

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

Системы энергообеспечения и запуска двигателя

Лабораторный практикум
для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая
эксплуатация автомобилей», 1-37 01 07 «Автосервис»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2019

УДК 629.113.6.004

ББК 39.33-08я7

С34

С о с т а в и т е л и:

Е. Л. Савич, П. В. Иванис

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» БНТУ *В. Н. Седюкевич*;
кандидат технических наук, доцент, ученый секретарь Белорусского научно-исследовательского института транспорта «Транстехника»

С. Б. Соболевский

С34 **Системы** энергообеспечения и запуска двигателя : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1-37 01 07 «Автосервис» / сост.: Е. Л. Савич, П. В. Иванис. – Минск: БНТУ, 2019. – 44 с.

ISBN 978-985-583-018-5.

Изложены методические указания к лабораторным работам, на которых изучаются конструкции и принципы действия систем энергообеспечения и запуска двигателя в целом, а также отдельных агрегатов, узлов, механизмов; физические и химические основы, принцип их действия.

Практикум предназначен для студентов учреждений высшего образования; может быть использован также при проведении лабораторных и практических занятий в колледжах и других средних специальных учебных заведениях автотранспортного профиля.

УДК 629.113.6.004

ББК 39.33-08я7

ISBN 978-985-583-018-5

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Аккумуляторная батарея

Цель работы: изучить назначение, устройство и принцип действия аккумуляторной батареи.

Оборудование: аккумуляторная батарея, набор инструментов.

Система энергообеспечения предназначена для выработки, накопления электрической энергии и питания ею потребителей электрического тока. В систему энергообеспечения входят аккумуляторная батарея и генератор.

Автомобильная аккумуляторная батарея является важным элементом электрооборудования, наряду с генератором выступает источником тока. В автомобиле аккумуляторная батарея выполняет несколько функций:

питание стартера при запуске двигателя;

питание потребителей при выключенном двигателе;

питание потребителей в дополнение к генератору при включенном двигателе.

При совместной работе с генератором аккумуляторная батарея обеспечивает переходные процессы, требующие большого тока, а также сглаживает пульсацию тока в электрической сети.

Устройство аккумуляторной батареи. На легковых автомобилях в качестве стартерных применяются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Конструкция аккумуляторных батарей постоянно совершенствуется.

Сейчас применяются АКБ, не требующие обслуживания, что означает лишь, что аккумуляторы этого типа не требуют проверки электролита и периодической доливки в течение всего периода их эксплуатации, однако при необходимости следует производить их подзарядку.

Устройство свинцово-кислотной АКБ, не требующей обслуживания, показано на рис. 1.

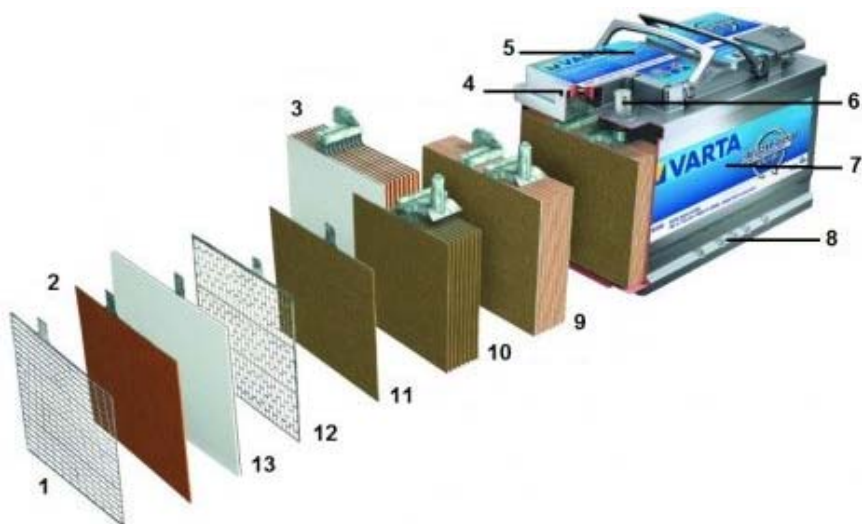


Рис. 1. Свинцово-кислотная АКБ:

- 1 – положительная решетка (электрод); 2 – положительная пластина;
- 3 – набор положительных пластин; 4 – отверстие системы центральной вентиляции; 5 – крышка; 6 – полюсный вывод;
- 7 – корпус-моноблок; 8 – крепежный выступ; 9 – блок пластин;
- 10 – набор отрицательных пластин; 11 – отрицательная пластина;
- 12 – отрицательная решетка (электрод);
- 13 – положительная пластина с сепаратором

Батарея состоит из шести последовательно соединенных аккумуляторов, объединенных в одном корпусе. Корпус изготавливается из пропилена, стойкого к кислоте и не проводящего ток. Отдельный аккумулятор объединяет чередующиеся положительные и отрицательные электроды, покрытые слоем активной массы. Изоляцию пластин противоположной полярности обеспечивает пластмассовый сепаратор. Электроды изготавливаются из свинцового сплава.

В современных аккумуляторах положительные и отрицательные электроды изготавливаются из свинцово-кальциевого сплава. Такие батареи имеют низкий уровень саморазряда (потеря 50 % емкости за 18 месяцев) и минимальный расход

воды (1 г/Ач). Это дает возможность полностью исключить добавление воды за период эксплуатации, поэтому такие батареи называют необслуживаемыми.

Для повышения стойкости электродов к коррозии в свинцово-кальциевый сплав может добавляться серебро, олово.

Электроды имеют решетчатую структуру. Технологии изготовления положительных и отрицательных электродов отличаются. Решетка отрицательных электродов по технологии Expanded metal получается путем просечки свинцового листа с последующей растяжкой.

При производстве положительных электродов используется несколько технологий. Самая совершенная технология – Power Frame. Каждый электрод Power Frame имеет опорную раму и внутренние жилки определенной направленности, чем достигаются высокая жесткость и минимальное линейное расширение. Более простые электроды изготовлены по технологиям Power Pass (вертикальные жилки стягиваются к ушку электрода) и Chess Plate (жилки электродов расположены в шахматном порядке).

Каждый электрод покрывает слой активной массы. У положительных электродов активная масса состоит из диоксида свинца. В отрицательных пластинах активная масса представлена губчатым свинцом.

Для исключения внутреннего замыкания пластин внутри аккумулятора применяются сепараторы со стеклотканью, выполненные в виде конверта. Такие сепараторы удерживают активную массу пластин от высыпания и вибраций.

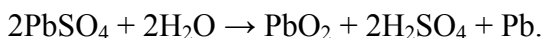
Электроды помещены в электролит, в качестве которого используется раствор серной кислоты. Электролит имеет определенную плотность, которая изменяется в зависимости от степени заряженности аккумуляторной батареи (чем выше заряженность, тем выше плотность). При полностью заряженном аккумуляторе доля серной кислоты в электролите составляет 38 %, а остальная его часть приходится на дистиллиро-

ванную воду. Электролит содержит ионы, которые обеспечивают прохождение электрического тока между электродами.

В зависимости от физического состояния электролита различают два вида аккумуляторных батарей: с жидким электролитом и с пропитавшим специальный материал (нежидким) электролитом. Сейчас наиболее распространены аккумуляторные батареи с жидким электролитом.

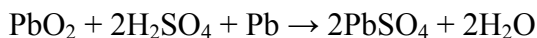
В АКБ происходят процессы зарядки и разрядки.

Зарядкой называют обратимый процесс накопления электрической энергии в АКБ. В процессе зарядки электрическая энергия преобразуется в химическую энергию. Как только двигатель запускается, генератор начинает заряжать АКБ. При этом из образовавшегося при разряде сульфата свинца (PbSO_4) и воды (H_2O) снова образуется свинец (Pb), двуокись свинца (PbO_2) и серная кислота (H_2SO_4):



В результате зарядки плотность электролита увеличивается, а необходимая для выработки электрической энергии химическая энергия снова восстанавливается.

Разрядкой называют процесс отдачи электрической энергии АКБ. В процессе разрядки химическая энергия преобразуется в электрическую энергию. Когда потребитель соединяется с АКБ, она разряжается. Доля серной кислоты в электролите уменьшается, а доля воды увеличивается. На положительной и отрицательной пластинах образуется сульфат свинца (PbSO_4):



Новые системы автомобиля, такие как система стоп-старт, система рекуперативного торможения, предъявляют повышенные требования к аккумуляторной батарее: высокий пусковой ток, стойкость к глубокому разряду, долговечность. Этим требованиям отвечают аккумуляторные батареи AGM (Absorbed Glass Material), в которых электролит удерживается

в микропористом материале. В батарею заливается такое количество электролита, которое может впитать материал. Данная технология обеспечивает повышение эффективности активной массы за счет лучшего поглощения кислоты.

Промежуточное положение между аккумуляторами с жидким электролитом и AGM батареями занимают аккумуляторные батареи EFB (Enhanced Flooded Battery) – технология влажного электрода. В батарее EFB электроды покрыты пленкой из микроволокна, которая удерживает энергию и обеспечивает стабильность к циклическому разряду. Батарея при этом заполнена жидким электролитом.

В перспективе аккумуляторы типа AGM и EFB полностью заменят свинцово-кальциевые батареи с жидким электролитом. Сдерживающим фактором пока выступает высокая цена новых источников тока.

Зарядка аккумуляторной батареи сопровождается газообразованием. Отвод газов от аккумуляторной батареи осуществляется с помощью системы вентиляции. Центральная система вентиляции соединяет каждый отдельный аккумулятор в составе батареи с атмосферой. За счет предохранительных клапанов система герметична. Клапан устанавливается в пробке аккумулятора и срабатывает при определенном избыточном давлении. Система носит название Valve Regulated Lead Acid Battery или VRLA батарея. Кислород и водород, образующиеся при заряде, не покидают аккумулятор, а взаимодействуют между собой с образованием воды. Их выход происходит только при высоком напряжении заряда.

