

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОННЫХ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМОБИЛЯ

## *1.1 Основные понятия*

Понятие электронной системы является более общим, нежели понятие микропроцессорной системы. В самом общем смысле под электронной системой понимается система, построенная на радиоэлектронных элементах. Для четкого понимания различия между электронной и микропроцессорной системами введем их понятия, причем для первой в более узком смысле.

**Электронная система автомобиля** - система (узел) автомобиля, алгоритм функционирования которой определяется принципиальной электрической схемой блока управления или всего узла. При этом технически электронный блок управления (ЭБУ) или весь узел может быть выполнен на дискретных и (или) интегральных радиоэлементах, а изменение алгоритма работы системы или узла невозможно без изменения электрической схемы.

**Микропроцессорная система автомобиля** - система автомобиля, алгоритм функционирования которой определяется программой процессора электронного блока управления (ЭБУ). Таким образом, в данной системе всегда есть блок управления на основе микропроцессора и для изменения алгоритма работы системы требуется изменить программу микропроцессора.

## *1.2 Основные компоненты электронных и микропроцессорных систем автомобиля*

Целью данного раздела не является рассмотрение отдельных радиоэлементов их параметров, а определение классов и типов электронных приборов, применяемых на автомобиле, а также определение требований к ним.

Современный автомобиль обладает значительным количеством электронных и микропроцессорных систем различного назначения и уровня сложности, что определило разнообразие в элементной базе устройств и технологиях их изготовления.

Рассмотрим основные критерии классификации электронных компонентов автомобиля.

- *По типу элементов'*, дискретные и интегральные электронные компоненты.
- *По типу рабочего сигнала:* цифровые и аналоговые компоненты.
- *По условиям применения,* стандартные (универсальные) и специальные компоненты.

Более подробно рассмотрим интегральные микросхемы (ИС), которые в настоящее время являются преобладающими в автомобильной электронике.

В подавляющем большинстве сейчас используются *монолитные интегральные микросхемы* (IC- integrated circuit), то есть выполненные на едином кристалле полупроводника (чаще кремния) по планарной технологии. Данная

технология позволяет производить в микросборке все полупроводниковые элементы, а также пассивные компоненты, такие как резисторы и конденсаторы. Выделяют пять уровней интеграции микросхем [1]:

- низкая (SSI);
- средняя (MSI);
- высокая (LSI);
- сверхвысокая (VLSI);
- ультравысокая (ULSI).

В настоящее время производятся последние три группы интегральных микросхем.

Аналоговые интегральные микросхемы чаще всего делятся по назначению: операционные усилители, стабилизаторы напряжения, усилители низкой частоты, компараторы и т. д.

Цифровые интегральные микросхемы имеют, как правило, два критерия классификации:

- по технологии полупроводников: биполярные, на основе полевых транзисторов и гибридные.
- по назначению: логические, триггеры, регистры, шифраторы, мультиплексоры, микросхемы памяти, высокоомощные микросхемы.

Отдельным классом цифровых интегральных микросхем стоят микропроцессоры.

*Микропроцессор (МП)* - это программно управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управление этим процессом, реализованное в одной или нескольких больших интегральных схемах (БИС).

*Микропроцессорная ЭВМ (или микроЭВМ)* - это ЭВМ, включающая микропроцессор, полупроводниковую память, средства связи с периферийными устройствами и, при необходимости, пульт управления и блок питания, объединенные одной несущей конструкцией.

В зависимости от способа конструирования микроЭВМ делят на:

- однокристалльные, выполненные на одном кристалле,
- одноплатные, реализованные на одной плате,
- многоплатные, когда микропроцессор и основная память располагаются на одной плате, средства связи с периферийными устройствами - на других.

*Микропроцессорная система (МПС)* - информационная, измерительная, управляющая или другая специализированная цифровая система, включающая микроЭВМ и средства сопряжения с обслуживаемым объектом.

*Программное обеспечение МПС (ПО МПС)* - совокупность программ, которые находятся в памяти системы и реализуют алгоритм функционирования системы.

Простейшая структурная схема микропроцессорной системы представлена на рисунке 1.1.

