

Рулевое управление

Преподаватель Янченко М.М.



- Рулевое управление предназначено для обеспечения движения автомобиля в заданном водителем направлении и наряду с тормозной системой является важнейшей системой управления автомобилем. На большинстве легковых автомобилей изменение направления движения осуществляется за счет поворота передних колес (*кинематический способ поворота*). Изменить направление движения можно и за счет подтормаживания отдельных колес. Силовой способ поворота положен в основу работы системы курсовой устойчивости.

Рулевое управление современного автомобиля имеет следующее устройство:

- рулевое колесо с рулевой колонкой;
 - рулевой механизм;
 - рулевой привод.
- 

Схема рулевого управления



- ▣ **Рулевое колесо** воспринимает от водителя усилия, необходимые для изменения направления движения, и передает их через рулевую колонку рулевому механизму. Рулевое колесо выполняет также и информационную функцию. По величине усилий, характеру вибраций происходит передача водителю информации о характере движения. Диаметр рулевого колеса легковых автомобилей находится в пределах 380 - 425 мм, грузовых автомобилей – 440 – 550 мм. Рулевое колесо спортивных автомобилей имеет меньший диаметр.

- ▣ **Рулевая колонка** обеспечивает соединение рулевого колеса с рулевым механизмом. Рулевая колонка представлена рулевым валом, имеющим несколько шарнирных соединений. В конструкции рулевой колонки предусмотрена возможность складывания при сильном фронтальном ударе, что позволяет снизить тяжесть травмирования водителя. На современных автомобилях предусмотрено механическое или электрическое регулирование положения рулевой колонки. Регулировка может производиться по вертикали, по длине или в обоих направлениях. В целях защиты от угона осуществляется механическая или электрическая блокировка рулевой колонки.

- Рулевой механизм предназначен для увеличения, приложенного к рулевому колесу усилия, и передачи его рулевому приводу. В качестве рулевого механизма используются различные типы редукторов, которые характеризуются определенным передаточным числом. Наибольшее распространение на легковых автомобилях получил реечный рулевой механизм.

- Реечный рулевой механизм включает шестерню, установленную на валу рулевого колеса и связанную с зубчатой рейкой. При вращении рулевого колеса рейка перемещается в одну или другую сторону и через рулевые тяги поворачивает колеса. В ряде конструкций рулевого механизма применяется рейка с переменным шагом зубьев (в средней части зубья нарезаны с меньшим шагом). Это обеспечивает легкое маневрирование автомобиля при парковке. Реечный рулевой механизм располагается, как правило, в подрамнике подвески автомобиля.

- Ряд автопроизводителей (BMW, Honda, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Renault, Toyota,) предлагают на некоторых легковых автомобилях рулевые механизмы с четырьмя управляемыми колесами. Данное техническое решение обеспечивает лучшую управляемость и устойчивость при движении автомобиля на высокой скорости (при этом передние и задние колеса повернуты в одну сторону), а также высокую маневренность при движении с небольшой скоростью (передние и задние колеса повернуты в разные стороны).

- Необходимо отметить, что эффект «подруливания» задних колес при движении автомобиля на высокой скорости достигается и пассивными средствами. При повороте автомобиля резинометаллические упругие элементы задней подвески деформируются за счет крена кузова и воздействия боковых сил, тем самым обеспечивают незначительные углы поворота колес.

- ▣ **Рулевой привод** предназначен для передачи усилия, необходимого для поворота, от рулевого механизма к колесам. Он обеспечивает оптимальное соотношение углов поворота управляемых колес, а также препятствует их повороту при работе подвески. Конструкция рулевого привода зависит от типа применяемой подвески.

- Наибольшее распространение получил механический рулевой привод, состоящий из рулевых тяг и рулевых шарниров. Рулевой шарнир выполняется шаровым. Шаровой шарнир состоит из корпуса, вкладышей, шарового пальца и защитного чехла. Для удобства эксплуатации шаровой шарнир выполнен в виде съемного наконечника рулевой тяги. По своей сути рулевая тяга с шаровой опорой выступает дополнительным рычагом подвески.



