышения вибропрочности предусмотрено дополнительное крепление сборной шины 3 блока винтами к крышке.

Для охлаждения катушек обмотки статора, а также кремниевых диодов выпрямителя в генераторе применена протяжная вентиляция, осуществляемая с помощью крыльчатки 15, связанной с приводным шкивом 13 генератора. Крыльчатка генератора штампованная, изготовлена из тонколистовой стали и имеет десять лопастей. Шкив генератора литой.

Все модификации генератора переменного тока типа Г 250 (Г 250 АI, -ВI, -ГI, -ДI, -ЕI, -ИI, -ЖI) полностью унифицированы, а отличаются лишь размерами приводных шкивов.

Основные неисправности.

В генераторах могут возникать следующие основные неисправности: плохой контакт между щетками и контактными кольцами ротора; обрыв обмотки возбуждения; замыкание обмотки возбуждения на корпус ротора; межвитковое замыкание катушки обмотки возбуждения; обрыв в цепи фазовой обмотки статора; межвитковое замыкание в катушках обмоток статора; замыкание обмотки статора на корпус; замыкание зажима + на корпус; пробой диодов выпрямительного блока; механические неисправности.

Плохой контакт между щетками и контактными кольцами ротора возникает при загрязнении и замасливание колец, большом износе щеток, уменьшении давления пружин на щетки и зависании щеток в щеткодержателях. При таких дефектах повышается сопротивление в цепи возбуждения, и поэтому снижается сила тока возбуждения и уменьшается мощность генератора. Кроме того, плохой контакт между щетками и контактными кольцами является одной из причин резкого колебания стрелки амперметра. Напряжение генератора в этих случаях может достигать регулируемой величины только при повышенной частоте ротора. Для устранения неисправности следует снять щеткодержатель и щетки тряпкой, смоченной в бензине. При износе щеток до высоты менее $8 \cdot 10^{-3}$ м их заменяют.

Обрыв обмотки возбуждения чаще всего происходит в местах пайки концов обмотки к контактными кольцам. Этот дефект устраняется бескислотной

пайкой мягкими припоями. Когда обрыв произошел внутри катушки, производят замену или перемотку катушки.

Замыкание обмотки возбуждения на корпус ротора возникает в результате разрушения изоляции обмотки. При замыкании на корпус часть обмотки закорачивается, и по ней не будет проходить ток. В результате генератор работать не будет.

1.2 Оборудование

Генератор Г 250 в сборе, резные образцы, щиты с деталями и плакаты, цифровой осциллограф АКИП 41-15-2А.

1.3 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с устройством отдельных деталей и узлов генератора.

2 Вычертить электрическую схему соединения обмоток якоря, возбуждения и диодов выпрямителя и обозначить выводы генератора.

3 Собрать схему, приведенную на рисунке 1.2, при этом исправность обмотки возбуждения и надежность прилегания щеток к контактным кольцам ротора проверить на стенде. Для этого к штекерам обмотки подсоединить источник напряжения постоянного тока или аккумуляторную батарею. Последовательно в цепь схемы включить амперметр РА. Потребляемый ток определяется по формуле

$$I = \frac{U}{R},$$

где R – сопротивление обмотки возбуждения, Ом.

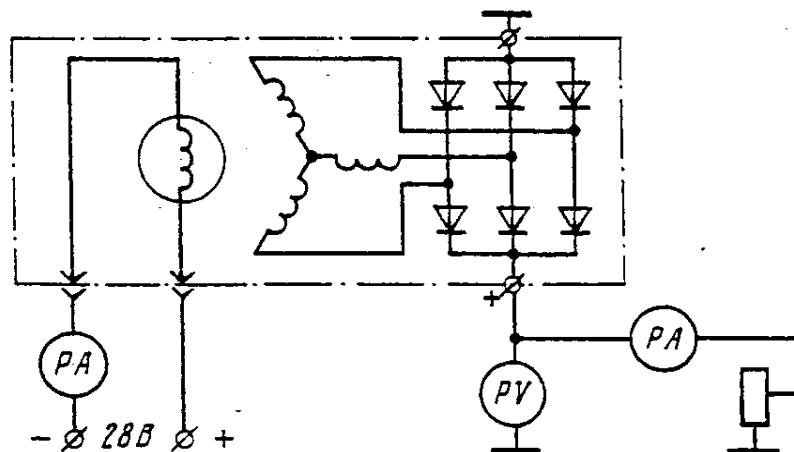


Рисунок 1.2 – Схема соединений при проверке технического состояния генератора

Если в обмотке возбуждения имеется обрыв, то в цепи собранной схемы не будет тока.

Исправность обмотки ротора проверить с помощью омметра.

Обмотку статора проверить после разборки генератора с отсоединенными от выпрямительного блока выводами этой обмотки.

Для определения обрыва в фазной обмотки статора поочередно присоединить по две фазы обмотки к омметру. В случае обрыва обмотки в какой либо фазе стрелка омметра не отклоняется.

1.4 Содержание отчета

1 Краткое описание устройства клювообразного вентильного генератора и принципа работы.

2 Электрическая схема соединения обмоток якоря, возбуждения и диодов выпрямителя.

Контрольные вопросы

- 1 Изложить принцип действия генератора переменного тока.
- 2 Изложить принцип действия мостовой трехфазной схемы выпрямителя.
- 3 Дать определение внешней характеристике генератора переменного тока.
- 4 Перечислить составные части генератора переменного тока.
- 5 Как проверить техническое состояние обмоток генератора?

2 Исследование и диагностирование аккумуляторных батарей

Цель работы: изучить устройство, особенности конструкции аккумуляторных батарей, определить тип, технические характеристики исследуемой аккумуляторной батареи, способы проверки ее технического состояния.

2.1 Общие положения

Аккумуляторная батарея, устанавливаемая на автомобиле, является источником электрической энергии и служит для пуска двигателя стартером, питания постоянным электрическим током потребителей при неработающем двигателе. Она состоит из блоков пластин, которые, в свою очередь, собраны из полублоков положительных и отрицательных пластин, изолированных друг от друга сепараторами. Каждый полублок собран с помощью баретки, которая имеет борт и мостик. Пластины состоят из профилированных решеток, в которых вмазана паста, образующая при формировании пластины активную массу. Решетку отливают из свинцовых сплавов. В полностью заряженном свинцовом аккумуляторе активной массой положительных электродов является двуокись свинца PbO_2 , а отрицательных – губчатый свинец Pb . Свинец имеет серый цвет, а двуокись свинца – темно-коричневый. Число электродов в полублоках определяет номинальную емкость аккумуляторной батареи. Сепараторы предот-

вращают короткое замыкание между разнополярными электродами. В качестве материала сепараторов используются микропористый эбонит, микропористый полихлорвинил, порозинил.

Батареи собирают в моноблоках из эбонита (ГОСТ 6980–76) или из пластических масс (ГОСТ 7883–82), или в моноблоках из других материалов. Моноблок аккумуляторов в батарее представляет собой сосуд, разделенный перегородками на отдельные ячейки по числу аккумуляторов в батарее. Электролитом для свинцовых аккумуляторных батарей является водный раствор серной кислоты H_2SO_4 с массовой концентрацией от 28 % до 40 %. Плотность электролита в конце заряда аккумулятора составляет $1,27 \text{ г/см}^3$.

Реакция, протекающая в аккумуляторе, описывается уравнением:



Таким образом, при разряде аккумулятора расходуется серная кислота, образуется вода, а на обоих электродах – сульфат свинца. При заряде процессы протекают в обратном направлении. Является характерным сильное разбавление электролита во время разряда из-за потребления серной кислоты и образования воды. Поэтому измерение плотности электролита служит удобным и точным средством определения степени заряженности аккумулятора.

Для практических целей электродвижущая сила свинцового аккумулятора определяется по эмпирической формуле:

$$E = 0,84 + \rho_{25}, \quad (2.2)$$

где ρ_{25} – плотность электролита, измеренная денсиметром при температуре $+25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Плотность электролита измеряют денсиметром, помещенным в стеклянную пипетку, при этом рукой сжимают резиновую грушу и наконечник пипетки погружают в электролит. При отпуске груши полость пипетки заполняется электролитом, плотность его определяют по делению шкалы денсиметра, которое устанавливается на уровне мениска электролита. Во время отсчета показаний денсиметра уровень электролита в пипетке должен совпадать с уровнем глаз.

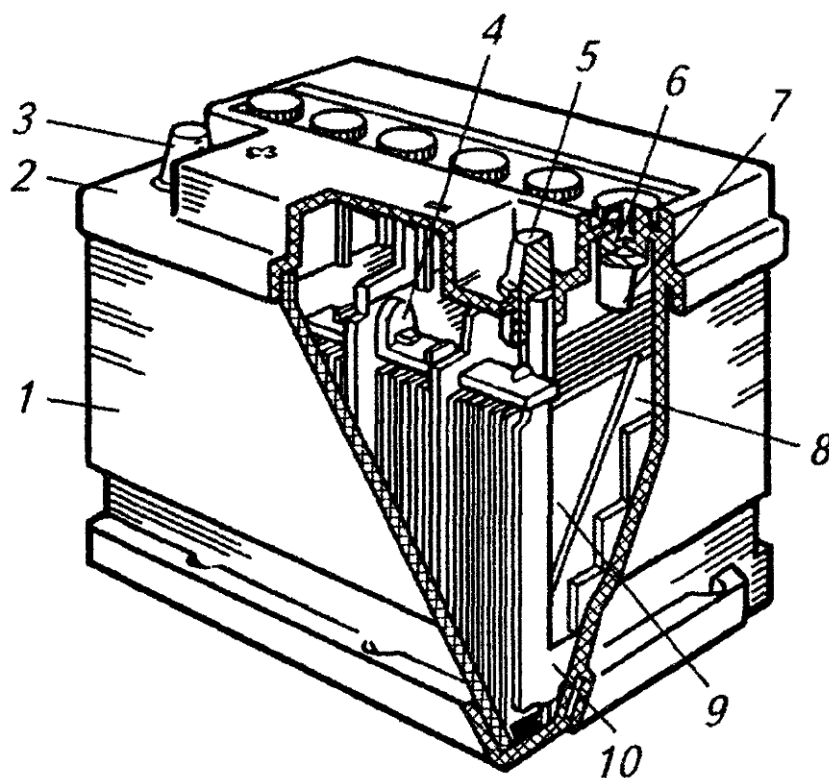
Уровень электролита контролируется стеклянной трубкой, которую опускают вертикально в заливное отверстие до упора в предохранительный щиток. Затем верхний конец трубки зажимают пальцем и вынимают ее из аккумулятора. Высота столбика электролита в трубке соответствует уровню электролита в аккумуляторе над предохранительным щитком. Нормальным считается уровень в пределах 10...15 мм.

Техническое состояние аккумуляторных батарей оценивают с помощью нагрузочной вилки путем определения напряжения каждого аккумулятора под нагрузкой. Нагрузочные резисторы установлены между контактными ножками. Резистор сопротивлением 0,01 Ом включают при проверке батарей емкостью 75...105 А·ч силой тока до 160 А. Резистор сопротивлением 0,02 Ом

предназначается для определения технического состояния батарей емкостью 45...60 А·ч. Подключаются резисторы гайками. При одновременном подключении резисторов может быть обеспечена сила тока до 260 А для аккумуляторных батарей емкостью 105...132 А·ч.

Напряжение на выводах исправного аккумулятора должно быть 1,7...1,8 В. Если напряжение аккумулятора ниже, чем 1,7 В, то батарею следует подзарядить. К неисправностям аккумуляторных батарей, возникающих в процессе эксплуатации, относятся окисление выводов и наконечников проводов, нарушение герметичности, ускоренный саморазряд, сульфатация, короткое замыкание и преждевременное разрушение электродов.

Аккумуляторная батарея представлена на рисунке 2.1.



1 – моноблок; 2 – крышка; 3 и 5 – соответственно положительный и отрицательный полюсные выводы; 4 – межэлементное соединение; 6 – пробка; 7 – индикатор уровня жидкости; 8 – сепаратор; 9 и 10 – соответственно положительный и отрицательный электроды

Рисунок 2.1 – Стартерная аккумуляторная батарея с закрытыми межэлементными соединениями

2.2 Оборудование

Аккумуляторная батарея, лабораторный стенд НТЦ-15.42 «Системы питания и генераторные установки автомобилей», автоматическое зарядное устройство мод. РW 260.