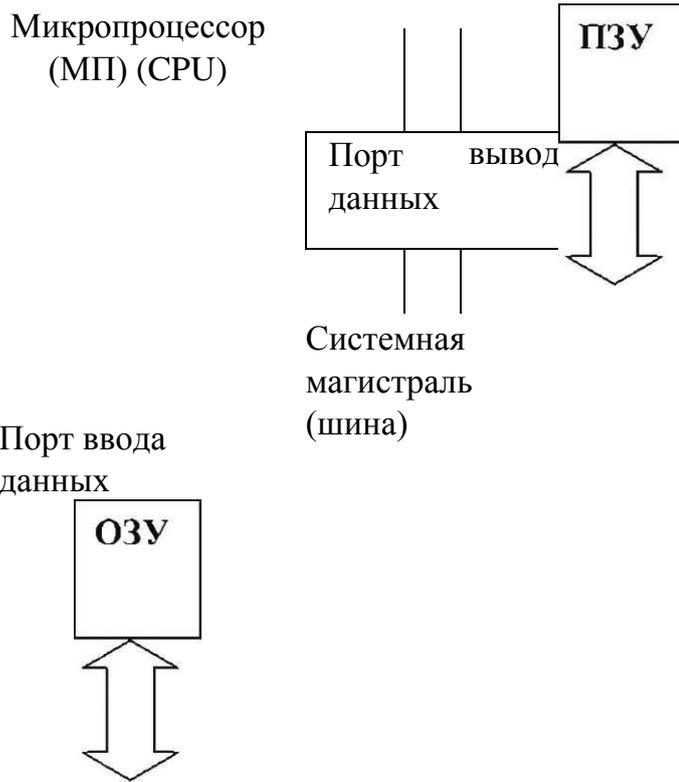


Рисунок 1.1- Структурная схема микропроцессорной системы

*Счетчик команд (СК)* - регистр, содержащий адрес следующей команды

*Регистр команд (РК)* - регистр, содержащий прочитанный из памяти код команды

*Устройство управления (УУ)* - управляет работой всех частей МПС. УУ получает код команды, которую надо выполнить и настраивает систему на ее выполнение

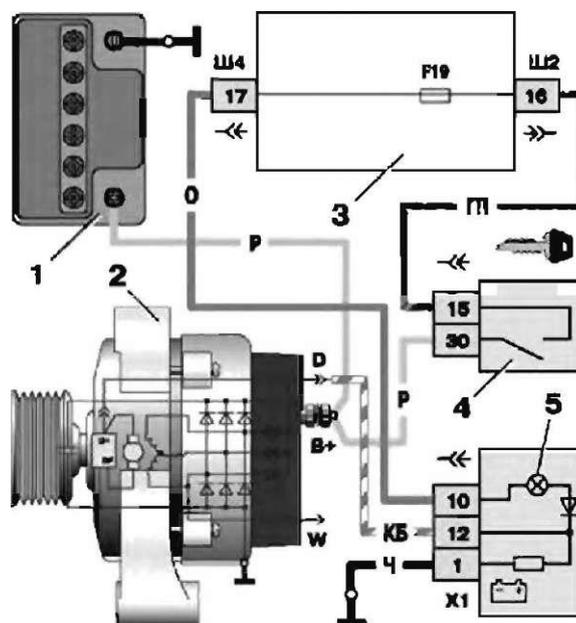
*Арифметическое логическое устройство (АЛУ)*-обеспечивает обработку информации; выполняет арифметические и логические операции

*Аккумулятор (А)* - регистр, где хранятся результаты работы АЛУ *Рабочие регистры* - регистры, предназначенные для хранения промежуточной информации.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ УЗЛЫ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ПУСКА

### 2.1 Система энергоснабжения

Систему можно разделить на две части: подсистема генерирования электрической энергии и подсистема распределения энергии. В первой подсистеме основным электронным узлом является генератор переменного тока с электронным регулятором напряжения (РН). Регулятор обязан поддерживать постоянное напряжение бортовой сети автомобиля в независимости от частоты вращения генератора и нагрузки, а также обеспечивать термостабильность напряжения.