Система вентиляции лабиринтной конструкции более совершенна. Она состоит из двух частей: верхней и нижней (рис. 2).

Двойная крышка оборудована лабиринтом, поэтому ее называют также лабиринтной крышкой. В лабиринтную крышку интегрированы центральный газоотвод и система защиты от воспламенения газов в АКБ. Водяные пары, возникающие при зарядке АКБ, конденсируются (переходят в жидкую фазу) на

крышке АКБ и в виде воды стекают через лабиринт назад в АКБ. Лабиринтная крышка также исключает вытекание электролита при опрокидывании АКБ.

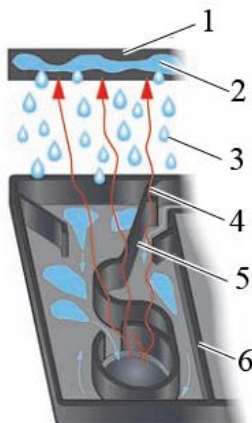


Рис. 2. Система конденсации водяных паров необслуживаемой АКБ:

- 1 – верхняя часть крышки АКБ; 2 – конденсат (вода);
- 3 – стекающая обратно вода; 4 – водяной пар; 5 – лабиринт;
- 6 – нижняя часть крышки АКБ

Она обеспечивает конденсацию выходящих паров и возвращение жидкости обратно в аккумулятор. Отдельные аккумуляторные батареи оборудуются пламегасителем, который в случае возгорания выходящих паров отсекает пламя от батареи и не пускает его внутрь. Пламегаситель устанавливается на выходе вентиляционной системы и представляет собой мембрану из особого материала.

Подключение аккумуляторной батареи к электрической сети производится с помощью двух свинцовых выводов. Положительный вывод всегда толще отрицательного, что исключает ошибку при подключении батареи.

Полярность (расположение) выводов может быть прямой или обратной. При прямой полярности положительный вывод батареи расположен слева, при обратной полярности – справа.

Необходимо помнить, что длина проводов, которыми подключается аккумулятор, рассчитана на определенную полярность.

Автомобильные аккумуляторы оборудуются индикатором заряженности батареи – «глазком». Плотность электролита оценивается по цвету «глазка» («зеленый» – батарея заряжена, «черный» – недостаточный заряд, «желтый» – низкий уровень электролита).

Многие современные модели аккумуляторных батарей снабжены специальным индикатором, позволяющим быстро оценить их состояние (рис. 3). Принцип работы индикатора достаточно прост. В электролит опущен световод, к которому прикреплен короб с пластмассовым шариком 2 зеленого цвета внутри.

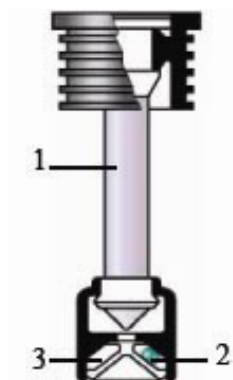


Рис. 3. Индикатор заряженности:
1 – световод; 2 – пластмассовый шарик; 3 – короб

Плотность пластмассы подобрана таким образом, чтобы при повышении плотности электролита шарик всплывал вплотную к срезу световода, создавая эффект зеленого свечения. При разряде аккумулятора, когда плотность электролита снижается, он погружается и зеленое свечение исчезает. Таким образом, шарик играет роль ареометра – указателя плотности электролита. Кроме того, шарик уйдет вниз и при критическом понижении уровня электролита в батарее (рис. 4).

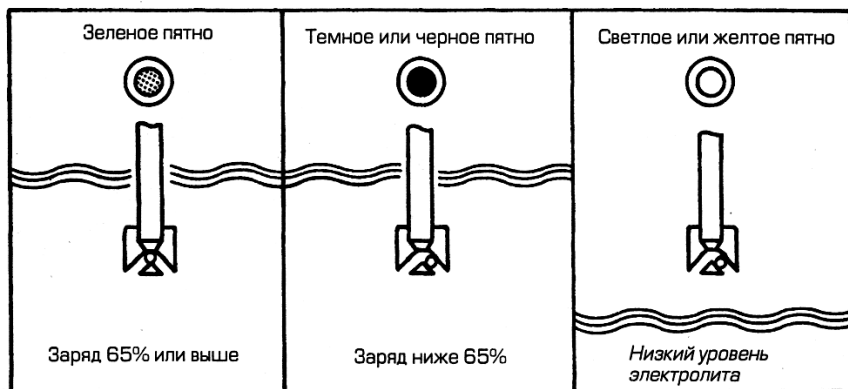


Рис. 4. Принцип работы индикатора заряженности

Если индикатор зеленый, это свидетельствует о полной степени заряженности. При потемнении индикатора и приближении его цвета ближе к черному необходима зарядка аккумулятора. Если индикатор бесцветный или желтый, это свидетельствует о полной разрядке аккумулятора и недопустимом снижении уровня электролита и такой аккумулятор выбраковывается.

Из-за недостатка в некоторых легковых автомобилях пространства в моторном отсеке устанавливаются два аккумулятора по 6 Вольт вместо обычного аккумулятора на 12 Вольт.

По своему строению шестивольтная АКБ существенно отличается от обычных аккумуляторов. АКБ представляет собой компактный модуль (рис. 5), который при этом имеет повышенную мощность.

Главной отличительной особенностью шестивольтных АКБ является округлая конструкция положительной и отрицательной решеток из свинца с сепаратором из стекловолокна, в котором находится электролит, что защищает АКБ от утечек электролита. Плотное расположение соединений в пакете пластин АКБ обеспечивает повышенную вибростойкости, а в связи с этим – большой срок службы. По сравнению с обычными

аккумуляторами шестивольтная АКБ обладает большей мощностью в режиме холодного пуска.

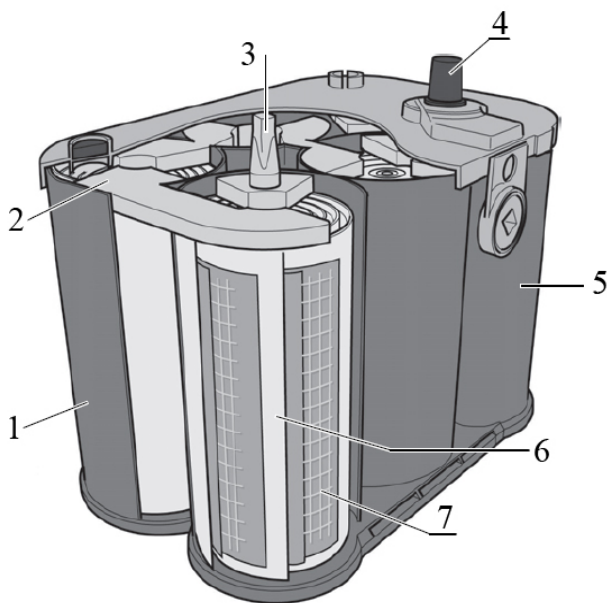


Рис. 5. Аккумуляторная батарея с напряжением 6 В:

1 – пластиковый корпус; 2 – свинцовая соединительная пластина;
3 – плюсовая клемма; 4 – минусовая клемма; 5 – цилиндрический элемент АКБ; 6 – сепаратор из стекловолокна; 7 – свинцовая решетка

Шестивольтная АКБ не требует обслуживания, кроме зарядки. Такие батареи нельзя заряжать поодиночке и нельзя производить замену только одной АКБ.

На автомобиле аккумуляторные батареи жестко закрепляются с помощью специального крепления, предупреждающего их повреждение и разлив электролита. Крепление может быть верхнее (рамка) или нижнее (скоба, закрепляемая за выступы основания). Для батарей, располагающихся в центральной части или багажнике автомобиля, предусматривается аварийный размыкатель аккумуляторной батареи.

Работа аккумуляторной батареи носит циклический характер: разряд-заряд.

При работающем двигателе аккумуляторная батарея заряжается от генератора. Аккумуляторную батарею также можно зарядить с помощью специального зарядного устройства. При зарядке сульфат свинца и вода преобразуются в свинец, двуокись свинца и серную кислоту; плотность электролита повышается.

Заряд батареи должен производиться при оптимальном напряжении. Высокое напряжение приводит к сильному разложению воды и снижению уровня электролита. Низкое напряжение чревато неполной зарядкой батареи и, соответственно, уменьшением срока ее службы.

Работа аккумуляторной батареи зависит от температуры окружающего воздуха. При повышении температуры увеличивается отдаваемая мощность, но вместе с ней увеличивается саморазряд и коррозия электродов. Понижение температуры сопровождается снижением разрядной емкости, замедлением химических процессов и уменьшением плотности электролита.

При отсутствии нагрузки процессы в аккумуляторной батарее продолжают происходить: происходит ее саморазряд. Величина саморазряда зависит от температуры окружающего воздуха и конструкции батареи (электродов).

Срок службы аккумуляторной батареи составляет в среднем 4–5 лет и во многом зависит от режима эксплуатации. Производители постоянно работают над повышением эффективности аккумуляторной батареи, увеличением срока ее службы. Среди перспективных задач в этом направлении следует считать:

- внедрение системы управления энергетическим балансом (регулирует подключение потребителей);

- использование двух аккумуляторных батарей (одна для запуска, другая для всего остального);

- совершенствование конструкции аккумуляторных батарей (AGM, EFB технологии).

Параметры автомобильного аккумулятора. Основные параметры автомобильной аккумуляторной батареи – это номинальная емкость, номинальное напряжение и ток холодной прокрутки. Данные параметры отражаются в маркировке аккумуляторной батареи, которая наносится на корпусе.

Номинальная емкость определяется отдаваемой энергией полностью заряженной батареи при двадцатичасовом разряде. Измеряется в ампер-часах (А·ч). К примеру, батарея емкостью 50 А·ч в течение двадцати часов может отдавать ток 2,5 А.

Большее практическое значение имеет так называемая резервная емкость. Данный неофициальный параметр измеряется в минутах. Резервная емкость аккумуляторной батареи легкового автомобиля при нагрузке 25 А и падении напряжения до 10,5 В должна составлять не менее 90 минут. В течение данного промежутка времени аккумулятор может работать за себя и за генератор.