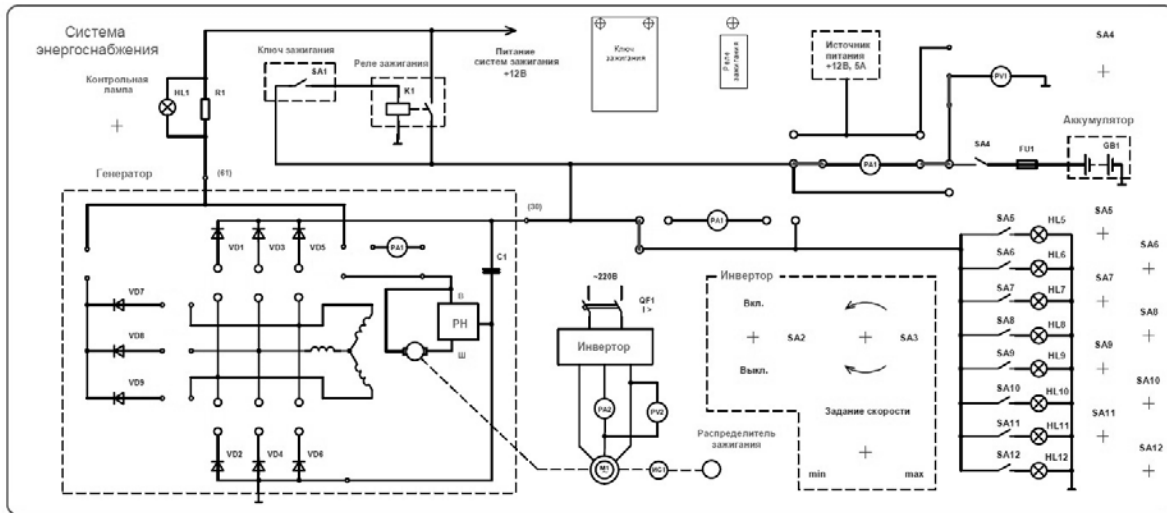


Рисунок 2.2 – Схема подключения для снятия внешней характеристики аккумуляторной батареи

2.4 Содержание отчета

- 1 Краткое описание устройства аккумуляторной батареи.
- 2 Записать в отчет химическую реакцию, которая протекает в аккумулятор
- 3 Привести таблицу с полученными данными в ходе эксперимента и построить по полученным значениям внешнюю характеристику аккумуляторной батареи $U_{акб} = f(I_n)$.

Контрольные вопросы

- 1 Устройство аккумуляторной батареи.
- 2 Способы определения технического состояния аккумуляторной батареи.
- 3 Дать определение внешней характеристики аккумуляторной батареи.
- 4 Как определить внутреннее сопротивление батареи по внешней характеристике?

3 Исследование регуляторов напряжения

Цель работы: изучить устройство и принцип действия автомобильных бесконтактных транзисторных регуляторов напряжения.

3.1 Общие положения

Бесконтактные транзисторные регуляторы напряжения предназначены для регулирования напряжения автомобильных генераторов переменного тока в заданных пределах и выполнены в виде бесконтактных реле на трех и более транзисторных усилителях, принципиальная схема одного из которых, а также выходные и входная статические характеристики транзистора приведены на рисунке 3.1.

Транзисторный усилитель выполнен на одном транзисторе и трех резисторах, при этом резистор R_k включен в цепь коллектора транзистора, резисторами $R_{Б1}$ и $R_{Б2}$ обеспечивается подача на базу транзистора напряжения смещения, соответствующего выбранной точке Б1 на входной статической характеристике транзистора, представляющей собой зависимость тока базы I_b от напряжения между базой и эмиттером $U_{бэ}$.

В исходном состоянии транзистор открыт, т. к. при наличии напряжения смещения протекает ток базы, в десятки раз превышающий ток коллектора. Напряжение, которое необходимо усилить, подается между эмиттером и базой называется входным напряжением. Если входное напряжение увеличивается, например, на 0,2 В, то в соответствии со статической входной характеристики будет увеличиваться ток базы, что соответствует точке А1 входной статической характеристики. Увеличится соответственно и ток коллектора (точка А на выходных характеристиках). Произведение тока коллектора на сопротивление резистора R_k , равное $I_k R_k$, называется падением напряжения на резисторе.

При увеличении тока коллектора это падение напряжения увеличивается. Так как напряжение питания транзисторного усилителя, обозначаемое E_k равно сумме падения напряжения на резисторе R_k и напряжения на выходе усилителя, а именно $E_{л} = I_k R_k + U_{вых}$, то с увеличением на некоторую величину падения напряжения на резисторе R_k , например, на 4 В, при постоянном напряжении питания на такую же величину изменится напряжение на выходе транзистора, т. е. на 4 В. Таким образом, при изменении напряжения на входе транзисторного усилителя на 0,2 В на его выходе произошло изменение напряжения, равное 4 В, т. е. изменение напряжения на выходе усилителя по сравнению с изменением его на входе увеличилось в 20 раз.

Если ток базы и ток коллектора достигает предельного допустимого значения, то напряжение на выходе транзистора равно нулю, то все напряжение питания усилителя падает на резисторе, включенном в цепь коллектора. Если токи базы и коллектора равны нулю, то транзистор закрыт, на его выходе имеется напряжение, величина которого равна напряжению питания усилителя.

Регулятор напряжения выполнен на трех транзисторных усилителях, стабилитроне, резисторах, диодах. Стабилитрон включен в цепь базы первого транзистора.

При включении замка зажигания ВЗ (рисунок 3.2) регулятор напряжения и обмотка возбуждения генератора подключается к аккумуляторной батарее.

С увеличением частоты вращения генератора увеличивается его напряжение, и до тех пор, пока напряжение генератора не достигнет величины, равной 13,2 В стабилитрон закрыт, сопротивление его максимально, ток базы первого транзистора равен нулю, поэтому равен нулю и его ток коллектора. Первый транзистор закрыт, поэтому напряжение на выходе первого усилителя, подаваемое на базу второго транзистора и посредством его на базу третьего транзистора, отрицательно и равно 13,2 В, а второй и третий транзисторы регулятора открыты, ток коллектора третьего транзистора протекает по обмотке возбуждения генератора. Напряжение на выходе генератора повышается до напряжения верхнего предела, которое для умеренной зоны равно 14,2 В.

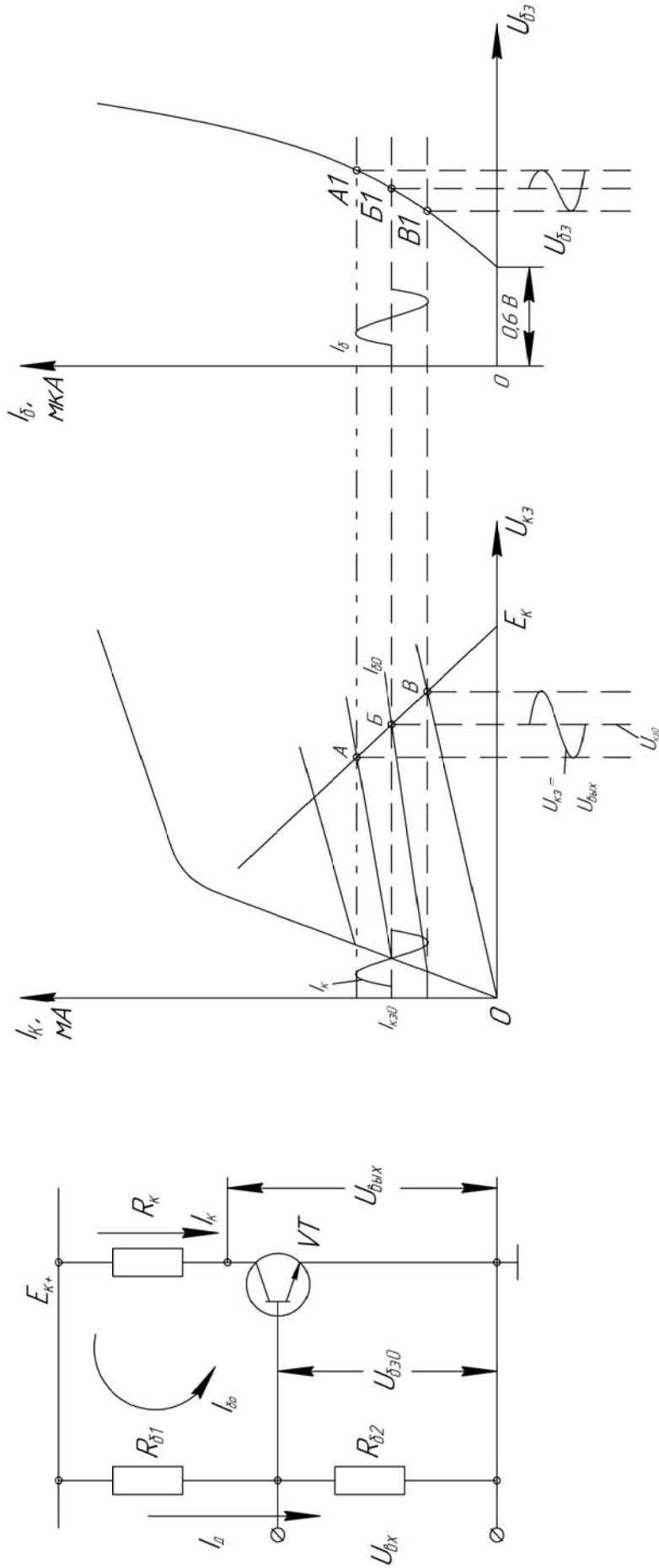


Рисунок 3.1 – Схема и характеристики транзисторного усилителя

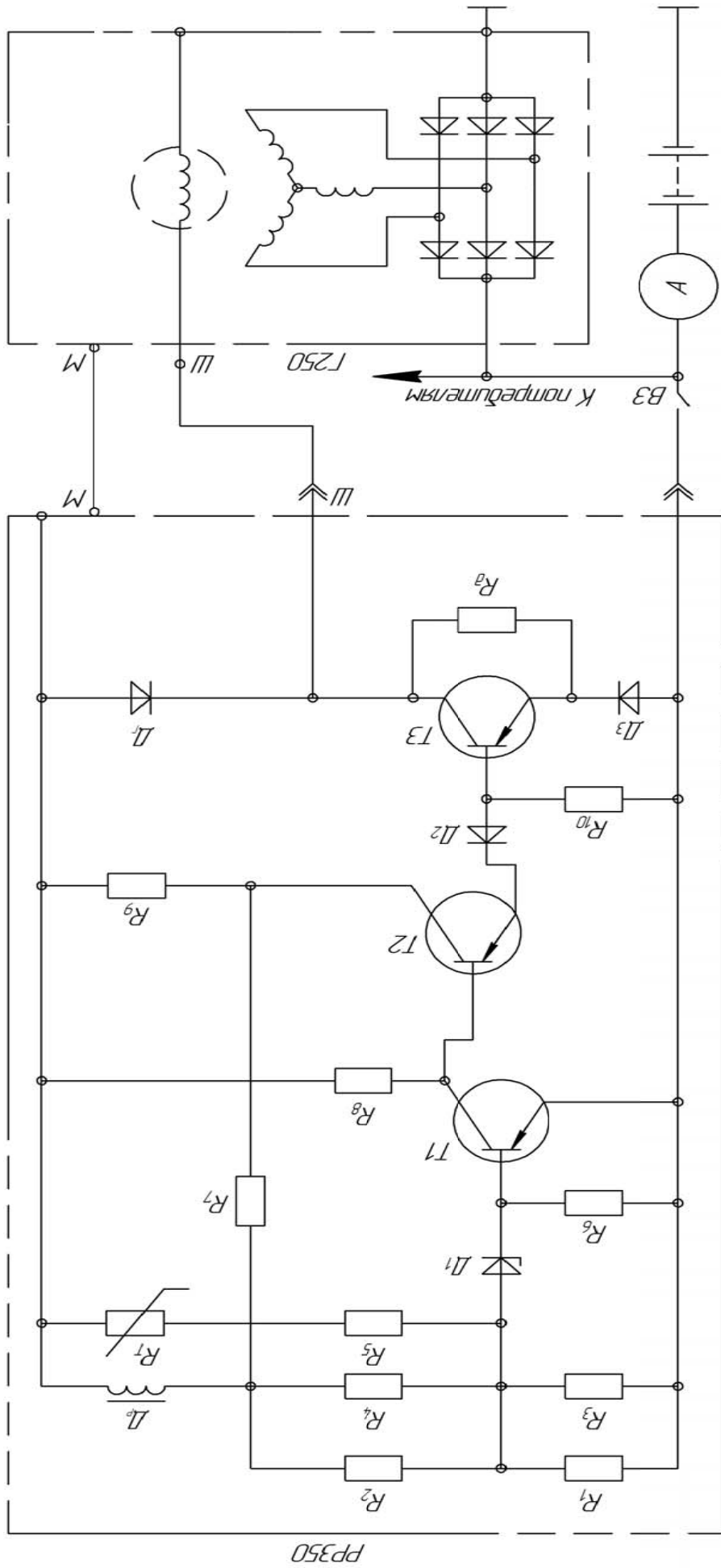


Рисунок 3.2 – Схема регулятора напряжения

При достижении напряжением бортовой сети величины, равной 14,2 В, срабатывает стабилитрон, т. е. сопротивление его становится равным нулю, появляются токи базы и коллектора первого транзистора, на выходе первого транзистора напряжение становится равным нулю, которое подается на базу второго транзистора. Поэтому второй и третий транзисторы закрываются, ток по обмотке возбуждения генератора прекращается, напряжение на выходе генератора начинает снижаться до 13,2 В.