*1 - аккумуляторная батарея; 2 - генератор; 3 - монтажный блок; 4 - выключатель зажигания; 5 - контрольная лампа заряда аккумуляторной батареи, расположенная в комбинации приборов*

Рисунок 2.1 - Схема соединений генераторной установки ВАЗ-2110 [23]

В настоящее время генераторы оснащаются регуляторами напряжения, выполненных на интегральных микросхемах и преимущественно встроены в генератор. По принципу работы РН делят на аналоговые и импульсные (цифровые). Аналоговые еще называют регуляторами с амплитудной модуляцией, то есть плавным изменением тока в обмотке возбуждения. Такие регуляторы обладают повышенным тепловыделением и как следствие низкой надежностью.

Импульсные РН обладают более высокой надежностью, вследствие высокой скорости включения силового транзистора, следовательно малым тепловыделением.

По принципу работы цифровые регуляторы бывают с частотной модуляцией (ЧМ) и широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Первые работают на разных частотах переключения, что может вызвать эффект самовозбуждения РН и выход его из строя. Регуляторы с ШИМ работают на одной частоте, а средний ток в обмотке возбуждения меняется изменением скважности импульсов. Именно такие регуляторы нашли наибольшее распространение в современных автомобилях, хотя и имеют более сложную электрическую схему. Регулятор должен обеспечивать термокомпенсацию напряжения бортовой сети автомобиля с целью более полной зарядки АКБ при разных температурах электролита. Тем не менее, большинство РН поддерживает напряжение на своих выводах, а не на выводах АКБ. Наиболее совершенные РН имеют отдельный сигнальный провод от АКБ и температурный датчик, устанавливаемый на корпусе аккумуляторной батареи [3, 5, 23, 25].

Зарубежные фирмы делали попытку внедрения микропроцессорных регуляторов, однако вследствие жестких температурных условий и сравнительно высокой стоимости не нашли массового распространения.

Для получения электрической энергии иного уровня напряжения или более высокого уровня стабильности применяют электронные стабилизаторы, преобразователи напряжения. Для получения более низких напряжений применяются интегральные стабилизаторы с емкостными фильтрами. Для повышения напряжения возможно применение импульсных преобразователей, в том числе и интегральных.

Основным критерием деления систем проводки является метод управления потребителем электрической энергии. Традиционная система проводки, в которой передача энергии и управление потребителем осуществляется по одному силовому проводу, обычно плюсовому. Однопроводной проводку называют, когда общим проводом является кузов автомобиля. Однако кузов автомобиля, как проводник обладает невысокими характеристиками, в силу неоднородности конструкции, поэтому достаточно часто наиболее важные потребители обладают

дополнительным отрицательным проводом, то есть двухпроводной системой проводки.

При распределении энергии применяются два типа электрической проводки:

- одно- и двухпроводная система;
- мультиплексная проводка (с применением информационной шины).

Главными недостатками традиционной системы является металлоемкость, значительная длина и большое количество коммутаторов, за счет увеличения количества независимых цепей управления потребителями. Так, если в 1960 г. электросеть легкового автомобиля составляла - 200 м, то в настоящее время она увеличилась на порядок, а ее общая масса достигла 50 кг. Кроме того, она содержит около 2000 контактных разъемов, разветвлений, предохранителей и т. п. Считается, что их число каждые 10 лет удваивается [25]. Что порождает множество проблем, связанных со стоимостью, габаритными размерами, массой, гибкостью, проектированием, производством, мон

тажом, надежностью и поиском неисправностей в бортовых системах электрооборудования. Поэтому многие специалисты считают, что нужны совершенно новые принципы организации этих систем.

Для решения задачи эффективного управления большим количеством потребителей возможно применение двух технологий:

- двухпроводная система с частотной модуляцией, цифровым сигналом управления по силовому проводу;
- применение информационной шины - мультиплексной проводки.

