

# **ВВЕДЕНИЕ**

Социально-экономическое развитие мирового сообщества предопределяет интенсивное развитие современных видов транспорта, в числе которых ведущее место занимает автомобильный транспорт. На основе технического прогресса и роста производительности труда парк автомобилей неудержимо нарастает из года в год. При общей численности населения земной планеты в 7,5 млрд человек, автомобили становятся вторым «населением», куда более быстрым и сильным, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Автомобильный транспортный комплекс является одним из элементов хозяйства любой страны и включает в себя:

- автомобилестроение;
- авторемонтное производство;
- производство гаражного оборудования;
- производство дорожных машин;
- строительство автодорог;
- производства, обслуживающие автомобильный транспорт и обеспечивающие его эффективное функционирование.

Автомобильная промышленность поставляет автомобильному транспорту подвижной состав; авторемонтное производство — автомобили после капитального ремонта; производство, производящее дорожное оборудование, поставляет средства механизации для проведения технического ремонта; сам автомобильный транспорт оказывает услуги предприятиям и населению перевозками грузов и пассажиров; автодороги обеспечивают нормальный процесс перевозок грузов и пассажиров.

Для того чтобы эти связи между подсистемами были чётко организованы, необходимо твердое управление всей системой хозяйствования. Таким образом, выстраивается автотранспортная система с определённым перечнем элементов (подсистем), которые показаны в таблице 1.

*Таблица 1*

**Система автомобильного транспортного комплекса**

<b>№ п/п</b>	<b>Системы</b>	<b>Подсистемы (элементы)</b>
1.	Транспортный комплекс	Автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт, воздушный транспорт, морской (речной) транспорт
2.	Автомобильный транспорт	Коммерческая эксплуатация, техническая эксплуатация, авторемонт (автосервис), подсистема управления
3.	Автомобиль	Агрегаты, механизмы, системы, узлы, детали
4.	Автотранспортное предприятие	Производственные корпуса, цехи, производственные участки, колонны, технические службы

Однако при эксплуатации ТС существует достаточно много последствий, составляющих комплекс негативных компонентов системы, к которым относятся:

— дорожно-транспортные происшествия, в которых гибнут и получаютувечья миллионы людей;

— окружающая среда загрязняется выхлопными отравляющими газами, насыщенными токсичными компонентами, опасными для здоровья людей и животных;

— расходуется огромное количество углеводородного нефтяного дорого-го топлива, имеющего ограниченные запасы сырья;

— под асфальтом исчезают значительные площади пригодной для зем-леделия земли;

— сам человек, проводящий все большее время в автомобиле, меняется не в лучшую сторону, как физически, так и психологически.

По своему назначению автомобили классифицируются на транспортные и специальные. Транспортные автомобили предназначены для перевозки грузов и пассажиров. В соответствии с назначением к этой группе относятся грузовые и пассажирские автомобили. Грузовые автомобили различаются по грузоподъем-ности и типу кузова. Пассажирские автомобили в зависимости от конструкции и вместимости разделяются на две группы: автобусы и легковые автомобили. Автобусы выпускаются трех типов: городские, предназначенные для перевозки пассажиров на короткие расстояния; междугородние, оборудованные для пере-возки пассажиров на дальние расстояния; туристические.

В зависимости от вместимости кузова автобусы разделяются на автобусы малой, средней и большой вместимости.

Автомобили специального назначения оборудованы устройствами и ме-ханизмами для выполнения определенных работ. К ним относятся: санитарные, пожарные, мусороуборочные автомобили, автовышки, автомастерские и т. п. Однако общее устройство автомобиля определяет его три основные части: ку-зов, двигатель, шасси и электрооборудование. В зависимости от назначения ку-зов имеет различное устройство. В грузовом автомобиле к кузову относятся грузовая платформа и кабина для водителя. У легковых автомобилей и автобу-сов кузова приспособлены для удобного размещения пассажиров. К кузову от-носятся также крылья, облицовка, капот и брызговики. Двигатель (силовая установка) преобразует тепловую энергию, получающуюся при сгорании топ-лива в цилиндрах, в механическую работу, т. е. во вращение. Шасси — это комплект основных элементов автомобиля: трансмиссии, ходовой части и орга-нов управления. Этот комплект (шасси) предназначен для передачи крутящего момента от двигателя на ведущие колеса, передвижения автомобиля и управле-ния им. Трансмиссия (силовая передача) передает вращательное движение от двигателя к ведущим колесам. Она состоит из сцепления, коробки передач, карданной и главной передач, дифференциала и полуосей. Сцепление предна-значено для плавного соединения и кратковременного разобщения двигателя с коробкой передач. Коробка передач предназначена для изменения величины крутящего момента, передаваемого от двигателя к ведущим колесам, для сооб-щения автомобилю заднего хода, а также для длительного разобщения двигате-