- Рулевое управление характеризуется множеством кинематических параметров, основными из которых являются четыре угла (схождения, развала, поперечного и продольного наклона оси поворота колеса) и два плеча (обкатки и стабилизации). В общем виде конструкция рулевого управления представляет собой компромисс кинематических параметров, т.к. вынуждена объединять противоречащие друг другу устойчивость движения и легкость управления.

- Для уменьшения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса, в рулевом приводе применяется усилитель рулевого управления. Применение усилителя обеспечивает точность и быстроедействие рулевого управления, снижает общую физическую нагрузку на водителя, а также позволяет устанавливать рулевые механизмы с меньшим передаточным числом. В зависимости от типа привода различают следующие виды усилителей рулевого управления: гидравлический, электрический и пневматический.

- Большинство современных автомобилей имеют гидравлический усилитель рулевого управления (другое название – *гидроусилитель руля*). Разновидностью гидроусилителя является электрогидравлический усилитель рулевого управления, в котором гидронасос имеет привод от электродвигателя. В последние годы на автомобилях все шире применяется электрический усилитель рулевого управления (другое название – *электроусилитель руля*). Крутящий момент от электродвигателя может передаваться непосредственно на вал рулевого колеса или на зубчатую рейку. Электроника позволяет использовать электроусилитель руля для автоматического управления автомобилем, например в системе автоматической парковки, системе помощи движению по полосе.

- Усилитель рулевого управления, в котором поворотное усилие изменяется в зависимости от скорости автомобиля, называется адаптивным усилителем рулевого управления. Известной конструкцией адаптивного усилителя рулевого управления является электрогидравлический усилитель **Servotronic**.

- Инновационными являются **система активного рулевого управления** от BMW, система динамического рулевого управления от Audi, в которых передаточное число рулевого механизма изменяется в зависимости от скорости движения автомобиля. Компания BMW добавила в рулевой вал сдвоенный планетарный редуктор, корпус которого может поворачиваться с помощью электродвигателя и в зависимости от скорости движения автомобиля менять передаточное отношение рулевого механизма.

- Перспективной является конструкция рулевого управления, в которой отсутствует механическая связь рулевого колеса и ведущих колес, т. н. рулевое управление по проводам. Система обеспечивает независимое воздействие на каждое колесо с помощью электропривода. Серийное применение рулевого управления по проводам сдерживает скорее психологический фактор, связанный с высоким риском аварии в случае отказа системы.

Система активного рулевого управления

- ▣ Система активного рулевого управления (Active Front Steering, AFS) предназначена для:
- ▣ изменения передаточного отношения рулевого механизма в зависимости от скорости движения;
- ▣ корректирования угла поворота передних колес при прохождении поворотов и торможении на скользком покрытии.

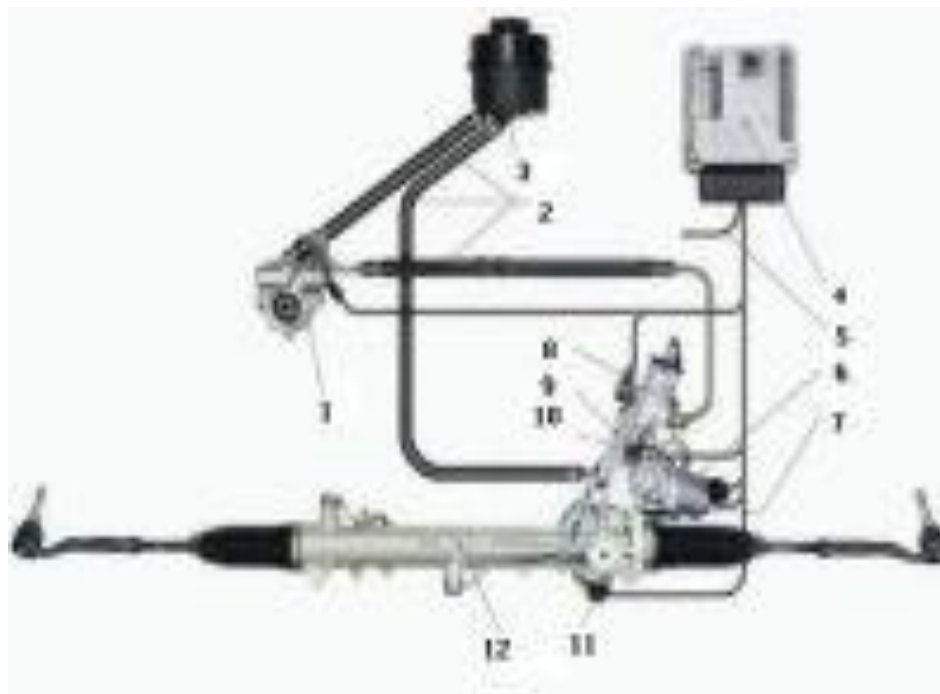
- ▣ Система **AFS** является совместной разработкой фирм **Bosch** и **ZF**. В настоящее время система устанавливается на большинство моделей автомобилей **BMW** в качестве опции и является фирменным атрибутом данной марки. Конкурентными преимуществами данной системы являются повышение комфорта и безопасности при эксплуатации автомобиля.