В первой технологии по силовому проводу передается цифровой закодированный сигнал, который воспринимает дешифратор потребителя, и в случае идентификации управляющей команды включается потребитель через электронный коммутатор. Система не требует дополнительных шин управления, однако увеличивает количество помех в бортовой сети автомобиля, а при большом количестве потребителей усложняет шифраторы сигнала и снижает помехоустойчивость системы управления. Таким образом, подобная технология эффективна при небольшом количестве потребителей, что определило их применение в охранных автомобильных комплексах.

Появление в автомобиле нескольких микропроцессорных систем и увеличение их роли в безопасности автомобиля потребовало внедрения новой технологии управления потребителями этих систем - мультиплексной проводки, то есть на основе информационной шины (электронно-вычислительной сети) на автомобиле. В такой проводке управление осуществляется по отдельной информационной шине, которая соединяет все микропроцессоры автомобиля. Управляющий сигнал имеет цифровой вид, и после дешифрования электронный коммутатор включает или выключает потребитель.

Мультиплексные системы значительно отличаются от обычных систем. Укажем на некоторые отличия, очевидные из рисунка 2.2 [19].

В обычных системах электропроводки информация и питание передаются по одним и тем же проводам. В мультиплексных системах сигналы и электропитание разделены и ключи непосредственно не включают и не выключают электропитание нагрузок.



Рисунок 2.2 - Обычное и мультиплексное подключение нагрузок [19]

В некоторых случаях электронная схема узла должна постоянно считывать состояние управляющего ключа, даже когда большая часть электрообо-

рудования обесточена. Например, положение ключа центрального замка дверей должно определяться и при парковке, когда многие системы выключены из соображений энергосбережения.

По схеме на рисунке 2.2 может быть реализовано электропитание корпусных потребителей: освещение, стеклоподъемники, омыватели и т. д. Электропроводка упрощается за счет приема и передачи различных сигналов между узлами по одной и той же шине (проводу). При обычной схеме проводки для реализации каждой функции требуется отдельный проводник.

Через узлы осуществляется доступ к сети. Узел, как правило, содержит микропроцессор, подключенный к коммутационной шине, и электронные цепи, управляющие работой датчиков и исполнительных механизмов, подключенных к узлу.

К входам узлов могут подключаться любые датчики, к выходам исполнительные устройства. Примеры входной информации: температура, сила тока, напряжение, положение переключателей и т. д. Примеры исполнительных устройств и механизмов: дисплеи, электроклапаны, электродвигатели и т. п.

SAE (Society of Automotive Engineers - международное общество автомобильных инженеров) делит мультиплексные автомобильные системы на три класса [19]:

- *класс А.* Мультиплексные системы, в которых автомобильная электропроводка упрощается за счет использования коммуникационной шины. По этой шине между узлами передаются сигналы, которые проходят по отдельным проводам в автомобиле с обычной электропроводкой. Узлы, являющиеся частью мультиплексной системы, при обычной электропроводке отсутствуют.
- *класс В.* В мультиплексной системе между узлами передаются информационные данные (обычно значения параметров), чем достигается устранение избыточности датчиков и иных элементов по сравнению с обычной схемой электропроводки. В этом случае узлы существуют и в обычной системе, в виде несвязанных элементов.
- *класс С.* Мультиплексная система с высокой скоростью обмена данными, осуществляющая управление в реальном времени, например, двигателем, антиблокировочной системой и т. д.

Системы класса А используются для включения/выключения различных нагрузок (например, для управления элементами двери салона), скорость передачи по шине не более 10 Кбит/сек.

Современные автомобили используют CAN (Controller Area Network) и LIN (Local Interconnect Network) шины. Последние связывают так называемый мастер-блок с исполнителем, который управляет группой устройств или механизмов [27].

Таким образом, наличие в автомобиле более трех микропроцессорных систем требует мультиплексной проводки.