ля с трансмиссией. Карданная передача служит промежуточным звеном между коробкой передач и главной передачей. Её основное назначение — передать крутящий момент от коробки передач к главной передаче под изменяющимся углом во время движения автомобиля. Главная передача служит для увеличения крутящего момента на ведущих колесах автомобиля и передачи его к полуосям под прямым углом. Дифференциал обеспечивает возможность вращения ведущих колес с различными скоростями, что необходимо при поворотах и движении автомобиля по неровным дорогам. Полуоси передают крутящий момент ведущим колесам автомобиля. Ходовая часть включает в себя: раму, к которой крепятся все агрегаты и механизмы автомобиля; передние и задние балки мостов (или передние и задние оси); рессоры; амортизаторы; колеса с пневматическими шинами (в безрамных автомобилях раму заменяют несущим кузовом). К механизмам управления относятся рулевое управление и тормозная система. Рулевое управление предназначено для изменения направления движения автомобиля. Тормозная система служит для замедления движения и полной остановки автомобиля.

Таким образом, весь основной комплексный состав автомобильного устройства остается до настоящего времени костяком в эксплуатации. Но благодаря современной науке все системы автомобиля постоянно развиваются, оснащаясь бортовым оборудованием. Это развитие идет по двум направлениям:

- в направлении поиска способов улучшения параметров и характеристик существующих устройств, систем, аппаратов и приборов;
- в направлении разработки функциональных узлов, систем и блоков для нужд автоматизации и механизации рабочих процессов на автомобиле.

Так, на базе научных исследований за короткий исторический срок реализовано и кардинально усовершенствовано классическое электрооборудование, а также создан целый ряд бортовых систем автоматического управления механизмами и системами автомобиля.

Это стало возможным благодаря достижениям в области полупроводниковой и микроэлектронной технологии изготовления электросхем, которые составляют немалую часть автомобильного бортового оборудования. Теперь автомобили оснащаются не электроконтактными (батарейными), а чисто электронными системами зажигания. Так, источник электрической энергии — генератор является многофазным источником переменного тока с мощным полупроводниковым выпрямителем и с интегральным регулятором напряжения.

Кроме этого, наряду с усовершенствованием известных бортовых устройств разработаны и широко применяются новые системы бортовой автоматики, такие как:

- системы впрыска топлива для бензиновых двигателей;
- микропроцессорные системы зажигания;
- системы очистки выхлопных отработавших газов;
- системы автоблокировки гидравлических тормозов;
- системы вспомогательной механизации в устройствах комфорtnого назначения.

Таким образом, из всего вышесказанного становится ясно, что системы бортовой автоматики — это комбинированный комплекс автоматического управления, включающий в свой состав различные технические устройства, которые соединены в единое целое с целью выполнения конкретного неэлектрического действия. Например, система распределенного впрыска топлива — это не только электронный блок управления впрыском, и не только электрическая схема соединений, но также и входные датчики, работающие от неэлектрических сигналов первичных датчиков. Это выходные исполнительные устройства неэлектрического принципа действия, такие как форсунки впрыска или гидравлические и пневматические клапаны системы. Это и механическое устройство привода дроссельной заслонки при работе двигателя на холостом ходу.

То есть для того, чтобы перевозки на автомобилях были безопасными и комфортными, а основные агрегаты работали безотказно, автомобиль должен быть оснащен достаточно большим числом самых разнообразных устройств, которые принято называть бортовым оборудованием.

По принципу действия и устройству бортовое оборудование может быть:

- механическим;
- пневматическим;
- гидравлическим;
- электрическим;
- электронным;
- автотронным.