Измерительный орган регулятора напряжения (см. рисунок 3.2), предназначенный для сравнения напряжения генератора с заданным уровнем напряжения, включает в себя первый транзистор, делитель напряжения, состоящий из резисторов R_1, R_2, R_3, R_4 , термосопротивление R_T , дроссель D_P , стабилитрон D_1 , пятого, шестого, седьмого, и восьмого резистора, при этом дросселем обеспечивается сглаживание пульсаций напряжения на выходе регулятора, термосопротивлением, представляющим собой терморезистор, компенсируется повышение напряжения при нагреве транзисторов.

Включение регулятора напряжения осуществляется выключателем зажигания ВЗ при помощи штекерного разъема, имеющего на торце корпуса регулятора маркировку проводов соединения, а именно + – плюс, Ш – шунт, М – масса, при этом с помощью клеммы Ш разъем соединяет регулятор с обмоткой возбуждения генератора, клеммой + – с положительным зажимом генератора, а клеммой М – с отрицательным зажимом генератора. Второй и третий усилители имеют три резистора и три диода, при этом диодом D_P , обеспечивается защита третьего транзистора от пробоя, он является гасящим, а применением второго и третьего диода обеспечивается улучшение условий запирающего второго и третьего транзисторов регулятора.

3.2 Оборудование

Регулятор напряжения, усилитель на транзисторе, источники постоянного тока, измерительные приборы постоянного тока, цифровой осциллограф АКПП-4115/2А.

3.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить принцип действия усилителя на транзисторе, регулятора напряжения.

2 Собрать схему транзисторного усилителя согласно рисунку 3.3. Включить регулируемый источник постоянного тока I в сеть. Регулируемым потенциометром 3 источника постоянного тока I установить напряжение по вольтметру 2 , равное 12 В. Соединить проводом плюс источника 4 постоянного тока с верхней 5 клеммой усилителя 6 , а минус 7 источника I постоянного тока проводом с нижней клеммой 8 усилителя 7 . Измерить с помощью вольтметра постоянного тока 9 напряжение на коллекторе 10 транзистора 11 и напряжение на резисторе 12 нагрузки и записать их значения в отчет. Измерить с помощью цифрового осциллографа АКПП-4115/2А напряжение на резисторе R_{B2} .

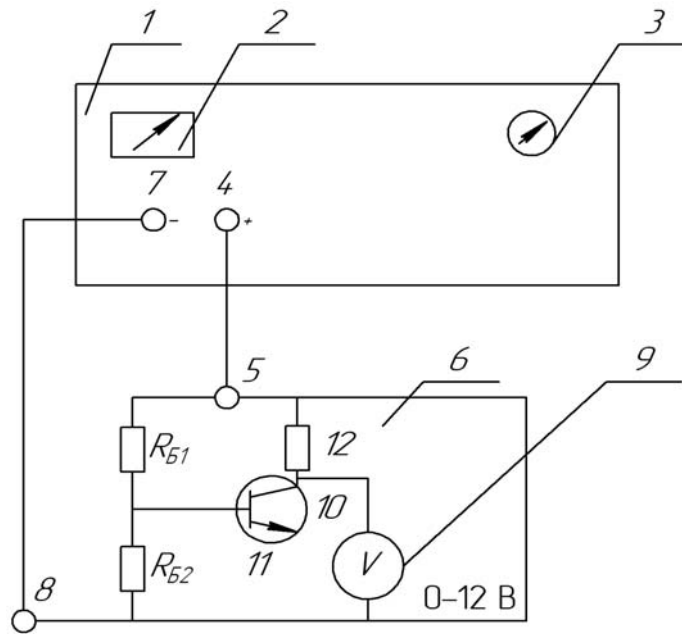


Рисунок 3.3 – Схема включения цепи

3 На резистор R_{B2} усилителя подать от второго источника постоянного тока напряжение, равное 1 В. Напряжение измерить цифровым осциллографом АКПП-4115/2А. Измерить с помощью вольтметра постоянного тока 9 напряжение на коллекторе 10 транзистора 11 и напряжение на резисторе 12 нагрузки и записать их значения в отчет.

3.4 Содержание отчета

Начертить схемы, изображенные на рисунках 3.1 и 3.2. Изложить в отчете принцип действия транзисторного усилителя и регулятора напряжения. Привести результаты экспериментальных исследований.

Контрольные вопросы

- 1 Изложить принцип действия транзисторного усилителя.
- 2 Изложить принцип действия регулятора напряжения.

4 Исследование и диагностирование электрического стартера

Цель работы: изучить устройство и принцип действия электрического стартера.

4.1 Общие положения

На автомобилях для пуска ДВС применяются электродвигатели постоянного тока, которые подразделяются на двигатели последовательного, парал-

лельного, смешанного и независимого возбуждения.

В случае, если обмотка якоря электродвигателя и обмотка возбуждения подключены к различным источникам питания, его называют *двигателем с независимым возбуждением* (рисунок 4.1).

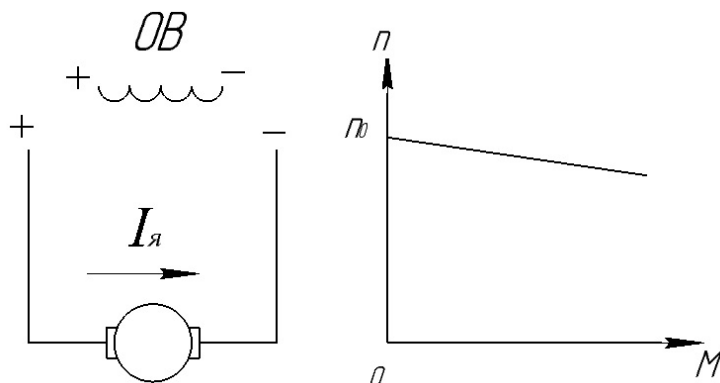


Рисунок 4.1 – Схема двигателя с независимым возбуждением и его механическая характеристика

При взаимодействии тока якоря, протекающего по обмотке якоря и магнитного потока Φ , создаваемого током возбуждения на валу двигателя возникает вращающий момент, который посредством шестерни стартера и маховика проворачивает коленчатый вал двигателя.

Вращающий момент определяется выражением

$$M = C_M \cdot I_{\text{я}} \cdot \Phi, \quad (4.1)$$

где $I_{\text{я}}$ – ток якоря, А;

Φ – магнитный поток, Вб;

C_M – постоянная момента.

Постоянную момента находят по формуле

$$C_M = \frac{P \cdot N}{2 \cdot \pi \cdot a}, \quad (4.2)$$

где P – число пар полюсов;

N – число проводников обмотки якоря;

a – число пар параллельных ветвей обмотки якоря.

Необходимый момент для прокручивания ДВС (150...250 Н·м) создается за счет передаточного отношения между шестерней стартера и зубчатым венцом маховика.

В электродвигателе с параллельным возбуждением обмотка возбуждения подключена параллельно с обмоткой якоря к источнику напряжения. Особенностью этого двигателя является то, что ток возбуждения I_B не зависит от тока якоря $I_{\text{я}}$ (нагрузки на валу) (рисунок 4.2).

В электродвигателях с последовательным возбуждением обмотка возбуждения включается последовательно с обмоткой якоря и поэтому $I_{\text{я}} = I_B$ (рисунок 4.3).

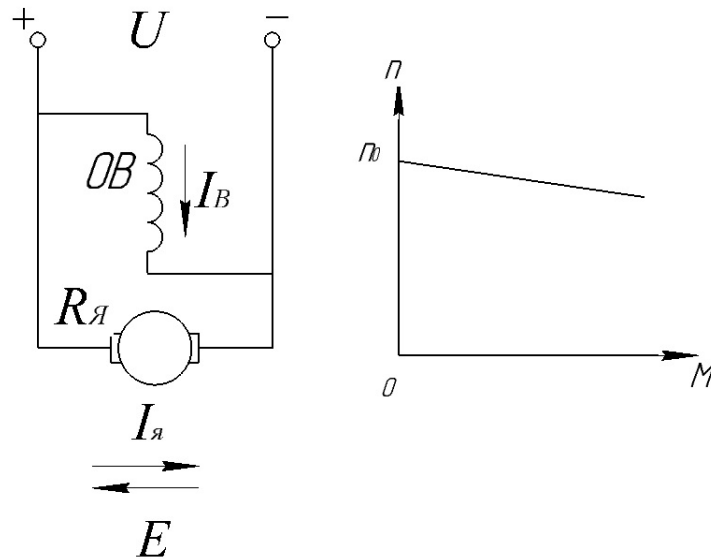


Рисунок 4.2 – Схема двигателя с параллельным возбуждением и его механическая характеристика

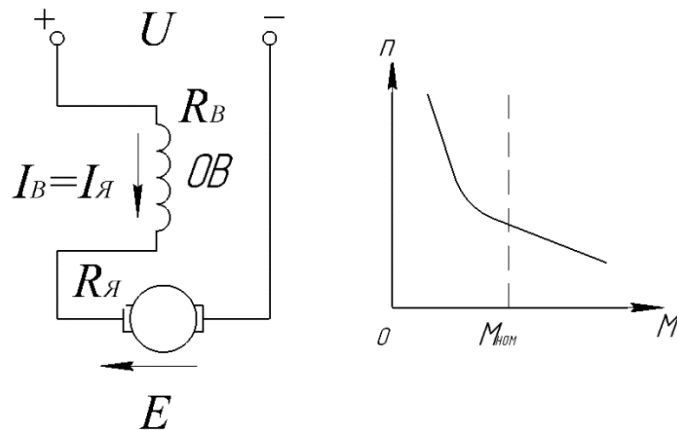


Рисунок 4.3 – Схема двигателя с последовательным возбуждением и его механическая характеристика

В электродвигателе со смешанным возбуждением магнитный поток Φ создается в результате совместного действия двух обмоток возбуждения: параллельной $OB1$ и последовательной $OB2$, поэтому его механическая характеристика располагается между характеристиками двигателей с параллельным и последовательным возбуждением (рисунок 4.4).

Конструкция стартеров.

Конструктивно электростартер объединяет в себе электродвигатель и механизм привода с электромагнитным тяговым реле, муфтой свободного хода и шестерней понижающего редуктора. В стартер может быть встроен дополнительный редуктор, если передаточное число от шестерни привода к венцу маховика недостаточно.

Корпус выполняют из цельнотянутой трубы или стальной полосы с последующей сваркой стыка. К корпусу винтами прикреплены полюсы – на стартере

их четыре. Полюсы состоят из магнитопровода и полюсных наконечников. Для обеспечения постоянного воздушного зазора по окружности между полюсами и якорем полюсы растачивают.