- Система активного рулевого управления в своей работе **взаимодействует** с другими системами, в т.ч. с гидроусилителем руля Servotronic, системой динамической стабилизации DSC.

Система AFS имеет следующее общее устройство:

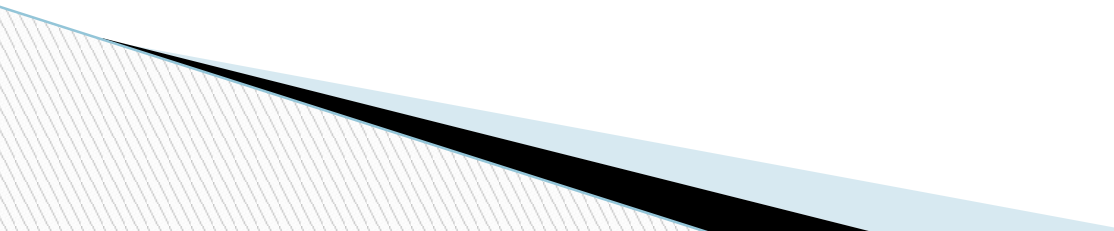
- планетарный редуктор;
- система управления.

Схема системы активного рулевого управления



- ▣ Планетарный редуктор служит для изменения скорости вращения рулевого вала. Он устанавливается на рулевом валу. Планетарный редуктор включает солнечную шестерню, блок сателлитов и коронную (эпициклическую) шестерню. На входе рулевой вал соединен с солнечной шестерней, на выходе – с блоком сателлитов.

- Эпициклическая шестерня имеет возможность вращения. При неподвижной шестерне передаточное число планетарного редуктора равно единице и рулевой вал передает вращение напрямую. Вращение эпициклической шестерни в одну или другую сторону позволяет увеличить или уменьшить передаточное число планетарной передачи, чем достигается изменение передаточного отношения рулевого механизма. Вращение шестерни обеспечивает электродвигатель, соединенный с ее внешней стороной посредством червячной передачи.

- Для реализации функций системы активного рулевого управления создана **система управления**. Электронная система управления включает следующие элементы:
 - входные датчики;
 - электронный блок управления;
 - исполнительные устройства.
- 

- **Входные датчики** предназначены для измерения параметров работы системы и преобразования их в электрические сигналы. Система AFS в своей работе использует следующие датчики:
- датчик положения электродвигателя;
- датчик суммарного угла поворота;
- датчик угла поворота рулевого колеса;
- датчики системы динамической стабилизации (скорости вращения автомобиля вокруг вертикальной оси и вертикального ускорения).

- ▣ Датчик суммарного угла поворота рулевого механизма может не устанавливаться, в этом случае угол рассчитывается виртуально на основании сигналов других датчиков.

- Электронный блок управления принимает сигналы от датчиков, обрабатывает их и в соответствии с заложенным алгоритмом формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства. Электронный блок управления имеет соединение и осуществляет взаимодействие с блоками управления других систем автомобиля:
- системы Servotronic;
- системы динамической стабилизации DSC;
- системы управления двигателем;
- системы доступа в автомобиль.

- **Исполнительными механизмами системы AFS являются:**
- электродвигатель;
- сигнальная лампа на панели приборов.