Входящие в состав бортового оборудования устройства по своим выполняемым функциям исключительно разнообразны, т. к. их работа связана с необходимостью использования какого-либо вида энергии. Но самым удобным видом энергии для применения на борту автомобиля является электрическая энергия. Поэтому значительная часть бортового оборудования относится к электрооборудованию автомобиля.

Для обеспечения электроэнергией автомобиль оснащен автономной бортовой электроэнергетической системой электроснабжения.

В эту систему входят:

- бортовая аккумуляторная батарея;
- электрогенератор;
- подсистема соединительных проводов с моноблоком предохранителей и набором коммутационных устройств.

То есть эта система представляет собой электрическую бортовую сеть.

Другой электроэнергетической частью бортового оборудования является система пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В эту систему входят:

- стартерный электродвигатель;
- механическая подсистема передачи вращения от электродвигателя к ДВС;
- стартерная аккумуляторная батарея;
- подсистема управления стартером;
- большеточные соединительные электропровода.

Следующей электроэнергетической частью, входящей в электрооборудование автомобиля, является система электроискрового зажигания (если на автомобиле установлен бензиновый двигатель). В задачу этой системы входит преобразование энергии постоянного тока бортовой сети в импульсное напряжение высоковольтного искрового разряда на свечах зажигания.

Все вышеперечисленные электротехнические устройства принято относить к навесному оборудованию двигателя, т. к. они (кроме аккумуляторной батареи) установлены на двигателе.

К навесному оборудованию относятся также некоторые устройства системы топливного питания, например, карбюратор с воздушным фильтром или форсунки впрыска топлива, а также система выпуска отработавших газов.

Ещё одной частью бортового оборудования является функциональное оборудование, т. е. это все устройства наружного освещения и сигнализации, наружные зеркала, стеклоочистители и стеклоомыватели, бампера, молдинги и прочее. Из этой всей группы в электрооборудование включают:

- систему наружного освещения;
- приборы наружной световой и звуковой сигнализации;
- электропривод и электроподогрев наружных зеркал заднего вида.

Внутри кузова к функциональному электрооборудованию относятся:

- контрольно-измерительные приборы;
- пульт управления для водителя;
- внутренняя световая и звуковая сигнализация.

Немалая часть функционального оборудования, в основном механического или гидромеханического принципа действия, установлены на шасси или ходовой части автомобиля.

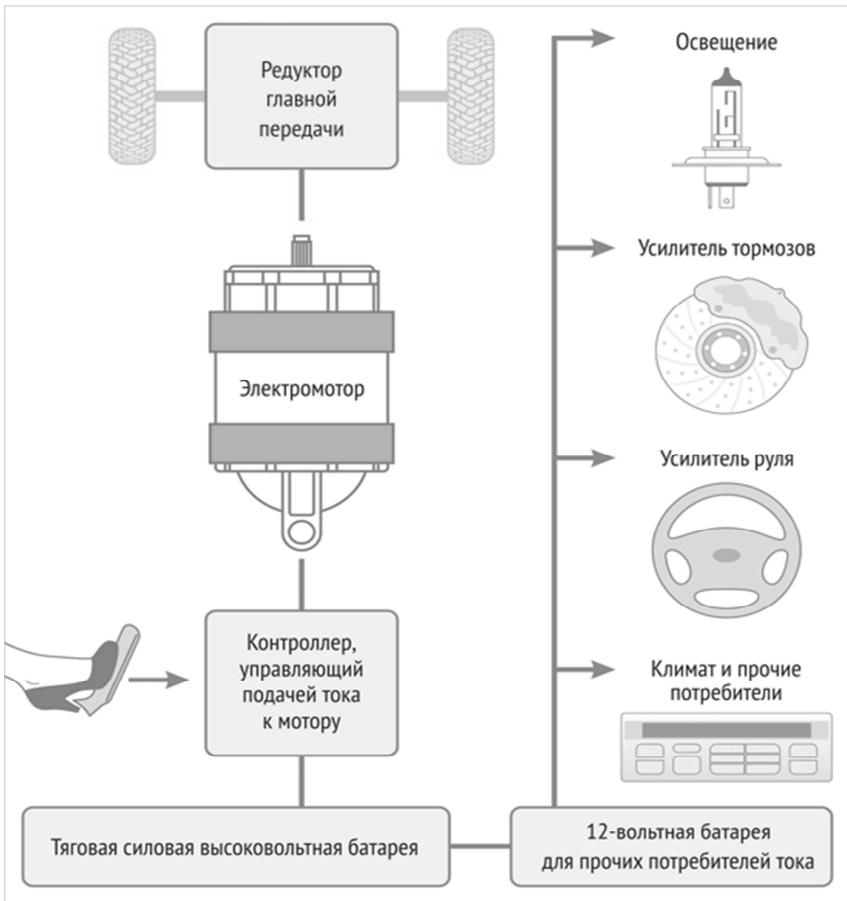
Прежде эти устройства рассматривались как составные части механических агрегатов и никакой автоматикой не оснащались.