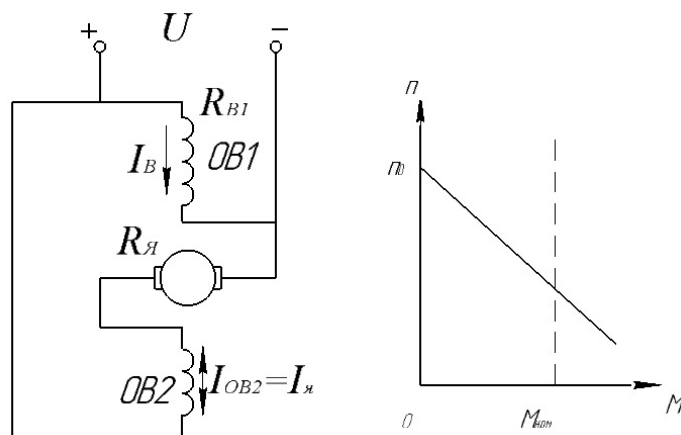


Рисунок 4.4 – Схема двигателя со смешанным возбуждением и его механическая характеристика

На полюсах располагаются катушки обмотки возбуждения. Число катушек равно числу полюсов. Для намотки последовательной обмотки возбуждения используют неизолированный медный провод прямоугольного сечения. Между витками проложен электроизоляционный картон толщиной 0,2...0,4 мм. В стартерах со смешанным возбуждением (СТ221 и др.) для намотки катушек параллельной обмотки возбуждения применяют круглый изолированный провод с эмалевой изоляцией. Внешняя изоляция представляет собой хлопчатобумажную ленту, которую для повышения электрической и механической прочности пропитывают лаком.

Якорь стартера имеет шихтованный сердечник в виде пакета стальных пластин толщиной 1,0...1,2 мм, что уменьшает потери на вихревые токи. Крайние пластины пакета из электроизоляционного картона предохраняют от повреждения изоляцию лобовых частей обмотки якоря.

Коллектор, составленный из медных ламелей, является наиболее ответственным узлом электродвигателя. Коллекторы подвергаются значительным электрическим, тепловым и механическим нагрузкам. В стартерах применяют сборные цилиндрические коллекторы на металлической втулке (стартеры большой мощности), а также цилиндрические и торцовые с пластмассовым корпусом.

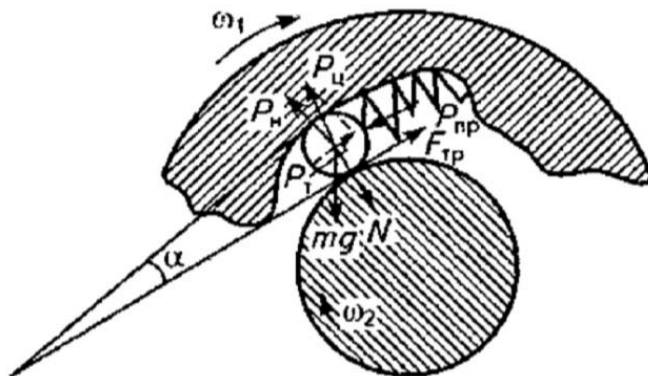
Автомобильные стартеры, имея идентичные по конструкции электродвигатели, могут существенно отличаться по конструкции приводных механизмов. По типу и принципу работы механизма привода можно выделить следующие основные группы стартеров:

- с принудительным механическим или электромеханическим перемещением шестерни привода;
- с принудительным электромеханическим вводом шестерни в зацепление

с венцом маховика и самовыключением шестерни после пуска двигателя;

- с инерционным перемещением шестерни;
- с электромагнитным вводом шестерни в зацепление за счет перемещения якоря.

На отечественных автомобилях применяются стартеры с принудительным вводом шестерни в зацепление. Для предотвращения разноса якоря после пуска ДВС на валу стартера устанавливают муфту свободного хода, которая передает усилие от якоря к шестерне и проскальзывает, когда шестерня вращается маховиком двигателя (рисунок 4.5).



$P_{ц}$ – центробежная сила, возникающая от вращения коленчатого вала; $P_{пр}$ – усилие пружины прижимающий ролик к узкому пространству; $P_{н}$ – нормальная реакция центробежной силы; $P_{τ}$ – тангенциальная составляющая центробежной силы; mg – сила тяжести ролика; α – угол заклинивания муфты

Рисунок 4.5 – Кинематическая схема муфты свободного хода

В исходном состоянии полумуфты соединены, и вращение передается коленчатому валу. При пуске двигателя появится центробежная сила, растет тангенциальная составляющая. Как только она станет больше силы, прижимающей ролик к узкому пространству, ролик переместится из узкого пространства в широкое – две полумуфты разъединятся (рисунок 4.6).

4.2 Оборудование

Стенд для испытания стартеров, источники постоянного тока, измерительные приборы постоянного тока.

4.3 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить принцип работы стартера.
- 2 Провести испытание стартера на стенде в режиме полного торможения с помощью нагрузочного устройства, изображенного на рисунке 4.4.
- 3 Переключатель вольтметра установить в положение «Стартер»
- 4 Переключатель шунтов установить в положение 1500.

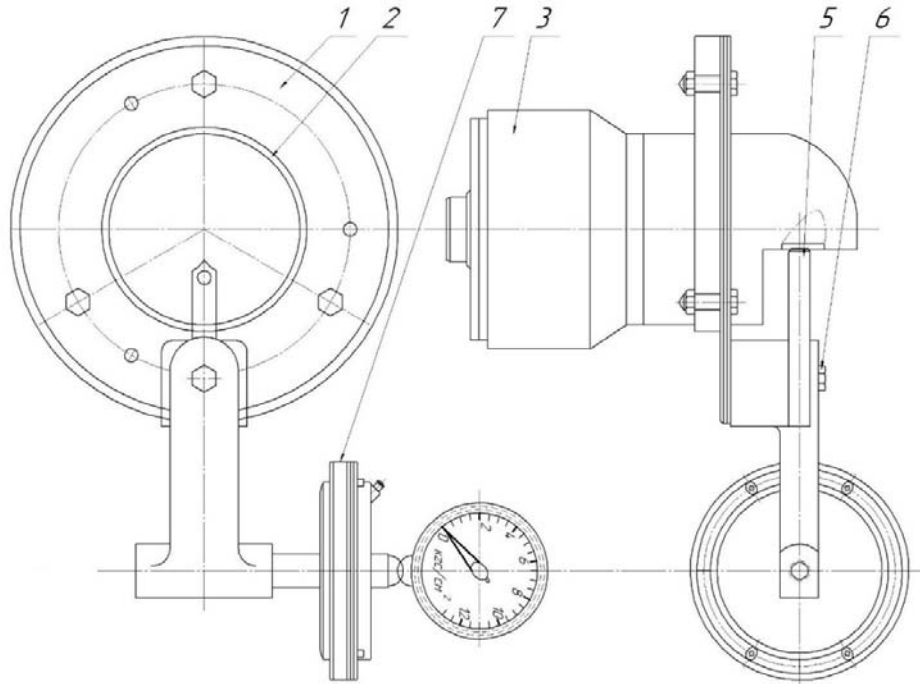
5 Переключатель аккумуляторной батареи установить в положение 12 В.

6 Нажать рычаг стартера, обеспечив зацепление шестерни стартера с рычагом нагрузочного устройства.

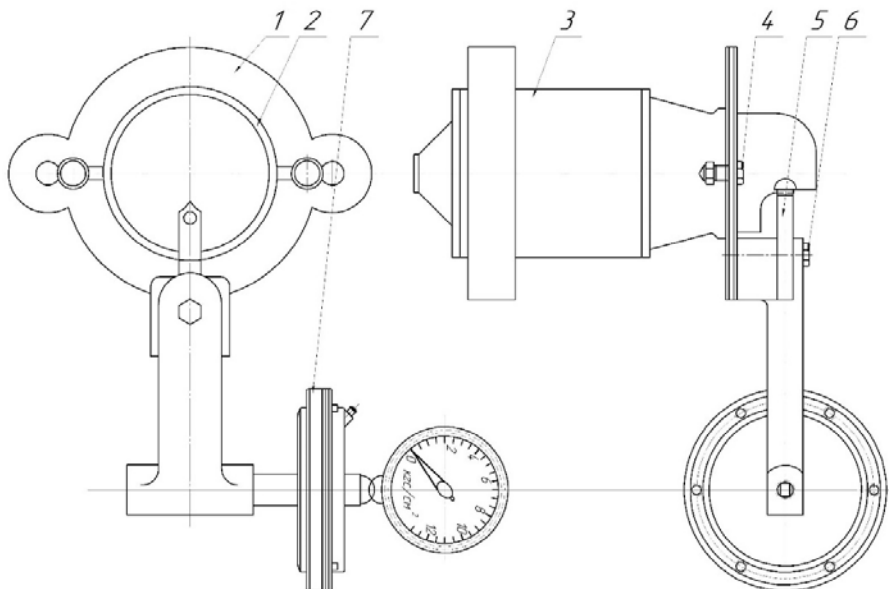
7 Нажать кнопку пуска стартера

8 Произвести замер тока, напряжения питания, момента по манометру нагрузочного устройства, занести данные в отчет.

а)



б)



а – приспособление для стартеров с тремя крепежными отверстиями;
 б – приспособление для стартеров с двумя крепежными отверстиями; 1 – фланец; 2 – втулка;
 3 – стартер; 4 – болт специальный с гайкой; 5 – рычаг; 6 – ось рычага; 7 – пневмокамера

Рисунок 4.6 – Приспособления для стартеров

4.4 Содержание отчета

- 1 Начертить схему управления стартером СТ221 и описать принцип ее действия.
- 2 Начертить характеристики стартерного электродвигателя.
- 3 Описать методику испытания стартера на стенде.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислить основные конструктивные элементы стартера.
- 2 Объяснить принцип действия схемы управления стартером.

5 Исследование классической системы зажигания

Цель работы: изучить устройство и принцип действия автомобильной классической батарейной системы зажигания.

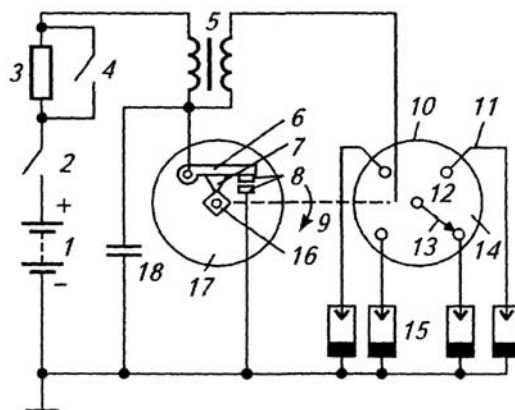
5.1 Общие положения

Классическая батарейная система зажигания, принципиальная схема которой приведена на рисунке 5.1, состоит из следующих основных элементов: катушки зажигания 5, преобразующей низкое напряжение автомобильной аккумуляторной батареи 1 в импульсы высокого напряжения, необходимые для пробоя искрового промежутка свечи зажигания; прерывателя-распределителя, необходимого для прерывания в определенный момент времени цепи тока низкого напряжения и распределения высокого напряжения по соответствующим цилиндрам; замка зажигания 2 для включения и выключения системы батарейного зажигания на автомобиле; искрогасительного конденсатора 18, уменьшающего искрение между контактами и являющегося составным элементом колебательного контура в первичной цепи после размыкания контактов прерывателя 8; добавочного резистора 3, улучшающего характеристики системы зажигания в момент пуска двигателя. При пуске двигателя добавочный резистор 3 закорачивается на период включения стартера.

Катушка зажигания, устройство которой изображено на рисунке 5.2, представляет собой электрический трансформатор. В конструктивном отношении все катушки батарейной системы зажигания практически аналогичны и отличаются лишь обмоточными параметрами и составом пропиточного материала, используемого для повышения электрической прочности и отвода тепла от обмоток на корпус.