Номинальное напряжение аккумуляторной батареи складывается из напряжения отдельных аккумуляторов. Номинальное напряжение аккумуляторной батареи легкового автомобиля составляет 12 В.

Ток холодной прокрутки определяет возможность аккумуляторной батареи при запуске в холодное время. Имеется в виду величину тока, который батарея способна отдать при температуре 18 °С в течение 10 с напряжением не менее 7,5 В. Чем выше ток холодной прокрутки, тем легче двигатель будет запускаться зимой.

Обозначение АКБ. Аккумуляторные батареи имеют идентификационные обозначения, позволяющие определить информацию о батарее. Обозначения производителей производятся по ГОСТу или стандартам (рис. 6).



Рис. 6. Идентификационные обозначения АКБ:

а: 1 – количество аккумуляторов (банок) в батарее; 2 – назначение: СТ – стартерная батарея; 3 – емкость батареи, А-ч (55); 4 – информация об исполнении батареи: А – с общей крышкой; 3 – залитая и заряженная;

П – сепаратор-конверт из полиэтилена; М – сепаратор типа пласт из поливинилхлорида; Э – корпус-моноблок из эбонита;

Т – моноблок из термопластичной пластмассы

б: 1 – диапазон значений емкости 12-вольтовой батареи: (5 – от 1 до 99 А-ч; 6 – от 100 до 199 А-ч; 7 – от 200 до 299 А-ч); 2 – емкость батареи, А-ч (55); 3 – информация об исполнении батареи; 4 – Ток холодной прокрутки (в данном случае 420 А)

в: 1 – А - автомобильная батарея; 2 – номер типоразмерной группы и полярность: 34 – 260 × 173 × 205 мм, прямая полярность;

34R – 260 × 173 × 205 мм, обратная полярность;

3 – ток холодной прокрутки (в данном случае 770 А)

Контрольные вопросы

1. Назначение АКБ.
2. Принцип действия АКБ.
3. Устройство необслуживаемой АКБ.
4. Основные параметры АКБ.
5. Расшифровка АКБ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Генератор

Цель работы: изучить назначение, устройство и принцип действия генератора.

Оборудование: генератор автомобиля, набор инструментов.

Автомобильный генератор – электрическая машина, преобразующая механическую энергию в электрический ток. В автомобиле генератор используется для зарядки аккумуляторной батареи и питания электрооборудования при работающем двигателе. В качестве автомобильного генератора применяется генератор переменного тока.

Генератор располагается, как правило, в передней части двигателя и приводится от коленчатого вала. На гибридных автомобилях генератор выполняет функции стартера (так называемый стартер-генератор). Аналогичная схема используется в некоторых конструкциях системы стоп-старт. Ведущими производителями генераторов являются фирмы Bosch, Denso, Delphi.

Различают два типа конструкций автомобильных генераторов – традиционную и компактную. Помимо геометрических размеров, данные конструкции имеют отличия в компоновке вентилятора, устройстве корпуса, приводного шкива, выпрямительного узла. Устройство генератора показано на рис. 7.

Основное предназначение ротора – создание вращающегося магнитного поля. Для этого на валу ротора находится обмотка возбуждения 22, помещенная в две полюсные половины. Каждая из полюсных половин имеет по шесть выступов – полюсов. На валу ротора расположены два контактных кольца 9. Через них и щетки 11 осуществляется питание обмотки возбуждения. Кольца, как правило, медные, реже стальные или латунные. Выводы обмотки возбуждения припаяны непосредственно к кольцам.

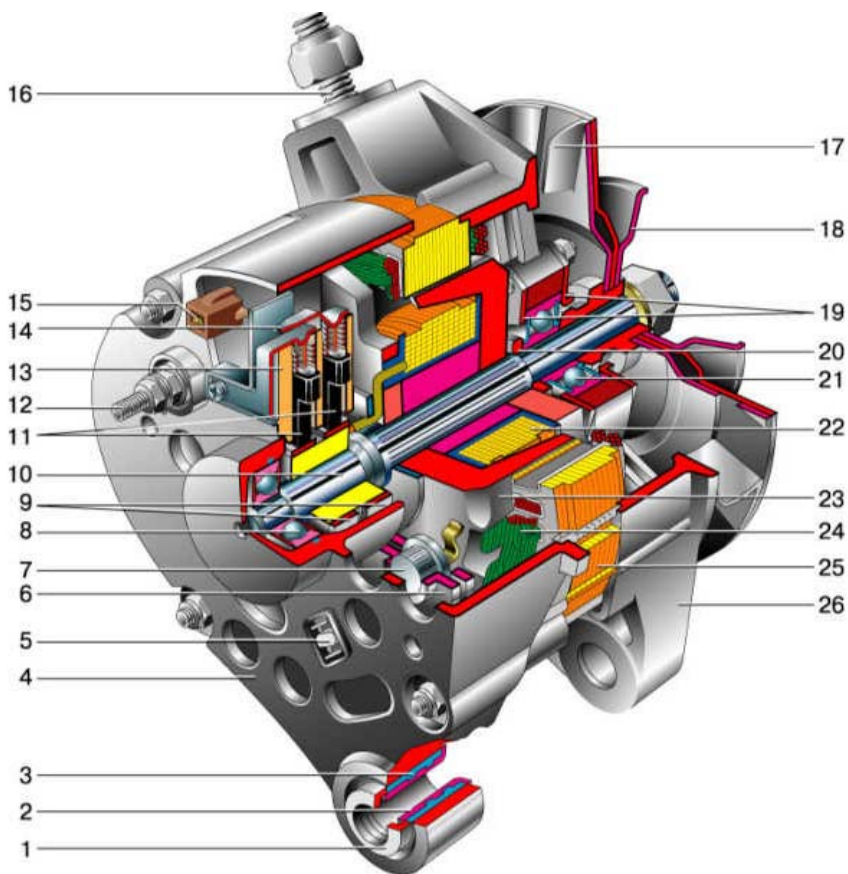


Рис. 7. Устройство автомобильного генератора

- 1 – поджимная втулка; 2 – втулка; 3 – буферная втулка; 4 – задняя крышка;
 5 – винт крепления выпрямительного блока; 6 – выпрямительный блок;
 7 – вентиль (диод); 8 – задний подшипник; 9 – контактные кольца;
 10 – вал ротора; 11 – щетки; 12 – вывод «30»; 13 – щеткодержатель;
 14 – вывод «67»; 15 – штекер нулевого провода; 16 – шпилька крепления генератора;
 17 – крыльчатка вентилятора; 18 – шкив; 19 – пластины;
 20 – кольцо; 21 – передний подшипник; 22 – обмотка возбуждения ротора;
 23 – ротор; 24 – обмотка статора; 25 – статор; 26 – передняя крышка

В зависимости от конструкции на валу ротора размещается одна или две крыльчатки вентилятора 17, а также закрепляет-

ся ведомый приводной шкив 18. Подшипниковый узел ротора представлен двумя шариковыми необслуживаемыми подшипниками 8 и 21. На валу со стороны контактных колец также может устанавливаться роликовый подшипник.

Статор 25 служит для создания переменного электрического тока. Конструктивно он объединяет металлический сердечник и обмотку 24. Сердечник набирается из стальных пластин. Для навивки обмоток в сердечнике выполнено 36 пазов. В пазах укладывается три обмотки, образующие так называемое трехфазное соединение.

В корпусе размещается большинство конструктивных элементов генератора. Корпус представляет собой две крышки – переднюю (со стороны приводного шкива) и заднюю 4 (со стороны контактных колец). Крышки стянуты между собой с помощью болтов. Крышки изготавливаются, как правило, из алюминиевого сплава – легкого, немагнитного и легко рассеивающего тепло. На поверхности крышек выполнены вентиляционные окна, а также две (двухлапное крепление генератора) или одна (однолапное крепление генератора) крепежные лапы.

Щеточный узел обеспечивает передачу тока возбуждения на контактные кольца. Узел включает две графитные щетки 11, пружины, их прижимающие, и щеткодержатель 13. На современных генераторах щеткодержатель объединен с регулятором напряжения в единый неразборный узел.

Выпрямительный блок 6 служит для преобразования синусоидального напряжения, вырабатываемого генератором, в напряжение постоянного тока бортовой сети автомобиля. Выпрямительный блок представляет собой пластины, выполняющие роль теплоотводов, на которых смонтированы диоды 7. Блок содержит шесть силовых полупроводниковых диодов, по два на каждую фазу: один на «положительный», другой – на «отрицательный» вывод генератора.

Регулятор напряжения предназначен для поддержания напряжения генератора в определенных пределах. Современ-

ные генераторы оснащаются полупроводниковыми электронными (интегральными) регуляторами напряжения. Различают следующие конструкции электронных регуляторов:

гибридное исполнение, когда электронные приборы и радиоэлементы используются в электронной схеме вместе с толстопленочными микроэлектронными элементами;

интегральное исполнение, когда все компоненты регулятора напряжения, кроме выходного каскада, выполнены с помощью тонкопленочной микроэлектронной технологии.

Стабилизация напряжения, необходимая при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки, осуществляется автоматически за счет воздействия на ток в обмотке возбуждения. Регулятор управляет частотой импульсов тока и их продолжительностью.

Регулятор напряжения изменяет напряжение, подводимое для зарядки аккумуляторной батареи, в зависимости от температуры воздуха (так называемая термокомпенсация напряжения). Чем ниже температура воздуха, тем большее напряжение подводится к аккумуляторной батарее.

Привод генератора осуществляется посредством ременной передачи и обеспечивает вращение ротора со скоростью, в 2–3 раза превышающую частоту вращения коленчатого вала. В зависимости от конструкции генератора в передаче используется клиновый или поликлиновый ремень.

Принцип действия. При повороте ключа в замке зажигания, ток от аккумуляторной батареи через щетки 5 и контактные кольца 6 поступает на обмотку возбуждения 2. В обмотке, расположенной в роторе 1 и окруженной системой полюсов (полюсных боковин), наводится магнитное поле (рис. 8).