В последние годы механические устройства, такие как: коробка переключения передач, гидравлические тормоза, подвеска автомобиля автоматизируются с применением электронного управления.

Появились совершенно новые устройства и системы, созданные с использованием всех способов и средств автоматизации, которые сейчас являются неотъемлемой составной частью общего комплекса автоматизированного бортового оборудования. Электрооборудование автомобиля является главной составной частью полного комплекса бортового оборудования. В электрооборудование включают все те бортовые устройства, работа которых непосредственно связана с электричеством.

Многие всемирно известные автопроизводители вкладывают огромнейшие суммы в разработку электромобилей. Целью является желание сэкономить на нефтепродуктах, цена на которые систематически возрастает, а также необходимость снижения вредных выбросов в атмосферу и поиск новейших устройств хранения энергии, технологий энергопотребления. Производством электромобилей занимается ряд марок, таких как Renault (Fluence Z.E. и ZOE), Nissan (Leaf Toyota (RAV4EV), Ford (Focus Electric), Honda (FitEV), BMW (Active C), Tesla (Roadster и Model S), Volvo (C30 Electric), Mitsubishi (I MiEV).

Питаются они от батареи (бывает солнечная, аккумуляторная или специализированный топливный элемент), которая исполняет функцию «топливного бака» и обеспечивает силовой агрегат энергией. Все остальные компоненты практически такие же, что и в других автомобилях: коробка передач, тормоза, подушки безопасности.



**Рис. 1**  
Устройство электромобиля

Для того чтобы понять, как устроен электромобиль, нужно прежде всего ближе познакомиться с его составляющими: трансмиссией, аккумулятором, электронной системой управления и специальным бортовым зарядным устройством. Начнем с первого. У данного экземпляра простейшая трансмиссия, так как на большинстве моделей она представляет собой простой одноступенчатый редуктор.

Бортовое зарядное устройство дает возможность зарядки транспорта от обычной розетки. С целью преобразования постоянного высокого напряжения в переменное, большинство производителей используют специальный инвертор. Он используется также с целью зарядки дополнительной батареи на 12 Вт (она

нужна для питания, к примеру, кондиционера, электроусилителя руля, или аудиосистемы).

Электронная система управления выполняет в электрическом автомобиле несколько функций, направленных на обеспечение безопасности, энергосбережение и комфорт пассажиров:

- управление высоким напряжением;
- регулирование тяги;
- обеспечение оптимального режима движения;
- управление плавным ускорением;
- оценка заряда аккумуляторной батареи;
- управление рекуперативным торможением;
- контроль использования энергии.

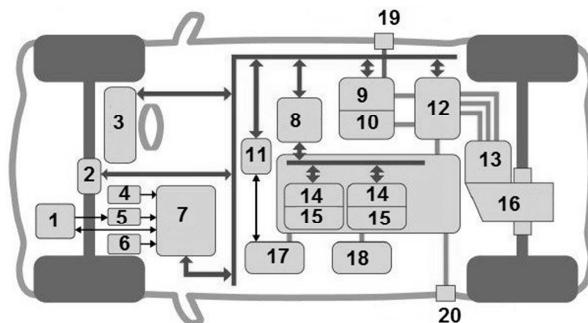


Рис. 2

Схема электромобиля:

1 — датчик давления в тормозной системе; 2 — электроусилитель рулевого управления; 3 — приборная панель; 4 — датчик положения педали акселератора; 5 — датчик положения педали тормоза; 6 — датчик положения селектора переключения передач; 7 — блок управления электромобилем; 8 — блок управления аккумуляторной батареи; 9 — бортовое зарядное устройство; 10 — преобразователь постоянного тока; 11 — блок управления кондиционером; 12 — инвертор; 13 — электродвигатель; 14 — уровень зарядки аккумуляторной батареи; 15 — модуль аккумуляторной батареи; 16 — трансмиссия; 17 — компрессор кондиционера; 18 — отопитель; 19 — разъем для обычной зарядки; 20 — разъем для быстрой зарядки.