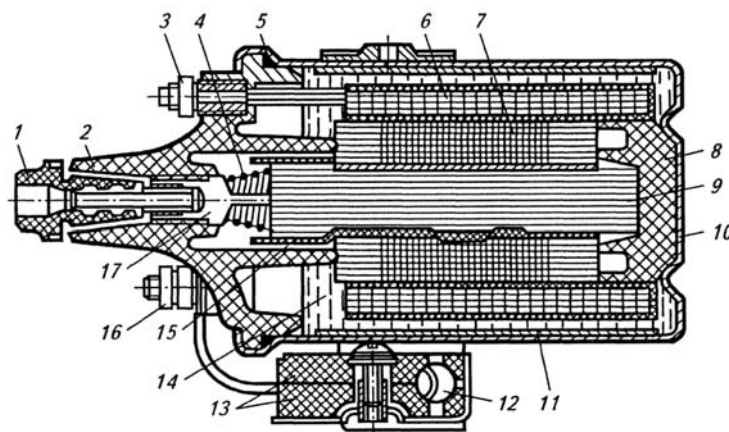
Магнитная цепь катушки включает в себя сердечник 15 и наружный магнитопровод. Сердечник с целью уменьшения потерь на вихревые токи, образующиеся при пульсации магнитного потока, набран из листов электрической стали, в количестве 25...30 пластин марки 31, толщиной $0,5 \cdot 10^{-3}$ м. Длина пластин составляет примерно $80 \dots 100 \cdot 10^{-3}$ м. Наружный магнитопровод 10

собиран из двух тонкостенных цилиндров из электрической стали, имеющих разрез вдоль оси.



1 – аккумуляторная батарея; 2 – выключатель зажигания; 3 – рычажок; 4 – подушечка; 5 – катушка зажигания; 6 – рычажок; 7 – подушечка из текстолита; 8 – контакты прерывателя; 9 – бегунок; 10 – крышка распределителя – прерывателя; 11 – неподвижные боковые электроды; 12 – бегунок; 13 – электрод на бегунке; 14 – распределитель; 15 – свечи зажигания; 16 – кулачок прерывателя; 17 – прерыватель; 18 – конденсатор первичной цепи

Рисунок 5.1 – Принципиальная схема классической батарейной системы зажигания



1 – наконечник высоковольтного провода; 2 – крышка; 3 – низковольтная клемма; 4 – контактная пружина; 5 – прокладка; 6 и 7 – соответственно первичная и вторичная обмотки; 8 и 13 – изоляторы; 9 – сердечник; 10 – корпус катушки; 11 – наружный магнитопровод; 12 – добавочный резистор; 14 – трансформаторное масло; 15 – контактная пластина высокого напряжения; 16 – низковольтные клеммы ВК, ВК-Б; 17 – клемма высокого напряжения

Рисунок 5.2 – Маслонаполненная катушка зажигания

Поверх сердечника имеется картонная трубка, на которую намотана вторичная обмотка 13 проводом марки ПЭЛ, диаметром $0,06...0,08 \cdot 10^{-3}$ м; количество витков вторичной обмотки в зависимости от типа катушки батарейной системы зажигания различное и составляет около 17000...26000.

Ввиду того, что напряжение во вторичной обмотке распределяется неравномерно между рядами (слоями), для уменьшения напряжения между ними крайние ряды вторичной обмотки (первые четыре ряда и последние три ряда) наматываются не вплотную друг к другу, а с шагом, равным $1,2 \cdot 10^{-3}$ м, и изолируются друг от друга четырьмя слоями конденсаторной бумаги, между остальными слоями обычно прокладывается по два слоя конденсаторной бумаги.

Один конец вторичной обмотки (начало) соединен с выводом *1* высокого напряжения, другой вывод (конец вторичной обмотки) соединен с началом первичной обмотки *12*, образуя автотрансформаторную связь, что естественно упрощает конструкцию и технологию изготовления катушки, а также несколько увеличивает величину вторичного напряжения. Нижним концом бумаги вторичная обмотка соприкасается с фарфоровым изолятором *14*, который изолирует сердечник *15* от корпуса катушки.

Поверх вторичной обмотки и изолятора для усиления изоляции и механической защиты в два слоя наматывается бандаж из кабельной бумаги марки К 120, а затем наматывается в пять рядов первичная обмотка *12* из медного провода марки ПЭЛ диаметром $0,72 \dots 0,86 \cdot 10^{-3}$ м и с числом витков 180..330 в зависимости от типа катушек.

Изоляцией между рядами первичной обмотки служит один слой кабельной бумаги марки К 120. Снаружи первичная обмотка изолируется кабельной бумагой.

Для улучшения изоляции первичную и вторичную обмотки пропитывают трансформаторным маслом (ТКП), а затем выдерживают в сушильном шкафу при температуре 40...50 град. Обмотки вместе с сердечником, торцовым изолятором и наружным магнитопроводом размещены в корпусе *8*.

Внутреннее пространство корпуса заливают или специальной копмаудной массой с температурой плавления 140...160 град или трансформаторным маслом, что создает хорошую изоляцию, большую теплоотдачу и герметичность. Сверху на корпус надевается изоляционная крышка *2* из пресматериала К-26-21, которое своим нижним кольцевым ребром соприкасается с верхним концом вторичной обмотки.

Клемма ВК, которая соединена с дополнительным контактом или реле стартера.

Клемма ВКБ для соединения с проводом от замка зажигания и + клеммой аккумулятора.

Клемма для соединения с прерывателем.

Карболитовая крышка *2* через резиновую прокладку *5* завальцовывается в корпусе для обеспечения герметизации.

На наружной поверхности корпуса катушки, в керамическом основании *17* монтируется добавочный резистор *16*, сопротивление которого находится в пределах 1...1,45 Ом. Добавочный резистор выполнен из стали СТ или из никеля в виде спирали. Концы выводных шин добавочного резистора соединяются с клеммами ВК и ВКБ крышки катушки зажигания. На корпусе катушки закрепляется скоба для крепления катушки на автомобиле.

5.2 Оборудование

Классическая система зажигания, измерительные приборы.

5.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить конструкцию классической системы зажигания и ее принцип работы.

2 Собрать схему системы зажигания (рисунок 5.4), подключить измерительные приборы, изучить методику исследования, получить экспериментальные данные о работе системы при отсутствии неисправностей в системе, а также при их наличии.

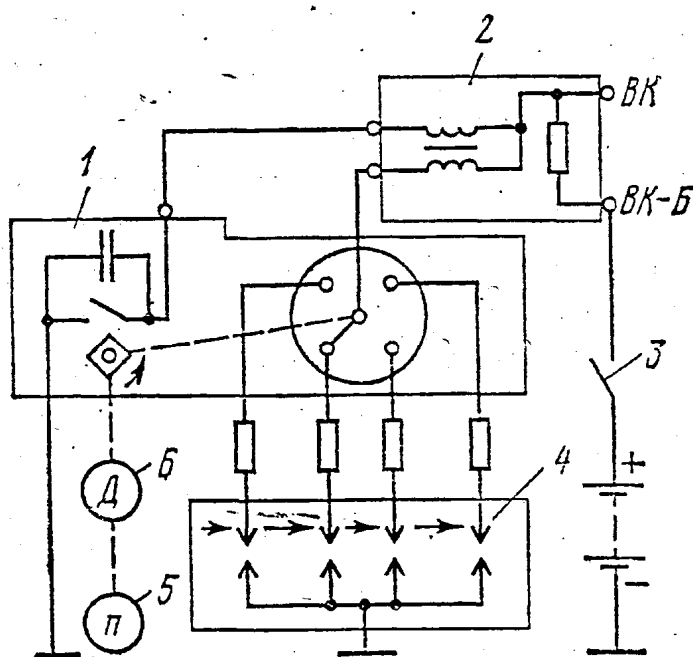


Рисунок 5.4 – Схема системы зажигания

5.4 Содержание отчета

1 Описание устройства и принципа действия системы зажигания.

2 Начертить схему классической системы зажигания.

3 Начертить схему соединения аппаратов системы зажигания при экспериментальном исследовании ее на стенде, при проверке состояния изоляции крышки распределителя и на бесперебойность искрообразования, а также для диагностирования. Система должна обеспечивать бесперебойность искрообразования на разрядниках с искровым промежутком не менее 0,007 м при максимальной частоте вращения. Если искрообразование на всех разрядниках бесперебойное, то крышка, ротор, и все узлы и детали проверяемой системы исправны.

4 Начертить осциллограммы, полученные в ходе эксперимента и дать ана-

лиз их характера изменения.

5 Описать принцип действия регуляторов опережения зажигания.

Контрольные вопросы

- 1 Устройство катушки зажигания, устройство распределителя с регуляторами.
- 2 Принцип действия системы зажигания.
- 3 Принцип действия центробежного регулятора.
- 4 Принцип действия вакуумного регулятора.

6 Исследование транзисторных и микропроцессорных систем зажигания

Цель работы: изучить устройство и принцип действия контактно-транзисторных, транзисторных и микропроцессорных систем зажигания.

6.1 Общие положения

Контактно-транзисторная система зажигания (рисунок 6.1) состоит из следующих элементов: транзисторного коммутатора ТК 102, выполняющего роль усилителя; катушки зажигания (Ш); блока добавочных сопротивлений $R_{д1}$ и $R_{д2}$ (П); прерывателя и распределителя (IV), расположенных на общем валике и служащих для прерывания тока в первичной цепи катушки зажигания и распределения высокого напряжения по свечам зажигания.

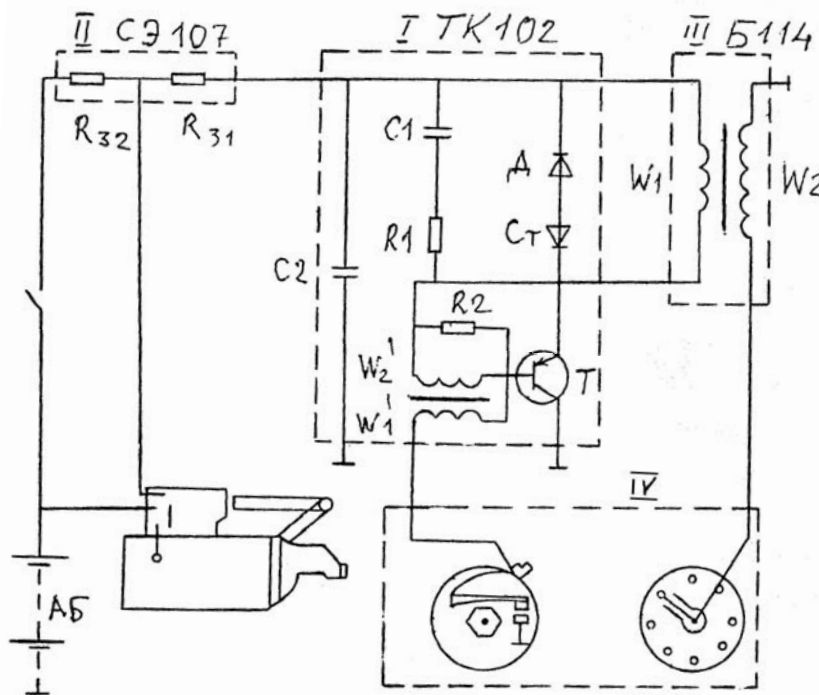


Рисунок 6.1 – Электрическая схема контактно-транзисторной системы зажигания

Транзисторный коммутатор, корпус которого выполнен из алюминиевого сплава АЛ-2 и снабжен охлаждающими ребрами, включает в себя мощный германиевый транзистор Т типа ГТ 701 А, кремневый стабилитрон Ст типа Д817В, диод Д типа Д7Ж, специальный двухобмоточный импульсный трансформатор Тр, конденсаторы С1 (1 мкФ) и С2 (50 мкФ), сопротивления R1 (2 Ом) и R2 (20 Ом).

Транзистор, работающий в режиме ключа, крепится на корпусе коммутатора, снизу корпус закрыт пластиной, выполненной из алюминиевого листа.

Импульсный трансформатор Тр, предназначенный для обеспечения надежного запирающего транзистора, содержит две обмотки первичную W1, которая намотана в три ряда на сердечник, набранный из 14-15 пластин, и вторичную W2. Первичная обмотка состоит из 60 витков медной эмалированной проволоки диаметром 0,72...0,78 мм. Вторичная обмотка содержит 500 витков медной эмалированной проволоки диаметром 0,29...0,33 мм. Первичная и вторичная обмотки намотаны без межслойной изоляции, между собой они изолированы кабельной бумагой.