- Электродвигатель обеспечивает вращение эпициклической шестерни планетарного редуктора. Электродвигатель оборудован аварийным электромагнитным фиксатором, блокирующим червячную передачу. В исходном положении передача заблокирована. При подаче тока на электродвигатель, срабатывает электромагнит, и фиксатор, преодолевая усилие пружины, освобождает ротор электродвигателя. При возникновении неисправности в системе AFS, прекращается подача тока на электродвигатель, фиксатор блокирует червячную передачу.

- Возникновение неисправностей в системе сопровождается срабатыванием **сигнальной лампы** на панели приборов. При этом на информационном дисплее появляется сообщение системы самодиагностики.

- Система AFS активируется при запуске двигателя. Работа системы заключается в изменении передаточного отношения рулевого механизма в зависимости от скорости и условий движения.

- При совершении маневров на низкой скорости в соответствии с сигналом датчика угла поворота рулевого колеса включается электродвигатель. Электродвигатель через червячную пару передает вращение на эпициклическую шестерню планетарного редуктора. Вращение шестерни в определенном направлении с максимальной скоростью обеспечивает наименьшее передаточное отношение рулевого механизма, которое достигает значения 1:10. При этом руль становится острым, уменьшается число оборотов рулевого колеса от упора до упора, чем достигается **высокий комфорт в управлении.**

- С ростом скорости движения выполнение поворотов сопровождается уменьшением частоты вращения электродвигателя, соответственно увеличивается передаточное отношение рулевого механизма. На скорости 180-200 км/ч передаточное отношение достигает оптимального значения 1:18. Электродвигатель при этом перестает вращаться, а усилие от рулевого колеса передается на рулевой механизм напрямую.

- С дальнейшим ростом скорости электродвигатель снова включается, при этом вращение производится в противоположную сторону. Передаточное отношение рулевого механизма может достигать величины 1:20. При данном передаточном отношении рулевое управление обладает наименьшей остротой, увеличивается число оборотов рулевого колеса от упора до упора, тем самым обеспечивается **безопасность маневрирования** на высоких скоростях.

- Если при прохождении поворота фиксируется избыточная поворачиваемость автомобиля (потеря сцепления задних колес с дорогой) система AFS на основании сигналов датчиков системы DSC самостоятельно корректирует угол поворота передних колес. В результате чего сохраняется курсовая устойчивость автомобиля. В случае, когда система активного рулевого управления не может полностью обеспечить устойчивость автомобиля, подключается система динамической стабилизации.

- Аналогичным образом система активного рулевого управления стабилизирует движение автомобиля **при торможении на скользком покрытии**, чем достигается повышение эффективности антиблокировочной системы тормозов ABS и сокращение тормозного пути.
- Система активного рулевого управления постоянно включена и не имеет возможности отключения.

Рулевой механизм

- Рулевой механизм является основой рулевого управления, где он выполняет следующие функции:
- увеличение усилия, приложенного к рулевому колесу;
- передача усилия рулевому приводу;
- самопроизвольный возврат рулевого колеса в нейтральное положение при снятии нагрузки.
- По своей сути рулевой механизм является механической передачей (редуктором), поэтому основным его параметром является **передаточное число.**

□ В зависимости от типа механической передачи различают следующие **типы рулевых механизмов**:

□ реечный;