Конструктивно система объединяет ряд входных датчиков, блок управления и исполнительные устройства различных систем электромобиля. Входные датчики оценивают положение педали газа, педали тормоза, селектора переключения передач, давление в тормозной системе, степень заряда аккумуляторной батареи.

На основании сигналов датчиков блок управления обеспечивает оптимальное для конкретных условий движение электромобиля. Основные параметры работы электромобиля (потребление энергии, восстановление энергии, остаточный заряд аккумуляторной батареи) визуально отображаются на панели приборов. Основные аспекты работы электромобиля (информация о потреблении энергии, восстановлении энергии, остаточный заряд аккумуляторной батареи) отображаются на панели приборов. Контроллер принимает токи от батарей

и подает их на электрический двигатель. Благодаря паре потенциометров (переменных резисторов), установленных на педали акселератора, обеспечивается формирование сигнала, подаваемого к контроллеру, о том, сколько энергии он должен доставить. Когда автомобиль останавливается, контроллер не подает токов на двигатель, во время же движения при давлении на педаль акселератора (газа) контроллер обеспечивает подачу электрического тока на электромотор. Контроллер считывает импульсы с потенциометров педали газа и, в соответствии с воспринимаемыми данными, регулирует мощность электродвигателя.

В целях повышения уровня безопасности в педали акселератора электрического автомобиля установлено два потенциометра. Контроллер, считывая информацию с них обоих, убеждается, что их сигналы равны. Если же контроллером будут выявлены даже малейшие различия в сигналах — он не реагирует ни на один из них.

От бензинового автомобиля электрический отличается бесшумной ездой. А все дело в частоте посыпаемых контроллером импульсов — 15 тыс. раз в секунду. Человеческий слух почти не может уловить такой диапазон пульсации, поэтому движение автомобиля почти не сопровождается какими-либо звуками.

Электрический двигатель имеет ряд особенностей: во-первых, главной его функцией является создание крутящего момента, он способен преобразовать электрическую энергию в механическую. Основными характеристиками электрического двигателя являются: мощность, максимальный крутящий момент, напряжение, ток и частота вращения. Работа движка осуществляется по принципу электромагнитной индукции (возникновение электродвижущей силы в замкнутом контуре при изменении магнитного потока). В целом, электродвигатель представляет собой несколько трехфазных асинхронных либо синхронных электромашин, работа которых зависит от переменного тока. Стартовая составляет 15 кВт и до 200 кВт. Эффективность электрической силовой установки и ДВС сопоставляется как 90% до 25%. Помимо этого, электрический агрегат имеет множество плюсов, среди которых возможность достижения максимального крутящего момента, двигаясь на любой скорости, а также простота конструкции, выгодное воздушное охлаждение и возможность эксплуатации без использования генератора.

Плюсом электродвигателей переменного тока является способность к работе в режиме генератора на момент торможения транспорта, что способствует выработке энергии и сохранению ее в аккумуляторных батареях. Потом она может быть использована во время движения электромобиля и поспособствует повышению запаса хода на 15%. Много производителей используют в сборке некоторых моделей два и более электродвигателей. Таким образом конструкторы повышают силовую тягу, ведь в этом случае в движение приводится каждое колесо отдельно или несколько сразу. За таким ходом последует и сокращение трансмиссии, которое достигается встраиванием электродвигателей в колеса.