Обмотка 3 статора, в которой вырабатывается электрический ток, уложена в пазы неподвижного магнитопровода статора 3 и состоит из трех независимых обмоток фаз. Наиболее распространенные автомобильные генераторы имеют 36 пазов. В каждой обмотке фаз имеется по шесть катушек, вклю-

ченых последовательно. Обмотки могут быть соединены между собой в звезду или треугольник (рис. 9).

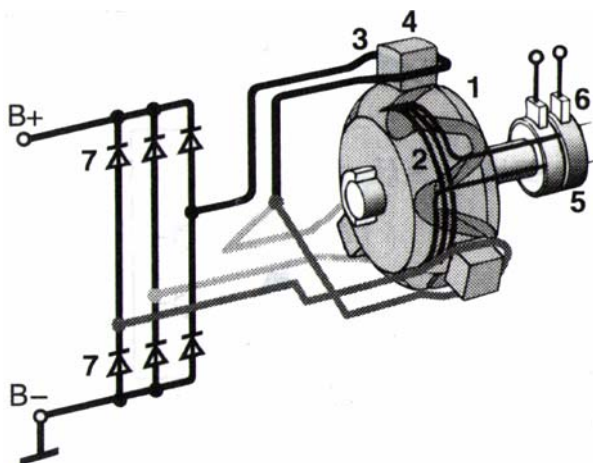


Рис. 8. Схема вентильного генератора:
 1 – ротор; 2 – обмотка возбуждения; 3 – обмотка якоря; 4 – статор;
 5 – контактные кольца; 6 – щетки; 7 – выпрямитель;
 В+ – плюсовая клемма АКБ; В- – минусовая клемма АКБ

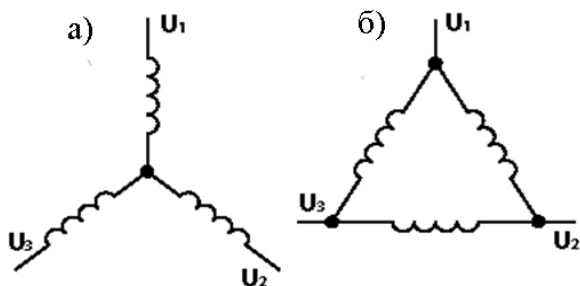


Рис. 9. Соединение фаз:
 а – звезда; б – треугольник

С вращением коленчатого вала двигателя начинает вращаться ротор 1 генератора. Магнитное поле ротора пронизывает обмотки статора, на выводах которых возникает переменное напряжение. При этом у катушек обмоток фаз статора

последовательно находятся то северный N, то южный S полюса ротора, а магнитный поток изменяется по величине, что по закону Фарадея достаточно для появления на выводах обмоток фаз переменного электрического напряжения. Частота f напряжения связана с частотой n_p вращения ротора и числом p пар полюсов ротора простым соотношением: $f = pn_p/60$. При достижении определенной частоты вращения генератор переходит в режим самовозбуждения, то есть обмотка возбуждения запитывается непосредственно от генератора.

Выпрямление переменного тока генератора. Выпрямитель преобразует переменное напряжение в напряжение постоянного тока. В таком состоянии генератор обеспечивает требуемый ток для зарядки аккумуляторной батареи и питания потребителей.

Выпрямитель 7 (рис. 8) содержит шесть диодов $VD1 - VD6$, образующих два плеча: в одном аноды трех диодов $VD1 - VD3$ соединены с выводом «+» генератора, а в другом катоды диодов $VD4 - VD6$ – с выводом «-».

В принятой на автомобилях однопроводной схеме минусовой вывод соединен с массой. К выпрямителю подведены выводы фазных обмоток статора генератора (на рисунке показано соединение в звезду). Наведенные в обмотках фаз переменные напряжения $u_{\phi 1} - u_{\phi 3}$ сдвинуты на $1/3$ периода, что характерно для трехфазной системы.

Диоды выпрямителя при изменении трехфазного напряжения во времени переходят из закрытого состояния в открытое, в результате ток нагрузки имеет только одно направление – от вывода «+» генератора к выводу «-».

Как видно из рис. 10, б, в момент времени 0 напряжение в обмотке $L1$ отсутствует; в обмотке $L3$ положительное, а в обмотке $L2$ отрицательное. За положительное напряжение принято направление стрелки к средней точке 0 обмотки статора. Выпрямленный ток поступает к потребителям в направлении стрелок через находящиеся в открытом состоянии диоды $VD3$ и $VD4$.

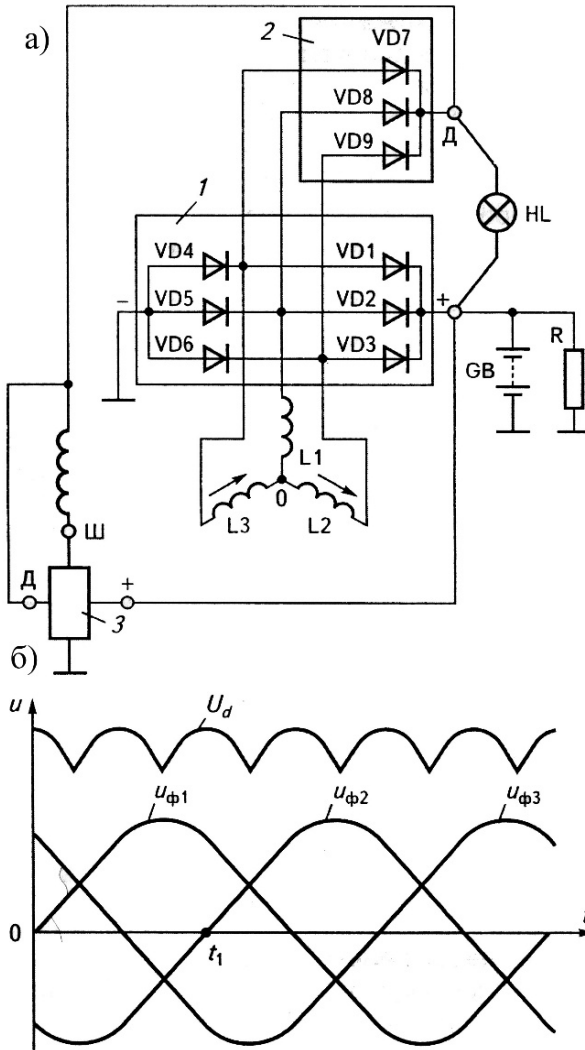


Рис. 10. Схема генераторной установки:
 1 – трехфазный мостовой выпрямитель; 2 – дополнительный выпрямитель; 3 – регулятор напряжения

В момент времени t_1 напряжение в обмотке L_2 отсутствует, в обмотке L_1 положительное, а в обмотке L_3 отрицательное.

Выпрямленный ток поступает к потребителям через диоды $VD1$ и $VD5$. В каждом плече выпрямителя в течение приблизительно $1/3$ периода открыт один диод.

Выпрямленное напряжение U_d имеет пульсирующий характер. Аккумуляторная батарея GB служит своеобразным фильтром, сглаживающим выпрямленное напряжение генератора, при этом ток батареи получается пульсирующим.

В вентильном генераторе диоды выпрямителя не проводят ток от аккумуляторной батареи к обмотке статора, в связи с чем отсутствует необходимость в реле обратного тока. Это значительно упрощает схему генераторной установки. При длительной стоянке автомобиля возможна разрядка аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения. Поэтому в некоторых моделях автомобильных генераторов обмотку возбуждения подсоединяют к дополнительному выпрямителю 2. Дополнительный выпрямитель выполнен на трех диодах $VD7 - VD9$, аноды которых соединены с выводом Д. На обмотку возбуждения в этом случае подается только напряжение от генератора через дополнительный выпрямитель 2 и плечо выпрямителя 1 с диодами $VD4 - VD6$.

Существенным недостатком щеточных генераторов является наличие контактного узла, состоящего из электрических щеток и колец, через который к вращающейся обмотке возбуждения подводится ток. Узел этот подвержен изнашиванию. Пыль, грязь, топливо и масло, попадая на контактный узел, быстро выводят его из строя.

При изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки в работу включается регулятор напряжения. Он регулирует время включения обмотки возбуждения. При возрастании частоты вращения генератора и уменьшении внешней нагрузки время включения обмотки возбуждения уменьшается; при уменьшении частоты вращения и увеличении нагрузки, наоборот, увеличивается. Когда потребляемый ток превышает возможности генератора, в работу включается

аккумуляторная батарея. Для контроля работоспособного состояния генератора на панели приборов имеется контрольная лампа (лампа контроля заряда).

Бесщеточные генераторы. Такие генераторы – вариация специальной конструкции клювообразно-полюсного устройства, в котором вращаются только клювообразные полюсы, тогда как обмотка возбуждения остается неподвижной (рис. 11). Одна из полюсных половин удерживается напротив другой полюсной половины посредством немагнитного кольца. Магнитный поток, кроме нормального рабочего зазора, должен пересекать два дополнительных воздушных зазора. С помощью этой конструкции выпрямитель подает ток в обмотку возбуждения непосредственно через регулятор напряжения, поэтому контактные кольца и скользящие контакты не нужны. Это расположение позволяет избежать износа, характерного для системы с щетками и коллекторными кольцами, позволяя проектировать генераторы с гораздо большим сроком службы. Масса такого устройства несколько больше, чем у генераторов с клювообразными полюсами и токосборными кольцами той же мощности. Безобмоточный ротор также используется в генераторах с жидкостным охлаждением. В случае с этим генератором охлаждающая жидкость двигателя течет по всей рубашке задней части корпуса генератора. Электронные компоненты монтируются на передней крышке, находящейся со стороны привода.

Привод генератора. Современные системы энергопотребления автомобиля требуют больших расходов энергии, поэтому должны применяться генераторы повышенной мощности.

Одно из направлений развития генераторов повышенной мощности – применение повышенной частоты вращения генератора с помощью повышающей шестеренчатой передачи.