И один из предлагаемых путей - мультиплексирование, при котором теоретически один единственный канал (шина) способен заменить несколько десятков проводов. В мультиплексной системе все потребители электроэнергии с одной стороны подсоединены к линии электропитания, которая начинается от

аккумуляторной батареи, а с другой - к информационной линии, соединяющей их с управляющим устройством. Находящиеся в непосредственной близости от потребителя программируемые электронные компоненты отфильтровывают предназначенные для них данные из информационной линии и подключают (или отключают) его к (от) источнику питания. То есть в данном случае для реализации каждой отдельной функции органа управления (стеклоподъемник, система замков дверей с центральным управлением, противоугонное сигнальное устройство и т. п.) в исполнительном элементе собственная линия не нужна.

Для того, чтобы исполнительные блоки, т. е. потребители и блок управления, могли обмениваться информацией между собой, необходимо выполнить несколько условий. В частности, нужно, чтобы: канал передачи информации обеспечивал высокую скорость передачи данных; информация передавалась посредством физических величин (напряжение, сила тока, освещенность и т. д.); передача данных была регулируемой (кодирование, скорость передачи, аналого-цифровое преобразование, разбивка и т. д.), т. е. выполнялась по так называемому протоколу.

Комплексный подход к мультиплексированию привел разработчиков к использованию шины с распределенной обработкой сигналов и схемой обнаружения конфликтных ситуаций, позволяя добавлять новые и новые модули, не перегружая систему в целом.

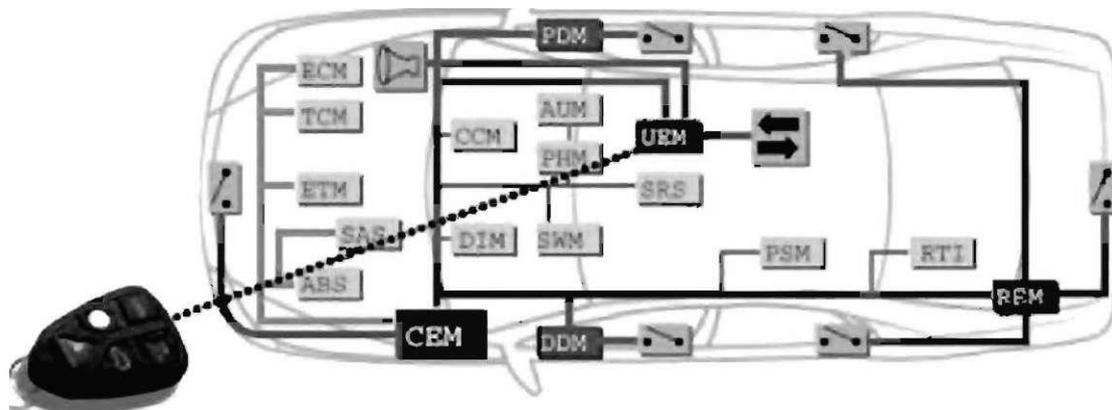
Шина CAN - это двухпроводная, последовательная, асинхронная шина с равноправными узлами и подавлением синфазных помех, с хорошим соотношением цена / производительность. CAN характеризуется высокой скоростью передачи, высокой помехоустойчивостью и способностью обнаруживать любые возникающие ошибки. CAN является идеальным решением для любого приложения, где микроконтроллеры обмениваются сообщениями друг с другом и с удаленными периферийными устройствами. При этом мощные жгуты электрических проводов заменяются двухпроводной CAN- сетью. CAN активно используется в автомобиле для управления двигателем, коробкой передач, дверьми, зеркалами, стеклоподъемниками, рисунок 2.4.

Преимущества CAN-шины перед классической схемой электрооборудования очевидны. Например, удешевление сборки на конвейере. Кроме того, CAN-шина облегчает диагностику и ремонт вышедших из строя компонентов. Универсальная проводка подойдет и для разных комплектаций одного автомобиля - дополнительные устройства просто подключаются к нужным разъемам.

Цифровая передача данных значительно надежнее обычной аналоговой - шина лучше защищена от помех, контакты надежнее изолированы от внешних воздействий. Под новые стандарты подстраиваются и сторонние производители дополнительного оборудования.