Самый дешевый и, как следствие, самый популярный вариант — свинцово-кислотные батареи, которые на 97% поддаются повторной переработке. На ступеньку выше находятся никель-металлгидридные батареи, производительность и цена которых выше чем у свинцово-кислотных. Идеальными для элек-

тромобилей являются литий-ионные батареи, так как в плане компактности, легкости и энергосбережения они способны превзойти первые два вида. Та же ситуация и с ценовой политикой, ведь данный вид батарей является наиболее дорогостоящим. Он представляет собой соединение нескольких модулей, которые вместе выдают 300 Вт систематического тока. Емкость батареи, как правило, прямо пропорциональна мощности двигателя. Срок действия батареи ограничивается на 7 лет. Сама зарядка включает в себя две цепи: цепь зарядки и цепь контроля зарядки. Вышеупомянутый контроллер способен отследить ток и температуру батареи, дабы свести время зарядки к минимуму. Это происходит во время сложной системы зарядки. Если брать зарядку ту, что попроще, в таком случае напряжение или ток регулируются на основе предположений о характеристике батареи отслеживаются на основе регулируют их. К примеру, устройство для зарядки «втихую» из себя максимальный показатель тока для зарядки электромобиля до 80%, вскоре по достижению этой отметки резко снижает поступление тока к концу зарядки.

Если диапазон пробега вашего электромобиля не будет превышать 50-60 км ежедневно, вам нечего бояться. Решений проблемы есть много. Во-первых, электромобиль требует добротной зарядки аккумуляторной батареи, которую вы сможете осуществить с помощью бытовой электрической сети мощностью 3–3,5 кВт. Нормальный заряд достигается только спустя восемь часов. Если вы не любите или не можете ждать, то альтернативой для вас станет ускоренная зарядка, которая доступна на специальных станциях, мощностью до 50 кВт всего за 30 минут.

Еще одним способом станет элементарная замена разряженной аккумуляторной батареи на заряженную, которая может осуществиться на специальных станциях по обмену. Особой популярностью в развитых в этом плане странах пользуется система зарядки Magna-Charge. Она состоит из двух элементов: зарядной станции, установленной на стене дома и системы зарядки, которая находится в багажнике электромобиля. Первая подключается к сети 240 вольт, используя 40-амперный автомат. Другая использует для этого индуктивную панель (половинка трансформатора). Другая половина находится в отсеке за номером электромобиля. Таким образом, данная система позволяет сделать заряд автомобиля более комфортным и быстрым. Несмотря на внешнее сходство и аналогичные органы управления, эксплуатация электромобиля существенным образом отличается от эксплуатации автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Именно эксплуатационные проблемы сдерживают массовое использование электромобиля, среди которых: высокая стоимость, ограниченная автономность, значительное время заряда аккумуляторов.

Высокую стоимость автомобиля во многом определяет цена аккумуляторной батареи. Несмотря на отличные эксплуатационные характеристики, литий-ионная аккумуляторная батарея очень дорогая в производстве и помимо этого имеет ограниченный ресурс (5–7 лет). Это заставляет разрабатывать новые источники тока (топливные элементы), способы хранения энергии (суперконденсаторы, маховики), совершенствовать конструкцию тяговых аккумуляторных батарей (литий-полимерные аккумуляторы).

Текущие расходы на содержание электрического автомобиля значительно ниже (в 3–4 раза) расходов на содержание автомобиля с ДВС и зависят, в основном, от стоимости электроэнергии. Эксплуатация электромобиля экономически выгодна в странах, где производство электроэнергии в меньшей степени зависит от ископаемого топлива. Необходимость периодической зарядки аккумуляторной батареи занимает много времени. Решение данной проблемы реализуется по некоторым направлениям:

- нормальная зарядка аккумуляторной батареи (осуществляется от бытовой электрической сети мощностью 3–3,5 кВт, предполагает установку на электромобиле специального зарядного устройства, продолжительность полной зарядки батареи составляет 8 часов);
- ускоренная зарядка аккумуляторной батареи (производится на специальных станциях мощностью до 50 кВт, продолжительность зарядки до 80% емкости батареи составляет 30 минут);
- замена разряженной аккумуляторной батареи на заряженную батарею (выполняется автоматически на специальных обменных станциях).

Реализация указанных направлений требует развития инфраструктуры (зарядных и обменных станций, мест парковки), стандартизации технических решений, разработки правил для поставщиков услуг.

Таким образом, изучив дисциплину «Электротехника и электрооборудование транспортных средств», студент обеспечивает себе базовую инженерную подготовку для изучения последующих технических дисциплин, для которых требуется знание методов расчетов и анализа электрических цепей и электрооборудования транспортных средств, а также основ электронных систем управления. Кроме этого, дисциплина «Электротехника и электрооборудование транспортных средств» помогает закрепить основные разделы специальных дисциплин. Следует отметить, что практически все современное производство не обходится без электроэнергетики, электрооборудования и различных электротехнических и электронных систем. Поэтому от современного инженера требуется знание основ электротехники и электроники и дальнейшее их углубление.