В качестве примера можно привести привод генератора автомобиля Touareg с двигателем V10 TD (рис. 12). Здесь генератор приводится через шестерни раздаточного механизма

и двухступенчатую передачу с передаточным числом $i = 3,6$. На валу генератора установлена муфта с упругой шайбой Hardy. Двухступенчатая передача повышает частоту вращения ротора генератора, в соответствии с которой увеличивается его электрическая мощность. Это позволяет обеспечивать потребности всех потребителей электроэнергии даже при работе двигателя на холостом ходу.

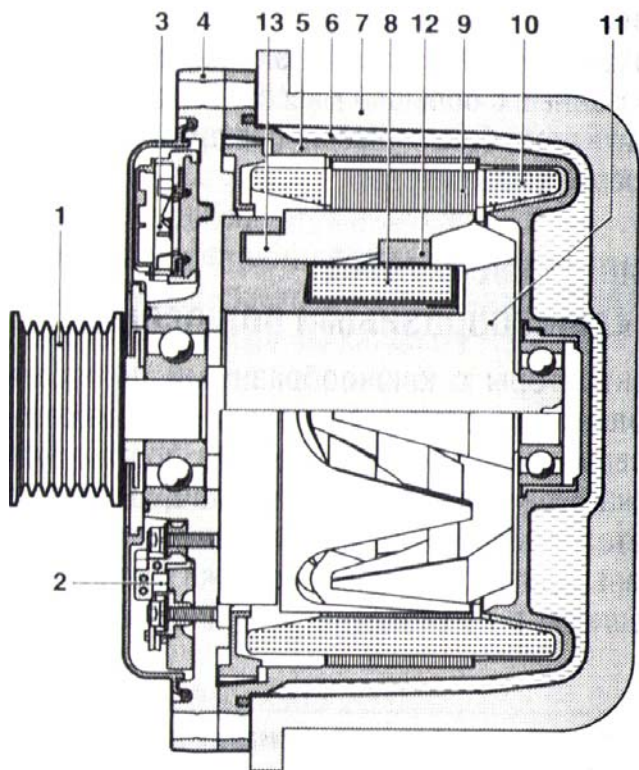


Рис. 11. Бесщеточный генератор с водяным охлаждением:

- 1 – ременной шкив; 2 – выпрямитель; 3 – регулятор;
 4 – щит со стороны привода; 5 – корпус генератора; 6 – рубашка охлаждения; 7 – корпус рубашки охлаждения; 8 – стационарная обмотка возбуждения; 9 – сердечник статора; 10 – обмотка статора; 11 – безобмоточный ротор; 12 – немагнитное промежуточное кольцо; 13 – токопроводящий элемент

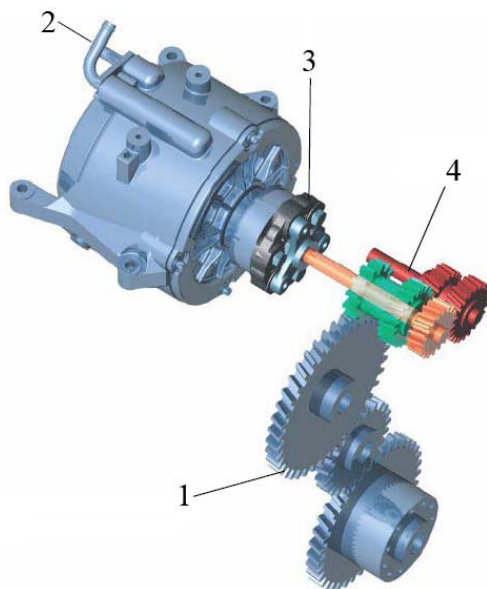


Рис. 12. Генератор с повышающей передачей:

1 – раздаточный механизм; 2 – подвод охлаждающей жидкости;
3 – эластичная муфта; 4 – промежуточный вал зубчатой передачи

Генераторы, охлаждаемые водой. Современные трехфазные генераторы способны вырабатывать достаточно большой ток даже при низкой частоте вращения. Большая сила тока при низкой частоте вращения сопровождается повышенным нагревом деталей генератора, что особенно проявляется при высоких температурах окружающего воздуха. Традиционное воздушное охлаждение генераторов с помощью вентилятора не может обеспечить необходимое охлаждение генератора на низких частотах вращения. В связи с этим многие производители автомобильных двигателей включают генератор в систему жидкостного охлаждения двигателя. У такого генератора отвод тепла от обмотки статора и от крышки с выпрямительным блоком производится в рубашку охлаждения генератора, которая включена в систему охлаждения двигателя.

По сравнению с обычными генераторами с воздушным охлаждением имеют следующие преимущества:

повышенная эффективность (на 10–25 %);

увеличенный выходной ток при работе двигателя в режиме холостого хода;

снижение уровня шума (10–12 дБ за счет отказа от вентиляции)

стойкость к высокой температуре ($> 130\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Основные параметры генератора:

номинальное напряжение;

номинальный ток;

номинальная частота вращения;

частота самовозбуждения;

коэффициент полезного действия.

В зависимости от конструкции электрической системы автомобиля номинальное напряжение составляет 12 или 24 В. За номинальный ток принимается максимальный ток отдачи при номинальной частоте вращения, которая составляет 6000 об/мин. Зависимость величины силы тока от частоты вращения генератора называется токоскоростной характеристикой.

Помимо номинальных значений, токоскоростная характеристика включает другие характерные точки:

минимальная рабочая частота вращения и минимальный ток (минимальный ток составляет 40–50 % от номинального тока);

максимальная частота вращения и максимальный ток (максимальный ток превышает номинальный ток не более 10 %).

Контрольные вопросы

1. Назначение генератора.
2. Устройство генератора.
3. Принцип действия генератора.
4. Перспективы развития генераторов.
5. Основные параметры генератора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Система запуска двигателя

Цель работы: изучить назначение, устройство и принцип действия стартера.

Оборудование: стартер автомобиля, набор инструментов.

Система запуска двигателя предназначена для запуска двигателя автомобиля. Система обеспечивает вращение двигателя со скоростью, при которой происходит его запуск. Пусковая частота вращения коленчатого вала дизельного двигателя составляет 200–250 об/мин в связи с тем, что для пуска необходимо создать высокую температуру воздуха в конце такта сжатия и обеспечить хорошее качество смесеобразования. У бензиновых двигателей пусковая частота должна быть 40–60 об/мин, чтобы обеспечить подачу топлива и необходимое разрежение во впускном трубопроводе.

В современных автомобилях наиболее распространена стартерная система запуска. Система запуска двигателя входит в состав электрооборудования автомобиля. Питание системы осуществляется постоянным током от аккумуляторной батареи.

Система запуска включает следующие компоненты:

стартер с тяговым реле и механизмом привода;

замок зажигания;

комплект соединительных проводов.

Стартер создает необходимый крутящий момент для вращения коленчатого вала двигателя. Он представляет собой электродвигатель постоянного тока. Конструктивно стартер (рис. 13) состоит из статора (корпуса) 22, ротора (якоря) 24, щеток 17 со щеткодержателем, тягового реле с втягивающей 10 и удерживающей 11 обмотками, а также механизма привода с шестерней 4 и обгонной муфтой 5.

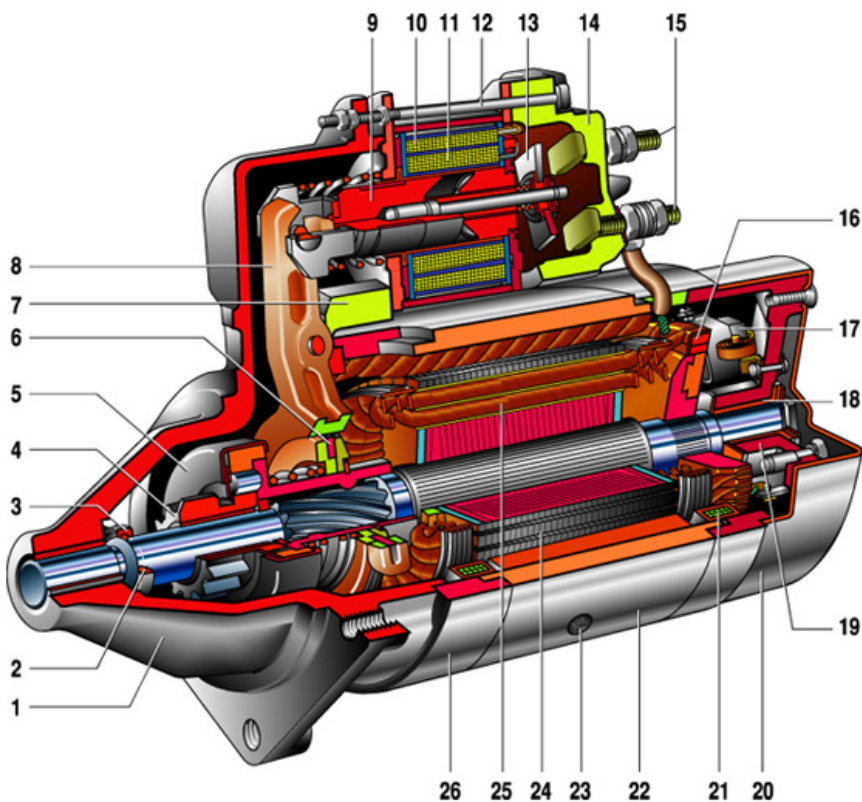


Рис. 13. Устройство автомобильного стартера:

- 1 – крышка со стороны привода; 2 – стопорное кольцо;
 3 – ограничительное кольцо; 4 – шестерня привода; 5 – обгонная муфта;
 6 – поводковое кольцо; 7 – резиновая заглушка; 8 – рычаг привода;
 9 – якорь реле; 10 – удерживающая обмотка тягового реле;
 11 – втягивающая обмотка тягового реле; 12 – стяжной болт реле;
 13 – контактная пластина; 14 – крышка реле; 15 – контактные болты;
 16 – коллектор; 17 – щетка; 18 – втулка вала якоря;
 19 – крышка со стороны коллектора; 20 – кожух;
 21 – шунтовая катушка обмотки статора; 22 – корпус с полюсными башмаками;
 23 – винт крепления полюса статора; 24 – якорь;
 25 – обмотка якоря; 26 – промежуточное кольцо

Тяговое реле, состоящее из втягивающей 11 и удерживающей 10 обмоток, якоря 9, контактной пластины 13; обеспечивает питание обмоток стартера и работу механизма привода. Внешнее подключение к тяговому реле осуществляется через контактные болты 15.