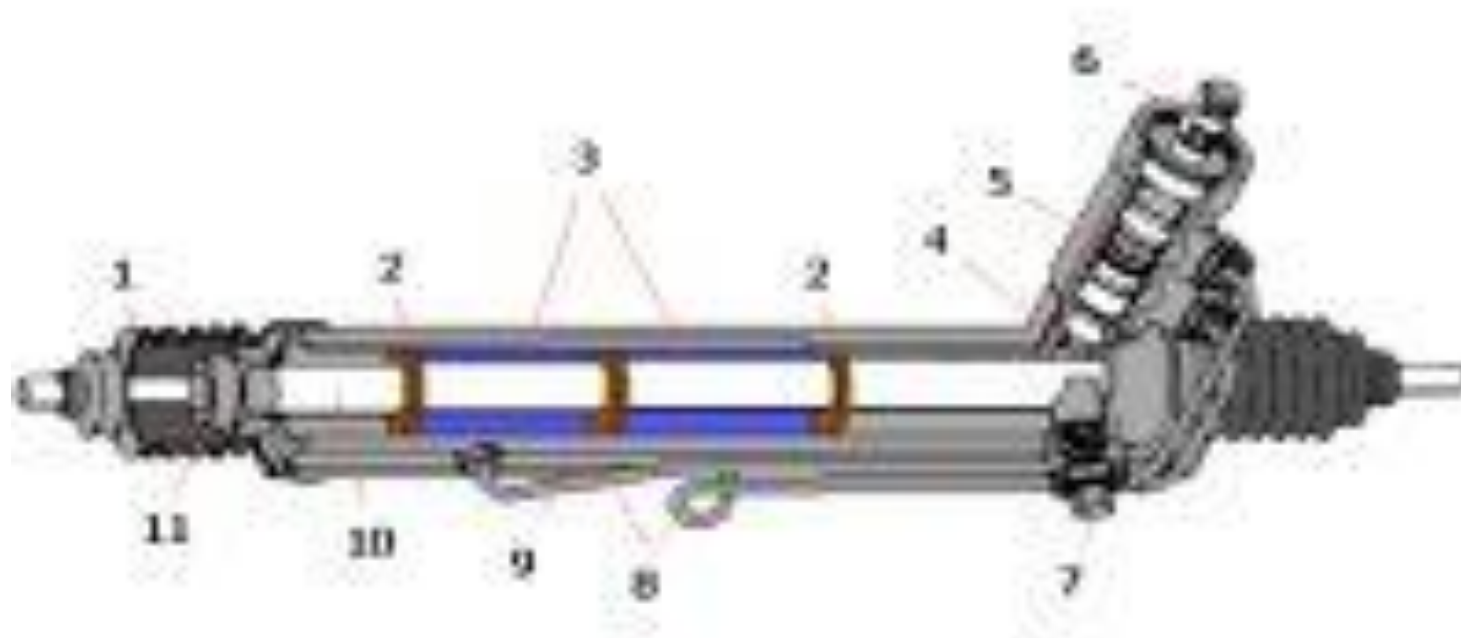
□ червячный;

□ ВИНТОВОЙ.

Реечный рулевой механизм

- Реечный рулевой механизм является самым распространенным типом механизма, устанавливаемым на легковые автомобили. Реечный рулевой механизм имеет следующее **устройство**: шестерня, рулевая рейка. Шестерня устанавливается на валу рулевого колеса и находится в постоянном зацеплении с рулевой (зубчатой) рейкой.

Схема реечного рулевого механизма



- Работа реечного рулевого механизма осуществляется следующим образом. При вращении рулевого колеса рейка перемещается вправо или влево. При движении рейки перемещаются присоединенные к ней тяги рулевого привода и поворачивают управляемые колеса.
- Реечный рулевой механизм отличается простотой конструкции, соответственно высоким КПД, а также высокой жесткостью. Вместе с тем, данный тип рулевого механизма чувствителен к ударным нагрузкам от дорожных неровностей, склонен к вибрациям. В силу своих конструктивных особенностей реечный рулевой механизм устанавливается на переднеприводных автомобилях с независимой подвеской управляемых колес.

Червячный рулевой механизм

- Червячный рулевой механизм состоит из глобоидного червяка (червяка с переменным диаметром), соединенного с рулевым валом, и ролика. На валу ролика вне корпуса рулевого механизма установлен рычаг (сошка), связанный с тягами рулевого привода.
- Вращение рулевого колеса обеспечивает обкатывание ролика по червяку, качание сошки и перемещение тяг рулевого привода, чем достигается поворот управляемых колес.
- Червячный рулевой механизм обладает меньшей чувствительностью к ударным нагрузкам, обеспечивает большие углы поворота управляемых колес и соответственно лучшую маневренность автомобиля. С другой стороны червячный механизм сложен в изготовлении, поэтому дорог. Рулевое управление с таким механизмом имеет большое число соединений, поэтому требует периодической регулировки.
- Червячный рулевой механизм применяется на легковых автомобилях повышенной проходимости с зависимой подвеской управляемых колес, легких грузовых автомобилях и автобусах. Ранее такой тип рулевого механизма устанавливался на отечественной «классике».