CAN-шина относится к типу последовательных шин. Данные передаются бит за битом, из них складываются так называемые кадры - основные информационные единицы. Для последовательной передачи нужно минимальное количество проводников. Чаще всего используют двухпроводную витую пару или однопроводное соединение, где функцию второго проводника, как в обычной

автомобильной электрической схеме, выполняет кузов («масса»). Проводником могут служить также радиоканал, инфракрасное излучение или оптоволокно.



*ECM - модуль управления двигателем; TCM - модуль управления автоматической коробкой передач; ETCM - электронный блок управления дросселем; SAS- датчик угла поворота руля; ABS - модуль ABS; CEM - центральный процессор и место соединения цифровых сетей; DIM - дисплей комбинации приборов; CCM - модуль климат-контроля; PDM- модуль двери переднего пассажира; AUM- аудиосистема; PHM - мобильный телефон; SWM - модуль подрулевых переключателей; DDM - модуль двери водителя; SRS - модуль подушек г/ ремней безопасности; CEM - модуль электронного "замка зажигания"; PSM - модуль управления положением сидений; RTM - навигационная система; REM - модуль багажного отсека*

Рисунок 2.4 - Мультиплексная система «Volvo XC90S80» [27]

CAN мультимастерная шина, то есть без центрального управляющего устройства. Все подключаемые электронные блоки (или контроллеры) равноправны любой имеет доступ к передаваемым данным и может сам передавать. Контроллеры отслеживают информацию по принципу «слушаю всех», то есть каждый читает все проходящие по шине кадры, но принимает лишь адресованные ему данные. Например, блок управления климатической установкой пропустит ненужные сигналы от датчика уровня топлива или ABS, а считает только необходимые сведения о температуре забортного воздуха, охлаждающей жидкости, оборотах двигателя.

Другой принцип общения на шине позаимствован из компьютерных сетей и называется «один говорит - остальные слушают». Одновременно передавать данные может только один контроллер. Если вмешивается еще кто-то, конфликт разрешает служба арбитража. Работает она по такому алгоритму. Каждый из контроллеров сравнивает бит, передаваемый на шину, с битом другого блока управления. Если значения этих битов равны, то оба контроллера переходят к сличению следующей пары. И так до тех пор, пока биты не будут отличаться. Приоритет получает тот контроллер, который пытался передать логический ноль - другой блок управления ждет, пока шина не освободится.

В автомобиле несколько основных шин: обычно одна опоясывает двигатель, коробку передач, системы безопасности. По другой идут команды на электростеклоподъемники, сиденья, климатическую установку, третья обслуживает панель приборов. Незначительный сбой на одном участке длинной цепи может привести к выходу из строя всей электроники.



Вторым видом электронной системы управления стартером является система дистанционного пуска двигателя. Чаще всего она входит в состав автосигнализации

Функция дистанционного запуска системы позволяет дистанционно запустить двигатель автомобиля и контролировать его работу в течение запрограммированного периода времени. Это позволяет заранее прогревать двигатель автомобиля, а также устанавливать комфортную температуру внутри салона автомобиля с помощью штатной системы климат-контроля или кондиционера. Для пуска ДВС блок имеет, как правило, три силовых реле для управления зажиганием, стартером и реле блокировки системы.

Если двигатель автомобиля не запустится в течение запрограммированного промежутка времени, система отключит стартер и через несколько секунд автоматически попытается запустить двигатель автомобиля еще раз. Только в том случае, если двигатель автомобиля не будет запущен после 3-х попыток, система отменит выполнение процедуры запуска автомобиля.

Через 90 секунд после успешного запуска двигателя (или через промежуток времени, запрограммированный функцией) система также включит все предварительно подключенные дополнительные устройства автомобиля (климат-контроль, кондиционер, отопитель и т.д.).

Двигатель будет автоматически остановлен через заранее запрограммированное время, либо:

- при превышении или при снижении уровня оборотов холостого хода;
- при открывании капота автомобиля;
- при нажатии на педаль тормоза;
- при снятии рычага управления коробкой передач с положения "PARK" (для автоматической коробки передач) или с нейтрального положения (для автоматической коробки передач);
- при срабатывании системы (если двигатель был дистанционно запущен, когда система находилась в режиме охраны);
- при остановке двигателя дистанционно с помощью передатчика или с помощью выключателя управления запуском двигателя.