Механизм привода предназначен для механической передачи крутящего момента от стартера на коленчатый вал двигателя. Конструктивными элементами механизма являются: рычаг привода (вилка) 8 с поводковым кольцом 6 и демпферной пружиной; муфта свободного хода (обгонная муфта) 5; шестерня привода 4.

Система запуска, устанавливаемая на бензиновые и дизельные двигатели, имеет аналогичную конструкцию. Для облегчения запуска дизельных двигателей в холодное время система запуска может оборудоваться свечами накаливания, которые подогревают воздух во впускном коллекторе. С этой же целью на автомобилях применяются системы предпускового подогрева.

Дальнейшим развитием системы запуска двигателя являются:
система автоматического запуска двигателя;

система интеллектуального доступа в машину и запуска двигателя;

система «Стоп – Старт»;

система запуска SISS.

Принцип действия. При повороте ключа в замке зажигания 27 ток от аккумуляторной батареи поступает на вспомогательное реле 28, назначение которого – предохранить контакты замка зажигания от прохождения тока большой силы и подгорания контактов замка, затем на контакты тягового реле (рис. 14). При протекании тока по обмоткам 10 и 11 тягового реле происходит втягивание якоря 9. Якорь тягового реле перемещает рычаг механизма привода 8 и обеспечивает зацепление шестерни привода 4 с зубчатым венцом маховика.

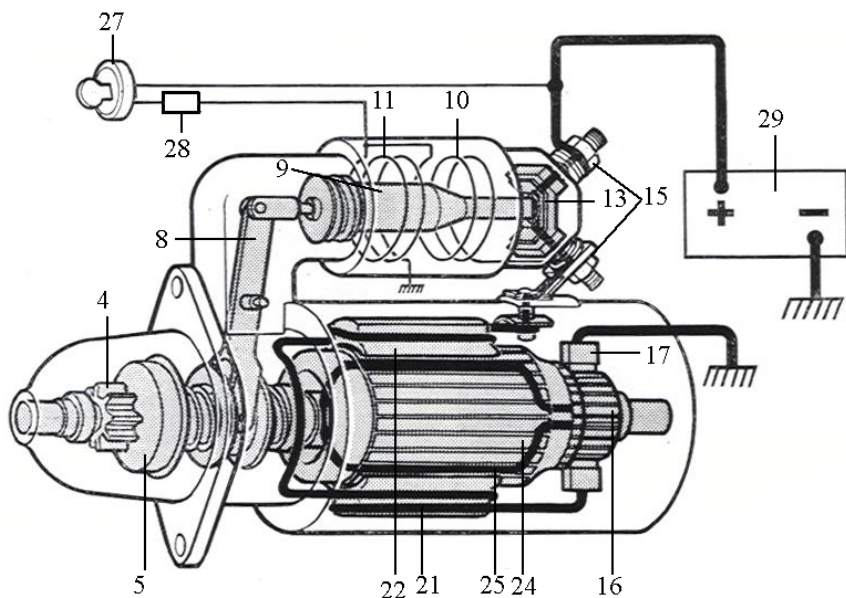


Рис. 14. Схема автомобильного стартера (позиции соответствуют рис. 13):

- 4 – шестерня привода; 5 – обгонная муфта; 8 – рычаг привода;
- 9 – якорь реле; 10 – удерживающая обмотка тягового реле;
- 11 – втягивающая обмотка тягового реле; 13 – контактная пластина;
- 15 – контактные болты; 16 – коллектор; 17 – щетка;
- 21 – шунтовая катушка обмотки статора; 22 – корпус с полюсными башмаками; 24 – якорь; 25 – обмотка якоря; 27 – замок зажигания;
- 28 – вспомогательное реле; 29 – АКБ

При движении якорь также замыкает контакты болтов 15, при котором происходит питание током обмоток статора и якоря. Ток от АКБ 29 поступает напрямую через контактную пластину 13 на шунтовую обмотку 21, намотанную на полюсные башмаки корпуса 22. От обмотки 21 ток поступает на щетки 17, от них на коллектор 16 и далее на обмотку якоря 25.

В результате взаимодействия возникающих магнитных полей якоря и статора вал якоря начинает вращаться, поворачивая шестерню привода 4. Шестерня-привод 4 входит в зацепление с венчиком маховика, который поворачивает коленча-

тый вал, тот, в свою очередь, через коленчатый вал, соединенный с маховиком, приводит в движение поршни, и двигатель запускается. Для того чтобы шестерня привода точно вошла в зацепление с венчиком маховика, вал стартера, который приводит во вращение шестерню привода, выполняют со спиральными шлицами (см. рис. 13). Если зубья шестерни неточно входят в зацепление с зубчатым венчиком, шестерня проворачивается на шлицах вала до полного зацепления с венчиком.

Как только происходит запуск двигателя, частота вращения коленчатого вала резко возрастает, что может привести к выбросу обмоток якоря под действием большой центробежной силы и поломке стартера. Для предотвращения поломки срабатывает обгонная муфта, которая отсоединяет стартер от двигателя.

Наибольшее распространение получили бесшумные в работе и технологичные роликовые муфты свободного хода, способные при небольших размерах передавать большие крутящие моменты. Роликовые муфты малочувствительны к загрязнению, не требуют ухода и регулирования в эксплуатации.

При включении стартера наружная ведущая обойма 2 (рис. 15) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно неподвижной еще ведомой обоймы 5. Ролики 4 под действием прижимных пружин 6 и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиновидного пространства и муфта заклинивается. Вращение от вала якоря наружной ведущей обоймы 2 муфты передается шлицевой втулкой. После пуска двигателя частота вращения ведомой обоймы 5 с шестерней превышает частоту вращения ведущей обоймы 2, ролики переходят в широкую часть клиновидного пространства между обоймами, поэтому вращение от венца маховика к якорю стартера не передается (муфта проскальзывает). При этом вал стартера может продолжать вращаться.

При повороте ключа в замке зажигания стартер останавливается. Возвратная пружина тягового реле перемещает якорь, который, в свою очередь, возвращает механизм привода в исходное положение.

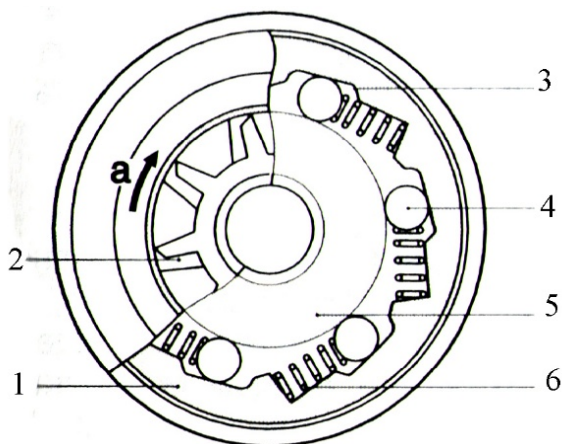


Рис. 15. Обгонная муфта роликового типа
 1 – шестерня привода; 2 – наружная ведущая обойма муфты;
 3 – выемки роликов; 4 – ролик; 5 – ведомая обойма с шестерней привода;
 6 – пружина; *a* – направление вращения

Стартер с цилиндрическим редуктором. В целях снижения общей массы и уменьшения расхода такого дорогостоящего материала как медь, начали применять стартеры с понижающими редукторами.

Редукторы, встраиваемые в стартеры, разделяются на три основных типа: цилиндрический с внешним зацеплением, цилиндрический с внутренним зацеплением и планетарный. Редукторы выполняются одноступенчатыми с прямозубыми шестернями.

Конструкция стартеров с цилиндрическими редукторами с внешним зацеплением представлена на рис. 16. Редуктор расположен в корпусе 23. Преимущество цилиндрического редуктора с внешним зацеплением – в технологичности изготовления его зубчатых колес. К недостаткам относится увеличение высоты стартера по сравнению со стартерами без редуктора из-за смещения осей стартерного электродвигателя и привода на 30–50 мм. Появление радиальной нагрузки на якорь электродвигателя требует использования подшипников качения.

В стартерах с цилиндрическими редукторами, имеющими внутреннее зацепление, смещение осей электродвигателя и привода меньше, что облегчает компоновку стартера на двигателе. К недостаткам относятся повышенная сложность изготовления зубчатых колес, наличие радиальной нагрузки на вал электродвигателя.