Обмотки трансформатора и его поверхность пропитаны специальным лаком. Начало вторичной обмотки и конец первичной трансформатора соединены между собой.

Блок защиты транзистора от перенапряжения, которое возникает на первичной обмотке катушки зажигания W1, состоит из кремневого стабилитрона Ст и германиевого диода Д. Напряжение стабилитрона выбрано таким, чтобы оно, суммируясь с напряжением питания, не превышало предельно-допустимого напряжения эмиттер-коллекторного перехода транзистора.

Диод Д включен встречно стабилитрону и препятствует протеканию электрического тока от аккумуляторной батареи через стабилитрон в прямом направлении (в противном случае первичная обмотка катушки зажигания была бы шунтирована стабилитроном).

Для улучшения процесса переключения германиевого транзистора служит цепочка, состоящая из конденсатора С1 марки МБМ-160-1,0 \pm 10 % (предельное напряжение 160 В, емкость 1 мкФ) и резистора R1 марки УЛИ-0,25-2 \pm 2 %.

Электрический конденсатор С2 марки К-50-3-Б (емкость 50 мкФ, напряжение 25 В), установленный внутри корпуса, отдельно от блока защиты, защищает транзистор (Т) от случайных появления высокого напряжения, которые могут возникнуть в цепи питания.

Катушка зажигания Ш типа Б114 в конструктивном отношении аналогична катушке зажигания обычной классической системы и отличается только обмоточными данными и чисто трансформаторной связью первичной и вторичной обмоток. Первичная обмотка W1 катушки зажигания Б114 содержит 180 витков из провода марки ПЭВ-1 диаметром по меди 1,25 мм, сопротивление первичной обмотки составляет 0,45 Ом, индуктивность – 0,00370 Гн. Вторичная обмотка W2 содержит 41000 витков из провода марки ПЭВ-1 диаметром по меди 0,06 мм. Сопротивление вторичной обмотки 20,5 кОм, индуктивность – 170 Гн. Коэффициент трансформации катушки Б114 равен 228. Для обеспечения высокой изоляции и улучшения теплоотдачи катушки

зажигания она заливается трансформаторным маслом. Добавочное сопротивление катушки зажигания $R_{д1}$ (0,05 Ом) и $R_{д2}$ (0,5 Ом) выполнены в виде отдельного блока СЭ 107. Сопротивление $R_{д2}$ с целью улучшения пуска двигателя внутреннего сгорания включается накоротко через контактную пластину тягового реле стартера.

Распределитель контактно-транзисторной системы зажигания типа Р4-Д аналогичен опытному серийному распределителю, за исключением конденсатора, необходимость в котором отпадает из-за малой величины тока, разрываемого контактами.

При включенном выключателе зажигания и замкнутом состоянии контактов прерывателя из-за появления на базе транзистора отрицательного полюса от неподвижного контакта прерывателя появляется ток базы транзистора, транзистор открывается и по первичной обмотке катушки зажигания протекает ток, величина которого достигает 7 А. При этом ток, протекающий через замкнутые контакты прерывателя, является током базы и составляет 0,7 А.

При размыкании контактов прерывателя транзистор закрывается, вследствие чего первичный ток, а следовательно, и созданное им магнитное поле в сердечнике катушки зажигания падают. При изменении магнитного потока в катушке зажигания в ее вторичной обмотке появляется электродвижущая сила. Мгновенное прерывание тока и запираение транзистора обеспечивается, как было уже изложено выше, применением импульсного трансформатора.

Индукцируемое во вторичной обмотке катушки зажигания высокое напряжение, около 15 000 В, подается на ротор распределителя и затем на свечи зажигания. С помощью контактно-транзисторной системы зажигания по сравнению с обычной классической системой обеспечивается повышение вторичного напряжения и энергии искрового разряда, повышается срок службы электродов свечей зажигания, а также устраняются эрозия и изнашивание контактов прерывателя.

Транзисторная система зажигания (рисунок 6.2) имеет датчик импульсов ДИ, состоящий из металлического диска с выступами и прорезями и катушки индуктивности с магнитным сердечником, установленным вблизи выступов и прорезей диска, и выполнена на трех транзисторах, является бесконтактной. В исходном состоянии отрицательное напряжение посредством резистора R_5 , диодов D_2 и D_1 подается на базу первого транзистора, поэтому он находится в открытом состоянии, напряжение на его коллекторе равно нулю. Это напряжение прикладывается к базе второго транзистора и посредством второго транзистора и резистора R_8 к базе третьего транзистора. Второй и третий транзисторы закрыты. Ток коллектора третьего транзистора, который также является током, протекающим по первичной катушке зажигания, равен нулю.

При прохождении выступа диска вблизи катушки индуктивности с магнитным сердечником на выводах катушки индуктивности формируется положительный импульс, который посредством резистора R_1 подается на базу первого транзистора. Первый транзистор закрывается, на его коллекторе появляется отрицательное напряжение, которое прикладывается к базе второго транзистора и посредством его к базе третьего транзистора. Второй и третий

транзисторы открываются, это означает, что начинает протекать по первичной обмотке катушки зажигания ток, сердечник намагничивается. Как только прохождение выступа вблизи катушки индуктивности закончится, ток в первичной обмотке падает практически мгновенно из-за наличия импульсного трансформатора ИТ. Падает и магнитный поток в сердечнике. Во вторичной обмотке наводится ЭДС около 15 кВ.

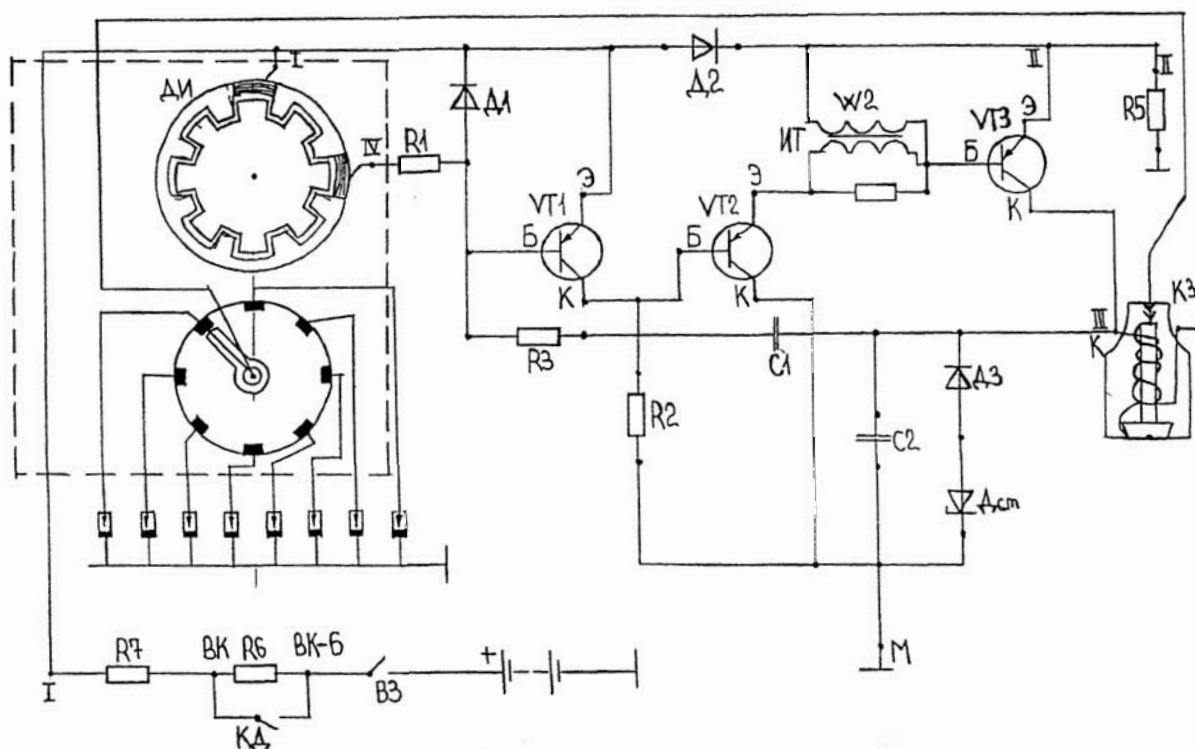


Рисунок 6.2 – Схема транзисторной системы зажигания

Микропроцессорная система зажигания (рисунок 6.3) имеет датчик частоты вращения вала ДВС, который подключен к шине данных микропроцессорной системы посредством аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и интерфейса. При построении микропроцессорной системы диагностирования в нее введены буфер адреса и буфер данных для увеличения нагрузочной способности микропроцессора. На схеме обозначены: ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ГТИ – генератор тактовых импульсов; Т – таймер; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦАП – цифроаналоговый преобразователь; П – прибор.

В постоянном запоминающем устройстве записана программа вычисления частоты вращения вала двигателя. В ходе своей работы микропроцессором выдается на шину адреса номер (адрес) ячейки ПЗУ, в которой хранится команда, а по шине управления в запоминающее устройство поступают сигналы, обеспечивающие чтение содержимого данной ячейки. Запрошенная команда выдается на шину данных, откуда она принимается в микропроцессор, где и расшифровывается. Если данные для выполнения команды находятся в регистрах микро-

процессора, то он приступает к выполнению операции над ними, как и предусмотрено данной командой.

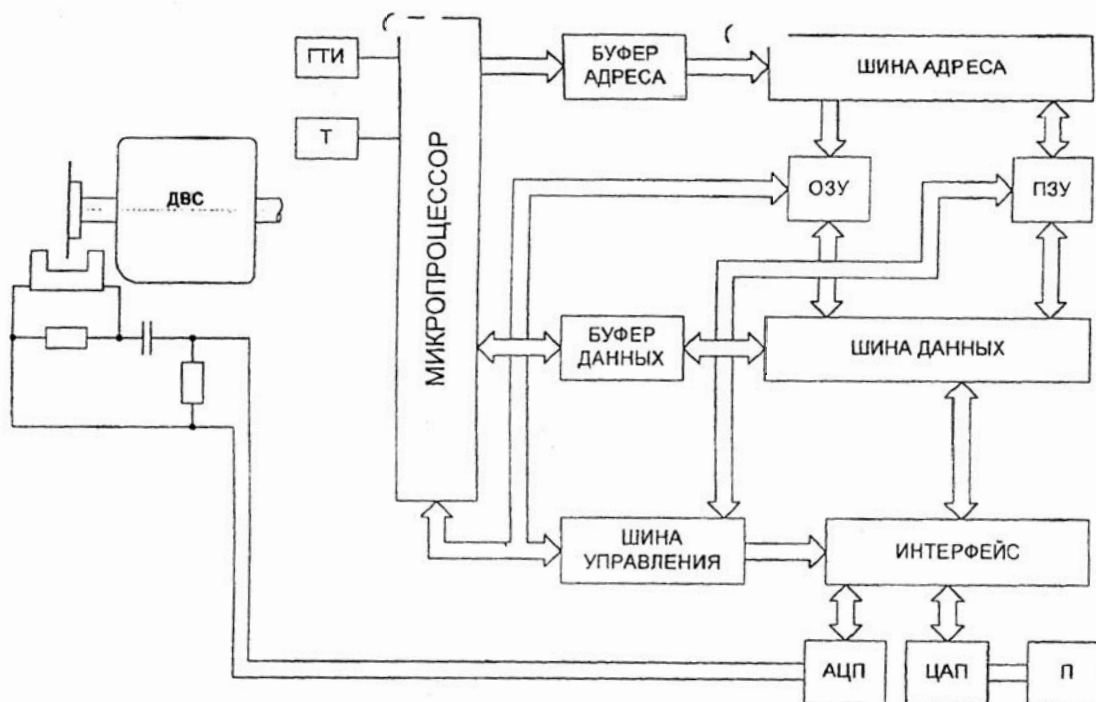


Рисунок 6.3 – Схема зажигания микропроцессорная

Если же данные находятся в ОЗУ, то они выдаются через шину данных в микропроцессор. После выполнения текущей команды на шину адреса микропроцессором выдается адрес новой, следующей команды. Полученные данные выводятся из микропроцессора и через интерфейс и цифро-аналоговый преобразователь поступают на прибор П (см. рисунок 6.3). При передаче в ОЗУ данных от датчика микропроцессор, выполняя команду ввода, выдает на интерфейс соответствующие управляющие сигналы. Данные принимаются в регистр интерфейса, откуда они передаются в микропроцессор по шине данных и используются при выполнении соответствующей команды.