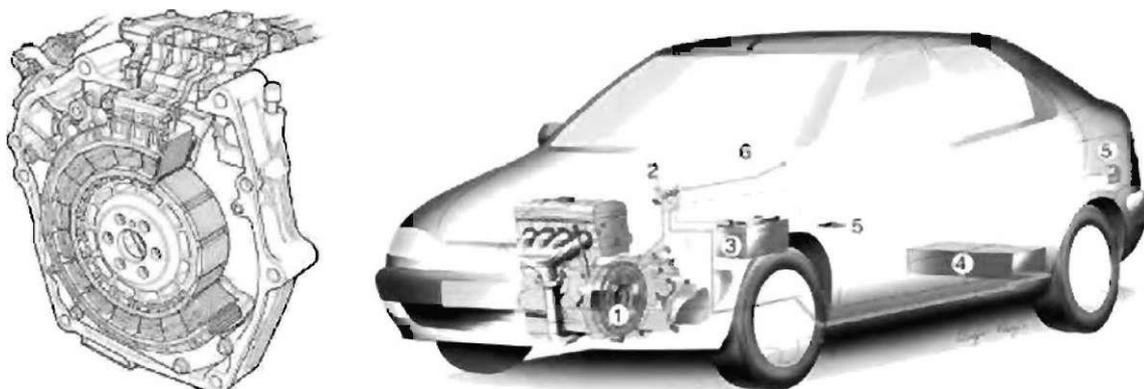
Наиболее сложной системой управления стартером является система управления гибридной установкой «стартер-генератор».

Такие системы можно разделить на два вида: выносные электрические машины переменного тока, обеспечивающие пуск и генерацию энергии. Одним из таких является система «СпидСтарт 12» фирмы «Вистеон» [27]. Вместо существовавших долгие десятилетия стартера и генератора появляется лишь одна обратимая трехфазная электромашинка. В зависимости от команд электронного блока она становится то двигателем, запускающим ДВС, то генератором, способным отдавать в бортовую сеть до 3 кВт мощности. Связь со шкивом коленчатого вала традиционная - поликлиновым ремнем. Охлаждение - жидкостное от системы автомобиля. В комплект входят ременная передача, позволяющая передавать необходимый крутящий момент, сухая аккумуляторная батарея и электронный блок управления.

Появляется возможность реализовать режим «стоп-старта» в городских пробках. Старт получается действительно быстрый: при отпуске педали тормоза маховик раскручивается всего за 400 мс. Как утверждают производители, такой стартер-генератор экономит в среднем около 0,35 л/100 км.

Вторым видом является система «стартер-генератор», интегрированная с маховиком, рисунок 2.6. Такие системы предлагают разные фирмы: Honda - система ISG, Citroen - ИСАД (Интегрированный стартер-альтернатор (генератор) - демпфер), рисунок 2.7 [27]. Как и в обычных электромоторах, принцип работы нового устройства основан на силовом воздействии электромагнитного поля.

Однако теперь ротором стартера-генератора служит сам маховик (конечно, без привычного зубчатого венца), вокруг которого размещены обмотки статора. Управляющая узлом электроника сама решает, в каком режиме - стартера или генератора - должен работать ИСАД в данный момент.



1 - стартер-генератор; 2 - блок управления; 3 - аккумулятор; 4 - конденсаторный накопитель энергии; 5 - розетка 220 В; 6 - цепь 42В кондиционера

Рисунок 2.6 - Сверхплоский бесщеточный альтернатор/стартер (а) [29], система ИСАД (б) [27]

Новый механизм развивает 800 оборотов всего за 0,2 с! Следовательно, появляется возможность автоматического выключения и пуска двигателя на любой остановке. Экономия топлива в городском цикле может составить до 35%! Кроме стандартных 12 В, вырабатываются еще 42 В для питания кондиционера, 100 В для работы системы впрыска и запуска. Более того, кпд нового генератора достигает 80% во всем диапазоне частот вращения двигателя, что дополнительно экономит около 0,5 л топлива на 100 км.