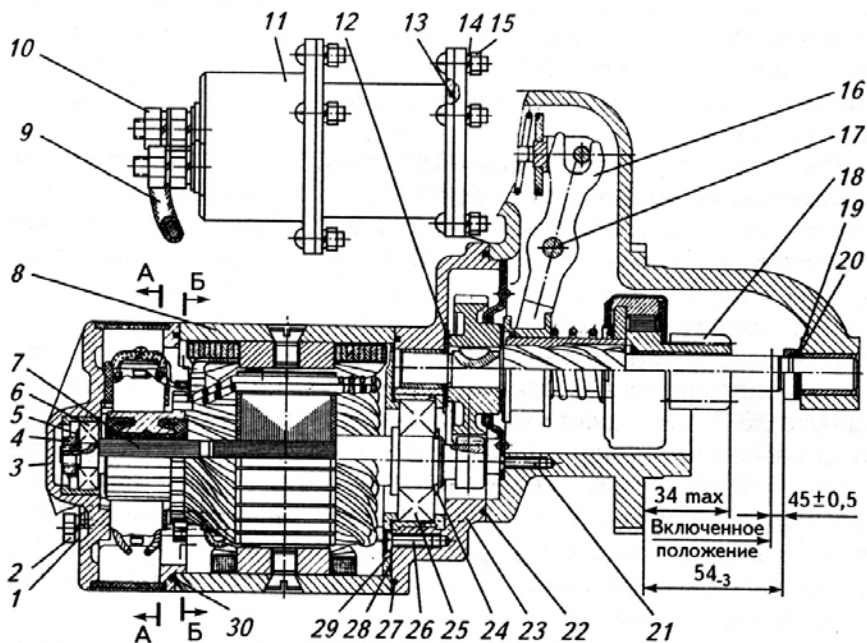


Рис. 16. Стартер со встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением:

- 1, 14 – пружинные шайбы; 2 – стяжной болт; 3 – крышка со стороны коллектора; 4, 15 – гайки; 5 – стопорная шайба;
- 6, 25 – подшипники; 7 – якорь в сборе; 8 – корпус; 9 – перемычка;
- 10 – гайка контактного болта тягового реле; 11 – тяговое реле;
- 12 – шайба; 13, 22, 27, 30 – уплотнительные кольца; 16 – рычаг в сборе;
- 17 – ось рычага; 18 – шестерня привода; 19 – упорная шайба;
- 20 – регулировочная шайба; 21, 26 – винты; 23 – корпус редуктора в сборе;
- 24 – кольцо; 28 – регулировочная прокладка; 29 – крышка подшипника

Стартер с планетарным редуктором. Работы в области совершенствования электродвигателей позволили создать простую и легкую конструкцию стартера с возбуждением постоянными магнитами и с понижающей передачей.

На рис. 17 показан якорь и понижающая передача стартера Bosch DW. Понижающая передача представляет собой планетарный ряд, солнечная (центральная) шестерня которого закреплена на валу якоря, а выходная мощность снимается с водила, на осях которого установлены свободно вращающиеся сателлиты. Шестерни планетарной передачи с наружными зубьями изготовлены из стали, а эпициклическая шестерня (с внутренними зубьями) – полиамидного компаунда с минеральными добавками или методом порошковой металлургии для повышения износостойкости.

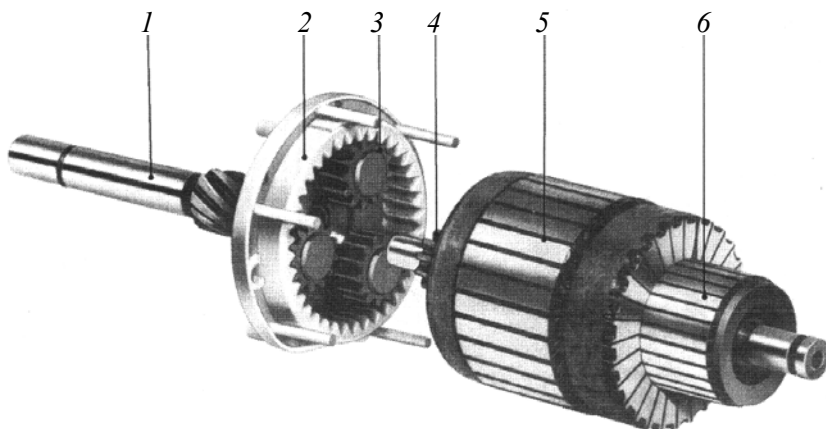


Рис. 17. Стартерный электродвигатель с понижающей передачей:

- 1 – вал водила планетарной передачи с косыми шлицами;
- 2 – эпицикл планетарной передачи; 3 – сателлиты;
- 4 – солнечная шестерня, закрепленная на валу; 5 – якорь; 6 – коллектор

На рис. 18 показано схематичное исполнение стартера.

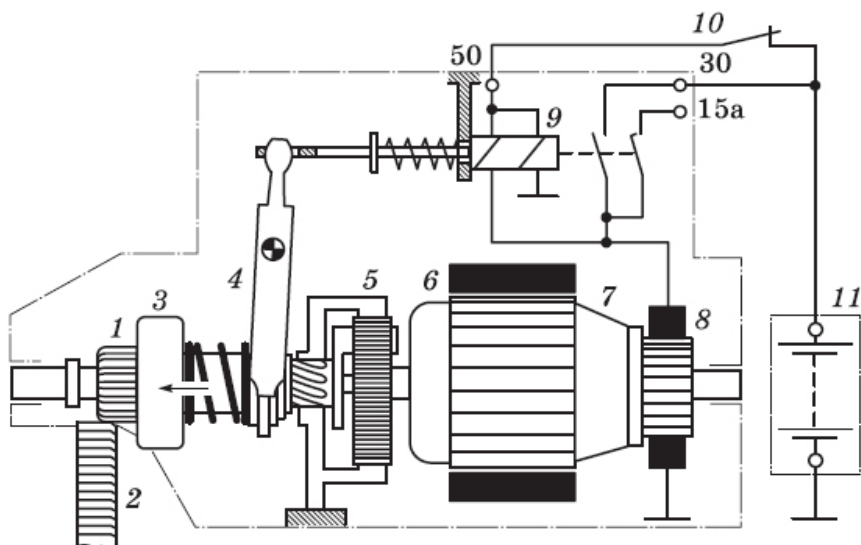


Рис. 18. Схема стартера Bosch DW с постоянными магнитами и понижающей передачей:

- 1 – шестерня; 2 – венец маховика; 3 – обгонная муфта;
- 4 – управляющий рычаг; 5 – планетарная передача;
- 6 – постоянный магнит; 7 – якорь; 8 – коллектор с графитовыми щетками;
- 9 – электромагнитный привод с втягивающей и удерживающими обмотками; 10 – включатель стартера; 11 – аккумулятор

Сателлиты, прессованные из порошка, вращаются на осях в подшипниках скольжения или игольчатых подшипниках. Последние предпочтительнее, так как обеспечивают больший КПД редуктора. Ось сателлита одновременно является внутренней обоймой игольчатого подшипника, что предъявляет высокие требования к материалу и точности осей. Центральное зубчатое колесо выполняется как одно целое с валом якоря или может быть съемным.

Для получения минимальных механических потерь и обеспечения высокого срока службы предъявляются повышенные требования к точности изготовления зубчатых колес и других деталей редуктора. С той же целью применяют высокока-

чественные смазочные материалы. Передаточное отношение редуктора обычно составляет 3–5.

Якорь стартера с редуктором имеет конструктивные особенности. Обмотка якоря пропитана компаундом, уменьшающим вероятность его разноса. В связи с повышенной частотой вращения якорь обязательно подвергается динамической балансировке. Для снижения потерь на гистерезис и вихревые токи пакет якоря собирают из пластин тонколистовой (толщина 0,5 мм) электротехнической стали.

В связи с уменьшенной металлоемкостью и повышенной удельной мощностью стартеры с редуктором обладают большей тепловой напряженностью по сравнению со стартерами без редуктора.

Наиболее важен в стартерах с редуктором щеточно-коллекторный узел. Плотность тока под щетками в режиме максимальной мощности в 1,5–2,5 раза превышает плотность тока у обычных стартеров. В таких условиях требуется применение специальных щеток, имеющих на сбегавшем крае повышенное содержание графита. Это увеличивает сопротивление коммутируемой цепи, улучшает коммутацию. Кроме того, применяется сдвиг щеток против направления вращения на 0,3–0,5 коллекторного деления, – это в итоге обеспечивает снижение интенсивности изнашивания щеток и коллектора до уровня стартеров без редукторов.

В качестве магнитов используются постоянные магниты из феррита стронция, у которых повышенная коэрцитивная сила по сравнению с магнитами из феррита бария. Повышенная коэрцитивная сила увеличивает стойкость магнитов против размагничивания реакцией якоря в момент включения стартера, когда действует ток короткого замыкания.

В целях повышения стойкости к размагничиванию применяют специальную обработку сбегавшего участка магнита, которая приводит к дополнительному местному повышению коэрцитивной силы; также увеличивают число полюсов.

Такой стартер на 40 % легче стартера обычного исполнения и рассчитан на применение с двигателями объемом до 5 литров.

Система стоп-старт. Остановка двигателя на остановках перед светофором позволяет экономить примерно 9 % при эксплуатации в городском цикле крупного города при снижении загрязнения окружающей среды. Во время остановок при определенных условиях двигатель может самостоятельно выключаться и вновь включаться по желанию водителя. Примером такой системы является система стоп-старт (MSS) фирмы Volkswagen (рис. 19).

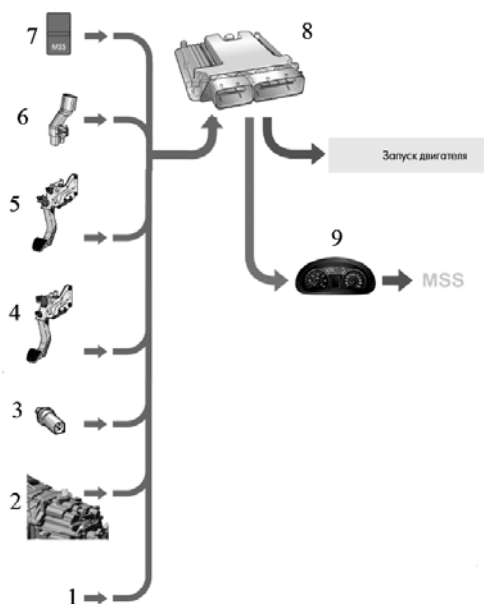


Рис. 19. Схема управления системой стоп-старт:

1 – сигнал от датчика скорости; 2 – сигнал от датчика выключателя нейтрального положения коробки передач; 3 – сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости; 4 – сигнал от первого датчика сцепления; 5 – сигнал от второго датчика сцепления; 6 – сигнал от датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя; 7 – главный выключатель системы стоп-старт; 8 – электронный блок управления двигателем; 9 – щиток приборов

Система стоп-старт двигателя включается при работающем двигателе (при помощи главного выключателя системы стоп-старт) и остается активированной лишь в только в том случае, если в течение короткого времени после трогания с места автомобиль движется со скоростью более 5 км/ч.