6.2 Оборудование

Лабораторный стенд НТЦ-15.42 «Системы питания и генераторные установки автомобилей», транзисторный коммутатор, распределитель с индуктивным датчиком автомобилей семейства УАЗ, комплект высоковольтных проводов, распределитель с датчиком Холла автомобиля ВАЗ-2109, отдельные детали и узлы, учебные плакаты.

6.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить принцип работы контактно-транзисторной системы зажигания и собрать схему транзисторного усилителя по схеме рисунка 6.4.

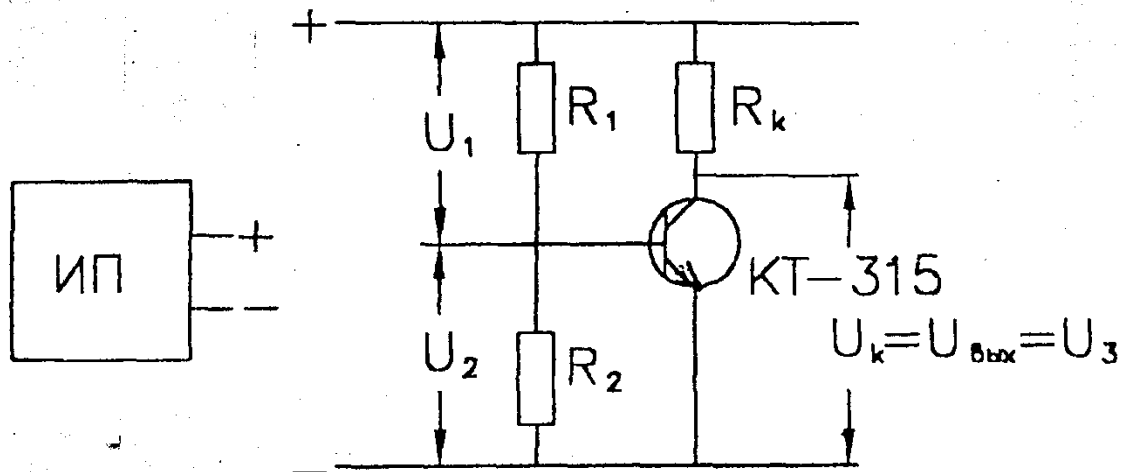


Рисунок 6.4 – Схема усилителя

2 Изучить принцип работы транзисторной системы зажигания.

2.1 Изучить устройство и функционирование распределителя-датчика автомобиля УАЗ:

- снять крышку распределителя, вращая вручную вал, ознакомиться с конструктивным исполнением и функционированием индуктивного датчика;
- не устанавливая распределитель-датчик во фланец его крепления на стенде, включить амперметр стенда в разрыв питания схемы бесконтактной системы зажигания;
- центральный высоковольтный провод с катушки зажигания подсоединить его к любой из свечей зажигания;
- с помощью длинных перемычек подключить вольтметр к индуктивному датчику для измерения потенциала на его выходе относительно массы;
- включить питание стенда автоматическим выключателем на передней панели, перед включением убедиться, что ключ в замке зажигания находится в положении «выключено»;
- включить зажигание поворотом ключа в замке зажигания;
- вручную проворачивая вал датчика, определить по вольтметру уровень напряжения на датчике в моменты совпадения и расхождения зубцов сердечника датчика;
- повернуть ключ в замке зажигания в положение «выключено», выключить питание стенда;
- установить и закрепить датчик-распределитель во фланце электропривода на передней панели стенда;
- подключить высоковольтные провода по свечам зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя 1–3–4–2;
- включить питание стенда, включить зажигание, тумблер SA2 перевести в положение «Включен», регулятором частоты вращения плавно увеличивая обороты ротора датчика, визуально ознакомиться с функционированием бесконтактной транзисторной системы зажигания;

– повернуть ключ в замке зажигания в положение «выключено», регулятором частоты вращения плавно снизить обороты ротора датчика, тумблер SA2 перевести в положение «Выключен» и выключить питание стенда.

2.2 Изучить устройство и функционирование распределителя-датчика автомобиля ВАЗ-2109:

– снять крышку распределителя, вращая вручную вал ознакомиться с конструктивным исполнением и функционированием датчика Холла;

– не устанавливая распределитель-датчик во фланец его крепления на стенде, включить амперметр стенда в разрыв питания схемы бесконтактной системы зажигания;

– центральный высоковольтный провод с катушки зажигания подсоединить его к любой из свечей зажигания;

– с помощью длинных перемычек подключить вольтметр к датчику Холла для измерения потенциала на его выходе относительно массы;

– включить питание стенда автоматическим выключателем на передней панели, перед включением убедиться, что ключ в замке зажигания находится в положении «выключено»;

– включить зажигание поворотом ключа в замке зажигания;

– вручную проворачивая вал датчика определить по вольтметру уровень напряжения на датчике в моменты прохождения лопастей обтюратора через прорезь сердечника датчика Холла;

– повернуть ключ в замке зажигания в положение «выключено», выключить питание стенда;

– установить и закрепить датчик-распределитель во фланце электропривода на передней панели стенда;

– подключить высоковольтные провода по свечам зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя 1–3–4–2;

– включить питание стенда, включить зажигание, тумблер SA2 перевести в положение «Включен», регулятором частоты вращения плавно увеличивая обороты ротора датчика, визуально ознакомиться с функционированием бесконтактной транзисторной системы зажигания;

– повернуть ключ в замке зажигания в положение «выключено», регулятором частоты вращения плавно снизить обороты ротора датчика, тумблер SA2 перевести в положение «Выключен» и выключить питание стенда.

3 Изучить принцип действия микропроцессорной системы зажигания.

6.4 Содержание отчета

Начертить схемы контактно-транзисторной системы зажигания, транзисторной и микропроцессорной систем зажигания, кратко описать их принцип действия, записать значения напряжения на индуктивном датчике в моменты совпадения и расхождения зубцов сердечника датчика и значения напряжения на датчике в моменты прохождения лопастей обтюратора через прорезь сердечника датчика Холла.

Контрольные вопросы

1 Перечислить основные элементы, из которых состоят контактно-транзисторная, транзисторная и микропроцессорные системы зажигания.

2 Объяснить принцип работы контактно-транзисторной, транзисторной и микропроцессорной систем зажигания.

7 Исследование датчика частоты вращения двигателя внутреннего сгорания

Цель работы: изучить устройство и принцип действия датчика частоты вращения.

7.1 Общие положения

Датчик (рисунок 7.1) частоты вращения содержит преобразователь 1 частоты вращения вала, формирователь 2 импульсов, фильтр 3 нижних частот, измерительный прибор 4, диск 5 с прорезями и выступами, установленный на валу, катушка индуктивности 6 с магнитным сердечником, жестко закрепленная вблизи прорезей и выступов диска. Формирователь 2 импульсов изготовлен в виде последовательно соединенных триггера 7 с одним входом, выполненного на двух 8 и 9 биполярных транзисторах с коллекторно-базовыми связями, и эмиттерного повторителя 10. Устройство имеет дифференцирующую цепь 11, входом подключенную к катушке индуктивности 6, последовательно соединенные вторую дифференцирующую цепь 12 и выпрямитель 13, при этом выпрямитель 13 соединен с фильтром 3 нижних частот, база 14 первого биполярного транзистора 8 триггера 7 подключена к дифференцирующей цепи 11, а выход эмиттерного повторителя 10 – ко входу второй дифференцирующей цепи 12. Первая дифференцирующая цепь 11 содержит резисторы 15, 16, конденсатор 17. Триггер 7 имеет резисторы 18, 19, 20, 21. Вторая дифференцирующая цепь 12 содержит резисторы 22, 23, конденсатор 24.

При вращении вала с металлическим диском 5 с прорезями и выступами на выходах катушки 6 индуктивности формируются разнополярные импульсы, которые дифференцируются с помощью первой дифференцирующей цепи 11.

На рисунке 7.2, а представлена осциллограмма остроконечных импульсов, пригодных для запуска триггера 7. В исходном положении триггера считается, что первый транзистор 8 закрыт, а второй 9 открыт. При поступлении на базу 14 транзистора 8 положительного остроконечного импульса А в момент времени t_1 (см. рисунок 7.2, а) транзистор 8 открывается, а транзистор 9 закрывается (рисунок 7.2, б, в). При последующем поступлении в момент времени t_2 отрицательного остроконечного импульса Б (см. рисунок 7.2, а) на базу 14 транзистора 8 этот транзистор закрывается, а транзистор 9 открывается.

В результате этого на выходе триггера 7 формируется прямоугольный импульс D (см. рисунок 7.2, в).

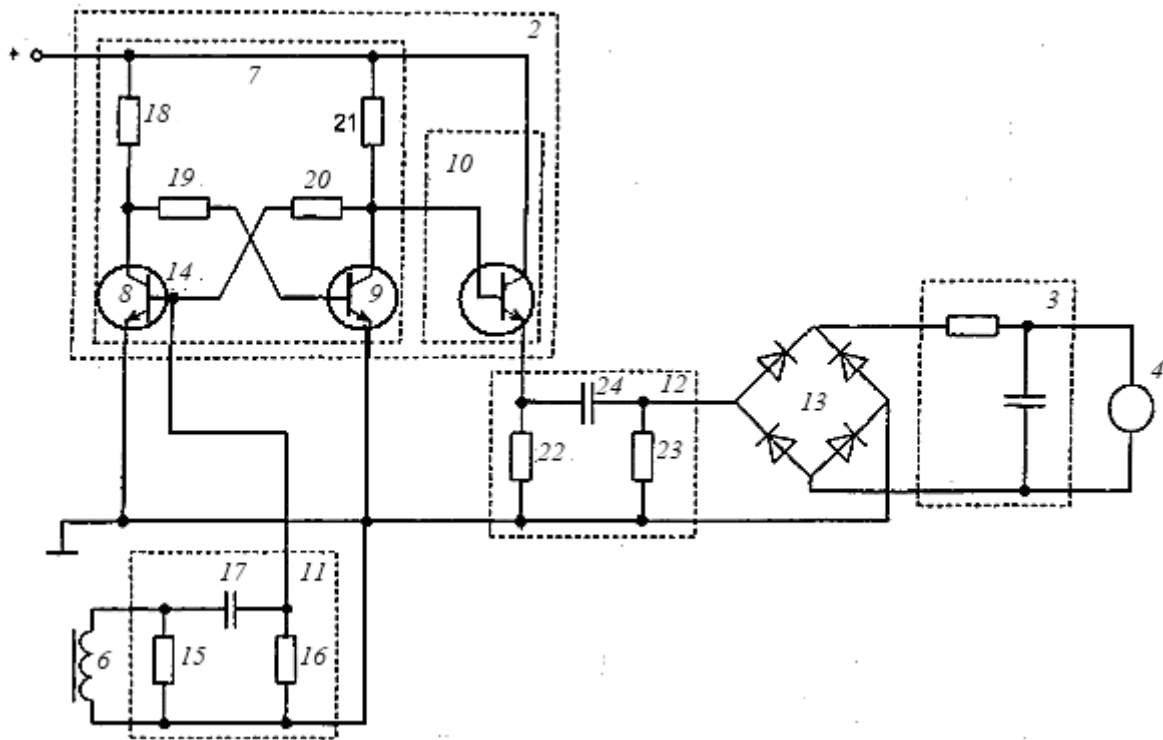


Рисунок 7.1 – Схема преобразователя частоты вращения

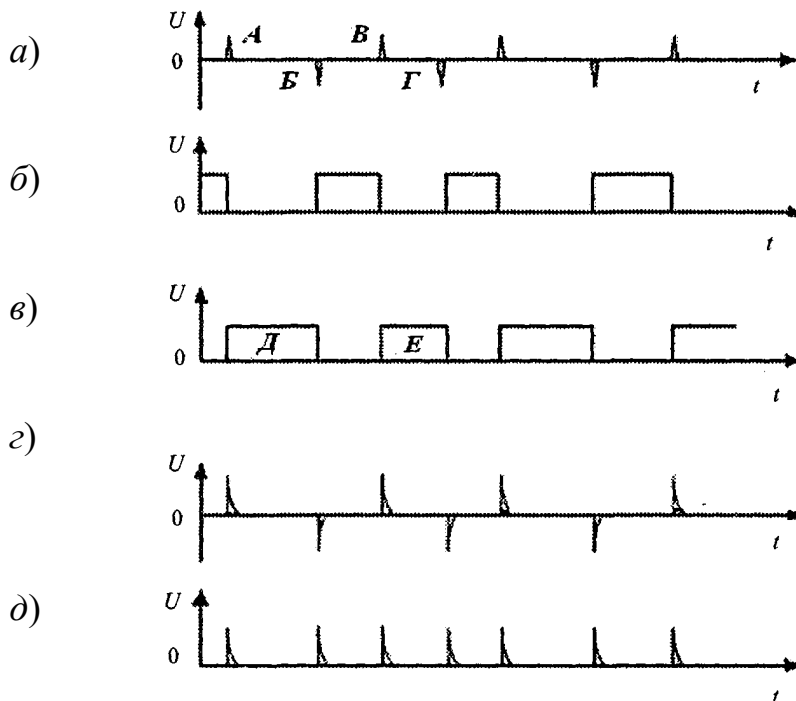


Рисунок 7.2 – Осциллограммы сигналов в электрических цепях преобразователя частоты вращения