# **РАЗДЕЛ I.**

# **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**



Электрические и магнитные явления были известны в глубокой древности. Началом развития науки об электрических и магнитных явлениях принято считать 1600 г., когда Гильбертом были опубликованы результаты исследований электрических и магнитных явлений. Важным этапом в развитии науки об электричестве были исследования атмосферного электричества, выполненные М. В. Ломоносовым совместно с акад. Г. В. Рихманом. Работы М. В. Ломоносова и Б. Франклина раскрывают природу атмосферного электричества.

Открытие явления электромагнитной индукции М. Фарадеем (1831 г.) знаменует начало эры электричества. В 1833 г. акад. Э. Х. Ленц формулирует фундаментальный принцип электромагнитной инерции и положение об общности и обратимости явлений электромагнитной индукции и воздействия магнитного поля на проводники с током.

Разработка теории электромагнитных явлений Д. К. Максвеллом в «Трактате об электричестве и магнетизме» (1873 г.) завершает создание классической теории электромагнетизма.

Опыты Г. Герца (1887–1889 гг.), работы П. Н. Лебедева (1895 г.) и изобретение радио А. С. Поповым (1895 г.) экспериментально подтверждают выводы теории о распространении электромагнитных волн.

Этим заканчивается начальный период развития классической теории электромагнитных явлений.

Очень большой вклад внесли русские ученые и в практическое развитие электротехники.

Электротехника как наука является областью знаний, в которой занимаются изучением электротехнических и магнитных явлений и их использованием в различных областях техники.

В результате работы с данным курсом вы овладеете научными знаниями по основным вопросам электротехники и тем самым обеспечите себе базовую электротехническую подготовку, необходимую для изучения последующих дисциплин.

# ГЛАВА 1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПРИ ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

## 1.1. Электрическая цепь и ее характеристики

Электрической цепью называется совокупность электротехнических устройств, создающих замкнутый путь электрическому току. Она состоит из источников (генераторов) энергии, приемников энергии (нагрузки) и соединительных проводов. В цепи могут быть также различные преобразователи, защитная и коммутационная аппаратура.

Электромагнитные процессы в электрической цепи описываются с помощью понятий о токе, напряжении, электродвижущей силе (ЭДС), сопротивлении, индуктивности и емкости. Заметим здесь, что ЭДС, токи и напряжения, изменяющиеся во времени, обозначаются строчными латинскими буквами  $e$ ,  $i$ ,  $u$ , а ЭДС, токи и напряжения, неизменные во времени, обозначаются заглавными латинскими буквами  $E$ ,  $I$ ,  $U$ .

### 1.1.1. Графическое изображение электрической цепи

Графическое изображение электрической цепи называется ее *схемой*. В схеме различают ветви, узлы и контуры. *Ветвь* — это часть схемы, состоящая только из последовательно соединенных источников и приемников (элементов цепи). *Узел* — точка схемы, в которой гальванически соединены не менее трех ветвей (ветви начинаются и заканчиваются на узлах цепи). *Контур* — замкнутая часть схемы, образованная ветвями.

### 1.1.2. О направлениях действия ЭДС, токов и напряжений

Для расчета электрических цепей необходимо принять направления для токов, напряжений и ЭДС. Эти направления указывают на схемах стрелками.

В *цепях постоянного тока* направление действия ЭДС источника принято указывать от отрицательного потенциала к положительному потенциалу.

За направление тока принято направление движения положительных зарядов, т. е. стрелка у тока направлена от большего потенциала к меньшему потенциалу. Направление напряжения в приемнике всегда указывают в ту же сторону, что и направление тока.

В *цепях синусоидального тока* принято обозначать направления ЭДС, тока и напряжения, используя положительный полупериод тока, при котором ток не изменяет своего направления. При этом картина данных направлений получается аналогичной с цепью постоянного тока.

### 1.1.3. Законы электрических цепей

Законами электрических цепей являются первый и второй законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа относится к узлам цепи: в любой момент времени алгебраическая сумма токов в узле равна нулю:

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)