Для автоматического отключения двигателя необходимо в течение как минимум 2 секунд выполнить следующие условия:

автомобиль неподвижен, информация передается с блока управления ABS через датчики частоты вращения колес;

двигатель работает минимальной частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу, информация передается с датчика частоты вращения двигателя 6;

КПП переключена на нейтральное положение, информация передается с выключателя нейтрального положения 2;

педаль сцепления не задействована, информация передается с датчика педали сцепления;

температура охлаждающей жидкости находится в пределах между 40 °С и 100 °С информация передается с датчика температуры охлаждающей жидкости 3.

Контрольная лампа MMS на щитке приборов 9 мигает, если задействован выключатель MSS, автомобиль неподвижен, однако может быть либо включена передача, либо нажато сцепление.

Двигатель автоматически включается при выполнении следующих условий:

зажигание включено;

КПП переключена на холостой ход, информация передается с датчика нейтрального положения 2;

педаль сцепления задействована, информация передается с датчика сцепления;

если блок управления двигателя зафиксирует движение автомобиля, например, на уклоне при отпущенных тормозах.

В том случае когда после автоматического выключения двигателя была включена передача, то для автоматического запуска педаль сцепления должна быть нажата до упора. При выключенном зажигании система стоп-старт двигателя деактивируется.

В системах стоп-старт может применяться рекуперация электроэнергии. При замедлении и торможении автомобиля напряжение генератора возрастает, что используется для дополнительной зарядки АКБ.

Для системы очень важна информация о том, достаточно ли напряжения АКБ для повторного запуска (прогнозирование напряжения пуска). На основании прогнозирования принимается решение, может ли быть осуществлен надежный запуск двигателя или для увеличения пускового тока необходимо отключить некоторые потребители электроэнергии (например, обогрев сидений, заднего стекла, зеркал, рулевого колеса и дополнительный отопитель). В случае необходимости питание этих устройств отключается перед повторным стартом и на время запуска двигателя блокируется.

Вместо обычных свинцовых АКБ в автомобилях с системой стоп-старт в качестве стартерной батареи применяются только АКБ со стекловолоконистым наполнением или гелиевые АКБ, потому что они способны выдержать большее число циклов заряда-разряда. Кроме того, в применяемых стартерах приняты меры по повышению их стойкости к увеличенной частоте циклов запуска и повышена прочность зубчатого зацепления.

Частые запуски и остановки двигателя при высоком пусковом токе системы могут вызвать колебания напряжения питания других потребителей электроэнергии в автомобиле, что приводит к перезапуску отдельных устройств и регистрации ошибок типа «напряжение бортовой сети, слишком низкий уровень» в различных блоках управления.

Чтобы избежать этого, в электрооборудовании системы стоп-старт применяют стабилизатор напряжения для стабилизации напряжения бортовой сети автомобиля на уровне 12 В. Если стабилизатор напряжения неисправен, то в электрооборудовании (например, в магнитоле), радионавигационной системе, комбинации приборов или телефоне при падении уровня напряжения, вызванном с работой стартера, произойдет перезагрузка.

Стабилизатор (рис. 20) напряжения представляет собой преобразователь постоянного тока. Его центральный элемент – электрический накопитель 5, способный аккумулировать электрическую энергию в течение определенного времени. В стабилизатор входит также встроенный переключатель (транзистор 9), управляющий потоком электрической энергии из накопителя.

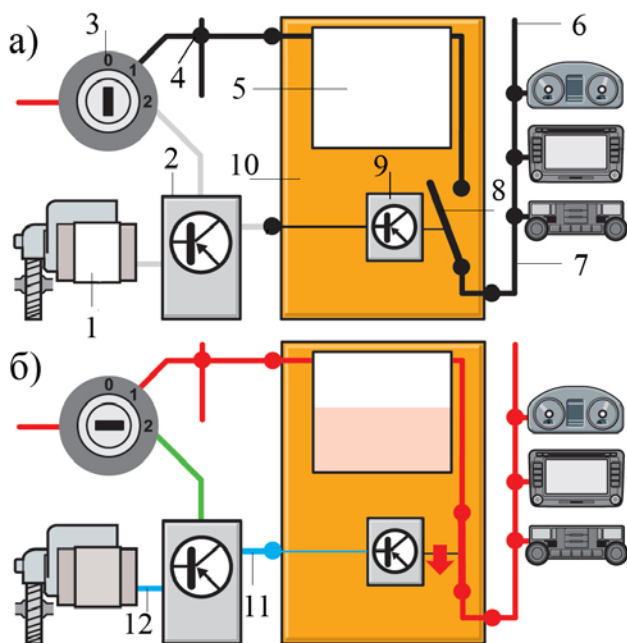


Рис. 20. Стабилизатор напряжения:

- 1 – стартер; 2 – блок управления бортовой сети; 3 – ключ зажигания;
 4 – клемма № 15; 5 – электрический накопитель; 6 – клемма № 30;
 7 – подача питания на приборную панель; 8 – условное изображение переключателя; 9 – транзистор; 10 – корпус стабилизатора;
 11 – клемма 50R; 12 – клемма №50; а – зажигание включено, стартер не работает; б – зажигание включено, стартер работает

При включенном зажигании на клемму 4 подается напряжение (рис. 20, а). Внутренний переключатель, управляющий разрядом накопителя, разомкнут. Во время включения стартера

(на клемму 12 подается ток) стабилизатор напряжения получает через клемму 11 сигнал на включение (триггер) (рис. 20, б). Этот сигнал замыкает переключатель. Накопленная энергия поступает в цепи питания и предохраняет напряжение от колебаний. После этого переключатель размыкается и накопитель снова заряжается.

Для облегчения запуска двигателей с непосредственным впрыском перед очередным троганием с места фирма «Mazda» разработала систему SISS запускающую двигатель с помощью бензина (рис. 21).

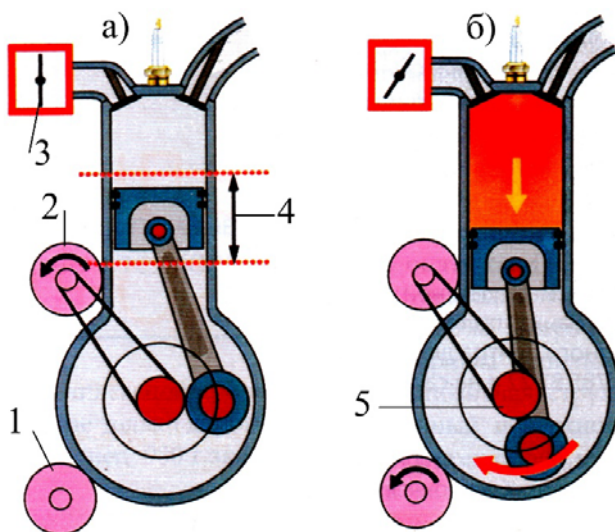


Рис. 21. Система облегчения запуска двигателя SISS:

- 1 – стартер; 2 – генератор; 3 – дроссельная заслонка;
 4 – границы допустимого положения поршня; 5 – коленчатый вал

Суть системы заключается в следующем. Один из поршней двигателя останавливается в положении $30\text{--}120^\circ$ от ВМТ на такте рабочего хода. С началом движения (при отпускании педали тормоза) в цилиндры впрыскивается топливо и воспламеняется топливно-воздушная смесь, – таким образом,

производится запуск двигателя. При запуске двигателя в дополнение энергии сгорания топлива используется энергия стартера, который включается на непродолжительное время.

Для надежного пуска необходим запас воздуха в цилиндре и остановка поршня в необходимом положении. Остановка поршня в требуемом допустимом положении осуществляется с помощью генератора. Для создания достаточного запаса воздуха в цилиндре частота вращения коленчатого вала двигателя увеличивается перед остановкой 600 до 1000 об/мин на три секунды.

Система SISS не имеет аналогов в мире, так как поршни приводятся в движение перед тем, как производится запуск двигателя, в то время как в других системах вначале запускается двигатель. Благодаря этому, двигатель, оснащенный SISS, запускается почти в два раза быстрее других, обеспечивая более плавный повторный запуск и экономию топлива.

Контрольные вопросы

1. Назначение стартера.
2. Устройство стартера.
3. Принцип действия стартера.
4. Перспективы развития стартеров.
5. Системы стоп-страт и SISS.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурский, А.С. Электрооборудование автомобилей : лабораторный практикум / А. С. Гурский, А. В. Казацкий. – Минск : БНТУ, 2009. – Ч. 1. Система электроснабжения. – 104 с.
2. Савич, Е.Л. Легковые автомобили : учебник / Е.Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Новое знание ; М. ИНФРА-М, 2013. – 758 с.
3. Савич, Е.Л. Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие: в 3 ч. / Е.Л. Савич. – Минск : Новое Знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – Ч. 2. Методы и средства диагностики и технического обслуживания автомобилей. – 364 с.
4. Савич, Е. Л.. Устройство автомобилей. Двигатели : учеб. пособие / Е.Л. Савич. – Минск : Выш. школа, 2019. – 334 с.
5. Савич, Е. Л.. Устройство и эксплуатация автомобилей для международных перевозок : учеб. пособие / Е. Л. Савич, В. П. Ложечник, А. С. Гурский ; под общ. ред. Е. Л. Савича. – Минск : РИПО, 2016. – 407 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.	
Аккумуляторная батарея	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.	
Генератор.....	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.	
Система запуска двигателя	27
Список рекомендуемой литературы	43

Учебное издание

Системы энергообеспечения и запуска двигателя

Лабораторный практикум
для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая
эксплуатация автомобилей», 1-37 01 07 «Автосервис»

С о с т а в и т е л и:

САВИЧ Евгений Леонидович
ИВАНИС Петр Владимирович

Редактор *Т. В. Мейкшане*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 21.03.2019. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,00. Тираж 100. Заказ 297.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.