При поступлении от первой дифференцирующей цепи 11 остроконечных импульсов B и Γ (см. рисунок 7.2, а) на базу 14 транзистора 8 происходит форми-

рование прямоугольного импульса E (см. рисунок 7.2, в). Далее импульсы образуются с помощью триггера 7, аналогично описанному выше. При изменении частоты вращения вала формируются прямоугольные импульсы, которые отличаются своей длительностью, но имеют одинаковую высоту, а следовательно, и различную площадь, но нет возможности их интегрирования. Для получения одинаковой площади они дифференцируются второй дифференцирующей цепью, при этом формируется разнополярная последовательность экспоненциальных импульсов. С помощью операции выпрямления они преобразуются в последовательность экспоненциальных импульсов положительной полярности, после чего сглаживаются фильтром 3 и измеряются прибором 4.

7.2 Оборудование

Лабораторный стенд НТЦ-15.42 «Системы питания и генераторные установки автомобилей», транзисторный коммутатор, распределитель с индуктивным датчиком автомобилей семейства УАЗ, комплект высоковольтных проводов, распределитель с датчиком Холла автомобиля ВАЗ-2109, отдельные детали и узлы, учебные плакаты.

7.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить принцип работы катушки индуктивности преобразователя частоты вращения.

2 Изучить принцип действия триггера с одним входом преобразователя частоты вращения.

3 Изучить принцип действия триггера дифференцирующих цепей преобразователя частоты вращения.

4 Изучить принцип действия триггера интегрирующей цепи преобразователя частоты вращения.

5 Включить стенд в сеть и подключить измерительный цифровой осциллограф и получить осциллограммы на его экране напряжения на выходе катушки индуктивности и дифференцирующей цепи.

7.4 Содержание отчета

Начертить схему датчика частоты вращения, начертить графики осциллограмм напряжений на выходе катушки индуктивности и описать принцип действия датчика.

Контрольные вопросы

1 Перечислить основные элементы, из которых состоит датчик частоты вращения.

2 Объяснить принцип работы датчика частоты вращения.

8 Исследование аналого-цифрового преобразователя микропроцессорных систем

Цель работы: исследовать процесс аналого-цифрового преобразования микропроцессорных систем.

8.1 Общие положения

Аналого-цифровой преобразователь изображен на рисунке 8.1 и содержит триггер, собранный на двух логических элементах DD 1.1 DD 1.2 типа К 155 ЛАЗ, И-НЕ электронный счетчик DD 2 типа К 561 РЕЕ 10, источник питания с выходным напряжением 5 В, восемь светящихся диодов VD 1.4 типа АЛ 3076. Каждый из логических элементов И-НЕ имеет два входа и один выход. Выход элемента обычно находится в состоянии логической 1 и переходит в состояние логического 0 лишь тогда, когда оба входа будут находиться в состоянии логической 1. Если же каждый вход этого логического элемента И-НЕ находится в состоянии логического 0 или на одном из его входов имеется логический 0, то на выходе элемента имеется состояние логической 1. Логические элементы имеют достаточно высокое входное сопротивление.

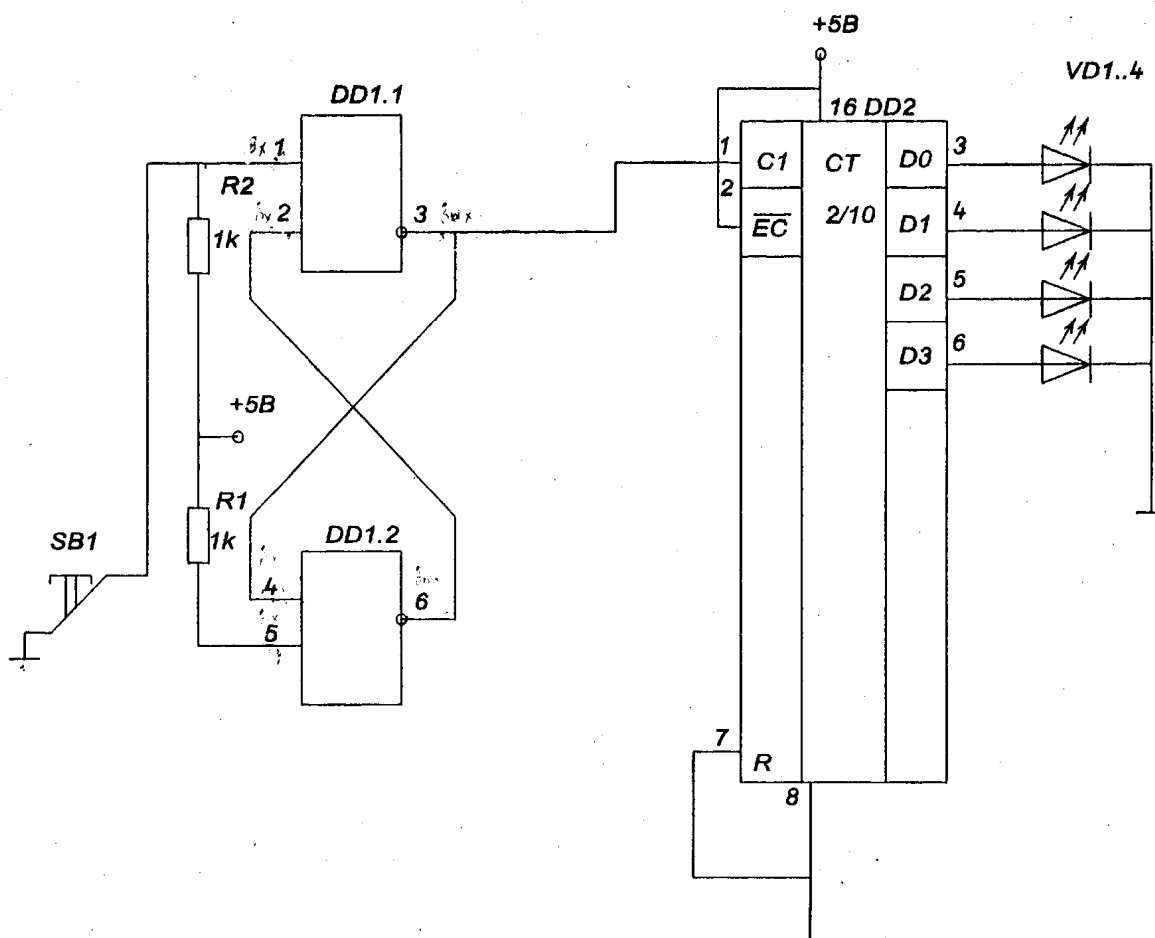


Рисунок 8.1 – Структурная схема аналого-цифрового преобразователя

В схеме преобразователя (см. рисунок 8.1) вход 4 элемента DD 1.2 соединен с выходом 3 логического элемента DD 1.1, а вход 2 элемента DD 1.1 – с выходом 6 элемента DD 1.2, образуя так называемый RS - триггер. Два свободных входа триггера 1 и 5 находятся в состоянии логической 1. Если выход 3 логического элемента DD1.1 находится в состоянии логического 0, соответственно, и вход 4 второго элемента, связанный с выходом 3 первого элемента, также находится в состоянии логического нуля. Из-за этого выход 6 находится в состоянии логической 1, а оба входа первого логического элемента также находятся в состоянии логической единицы. На выходе 3 первого логического элемента будет поддерживаться состояние логического 0. Если на вход первого логического элемента принимает состояние логического 0, то на выходе этого элемента будем иметь состояние логической 1, в результате чего оба входа элемента DD 1.2 будут находиться в состоянии логической 1, а его выход перейдет в состояние логического 0. На выходе элемента DD 1.1 сохраняется высокий логический уровень. Последующее возвращение свободного входа элемента DD 1.1 в состояние логической 1 не изменяет его логического состояния на выходе, он остается в состоянии логической 1. Это состояние будет сохраняться до тех пор, пока свободный вход элемента DD 1.2 не перейдет в состояние логического нуля. Таким образом, один вход устанавливает RS-триггер в состояние логической 1, а второй вход – в состояние логического 0.

Сигналы с выхода 3 логического элемента DD1 1 поступают на вход 1 электронного счетчика, выполненного на микросхеме К 561 ИЕ10, который содержит два независимых четырех разрядных двоичных счетчика с параллельным выходом. Подача счетных импульсов производится в положительной полярности (высоким уровнем) на вход С. Разрешение счета устанавливается высоким уровнем на входе 2.

При эксплуатации машины на RS-триггер подаются импульсы от датчиков, установленных на машине, например, от датчика частоты вращения вала двигателя. На выходе 3 триггера формируются сигналы, поступающие на вход счетчика. Счетчик предназначен для подсчета числа импульсов и преобразования результата счета в код, а также хранения этого кода. Количество поступающих на вход счетчика импульсов определяется частотой их следования, т. е. частотой вращения вала. С выхода счетчика зафиксированное в нем число снимается в параллельном коде и подается в нужный момент на интерфейс микропроцессорной системы диагностирования или управления.

8.2 Оборудование

Аналого-цифровой преобразователь, цифровой осциллограф АКПП 41-15 2А, датчик частоты вращения.

8.3 Порядок выполнения работы

1 Изучить структурную схему и принцип действия триггера аналого-цифрового преобразователя.

2 Подключить осциллограф к выходу триггера и получить на экране осциллографа осциллограммы импульсов на выходе триггера.

3 С помощью регулятора выходного напряжения автотрансформатора последовательно 4 раза опыт за опытом устанавливать различные частоты вращения вала и производить отсчеты кодовых комбинаций на выходе счетчика. Данные занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Данные для цифрового определения частоты вращения вала

Параметр	Номер опыта			
	1	2	3	4
Кодовые комбинации				
Частота вращения				

4 Описать принцип действия аналого-цифрового преобразователя в целом

8.4 Содержание отчета

Схема триггера аналого-цифрового преобразователя, осциллограммы импульсов, таблица 8.1.

Контрольные вопросы

1 Изложить принцип действия триггера.

2 Изложить принцип действия аналого-цифрового преобразователя.

3 Изложить принцип действия логического элемента И-НЕ.

Список литературы

- 1 **Ютт, В. Е.** Электрооборудование автомобилей и электромобилей : учебник для вузов / В. Е. Ютт. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2019. – 480 с.
- 2 **Туревский, И. С.** Электрооборудование автомобилей: учебное пособие / И. С. Туревский. – Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. – 368 с.
- 3 **Набоких, В. А.** Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учебное пособие / В. А. Набоких. – 2-е изд. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. – 287 с.
- 4 Технология производства электрооборудования автомобилей и тракторов: учебник / В. М. Приходько [и др.]; под ред. В. М. Приходько. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 376 с.
- 5 **Герашенко, В. В.** Методы и средства диагностирования и повышения эксплуатационных свойств автомобилей и их агрегатов: монография / В. В. Герашенко, Н. А. Коваленко, В. П. Лобах. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 170 с.