Винтовой рулевой механизм

- Винтовой рулевой механизм объединяет следующие конструктивные элементы:
- винт на валу рулевого колеса;
- гайку, перемещаемую по винту;
- зубчатую рейку, нарезанную на гайке;
- зубчатый сектор, соединенный с рейкой;
- рулевую сошку, расположенную на валу сектора.

Схема винтового рулевого механизма



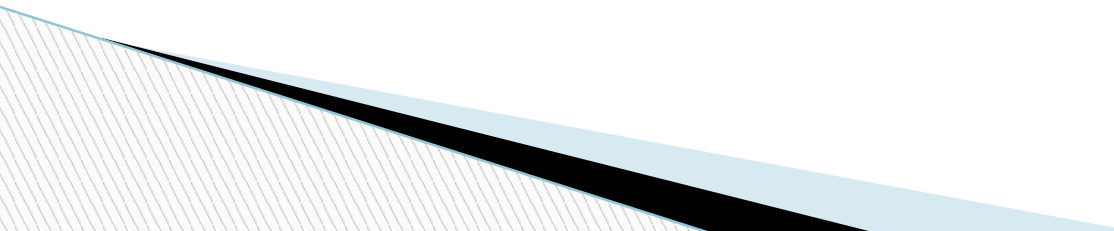
- Особенностью винтового рулевого механизма является соединение винта и гайки с помощью шариков, чем достигается меньшее трение и износ пары.
- Принципиально работа винтового рулевого механизма схожа с работой червячного механизма. Поворот рулевого колеса сопровождается вращением винта, который перемещает надетую на него гайку. При этом происходит циркуляция шариков. Гайка посредством зубчатой рейки перемещает зубчатый сектор и с ним рулевую сошку.
- Винтовой рулевой механизм в сравнении с червячным механизмом имеет больший КПД и реализует большие усилия. Данный тип рулевого механизма устанавливается на отдельных легковых автомобилях представительского класса, тяжелых грузовых автомобилях и автобусах.

Гидроусилитель рулевого управления

- Гидроусилителем рулевого управления (обиходное название – *гидроусилитель руля*) называется конструктивный элемент **рулевого управления автомобиля**, в котором дополнительное усилие при повороте рулевого колеса создается с помощью гидравлического привода. Гидроусилитель руля является самым распространенным видом усилителя рулевого управления.

□ Простейший гидроусилитель руля имеет привод гидронасоса от **коленчатого вала двигателя**. У такого усилителя производительность прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя, что противоречит реальным потребностям рулевого управления (при максимальной скорости движения требуется минимальный коэффициент усиления, и наоборот).

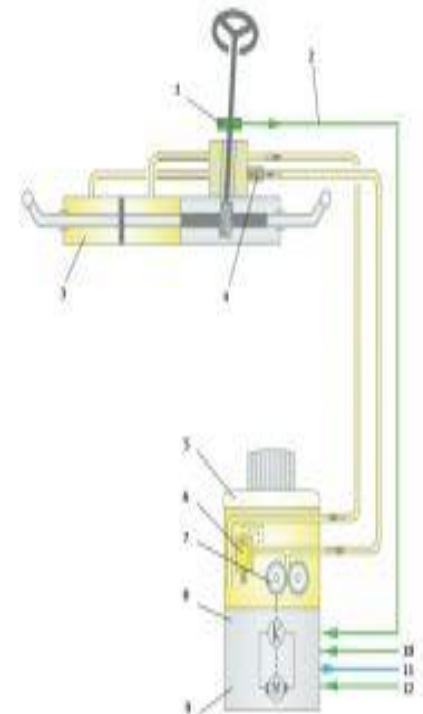
□ ММ





- Наиболее совершенным с точки зрения потребительских свойств и конструкции является электрогидравлический усилитель руля. Преимуществами электрогидравлического усилителя являются компактность, возможность функционирования на неработающем двигателе, экономичность за счет включения в нужный момент. В конструкции данного гидроусилителя предусмотрена возможность электронного регулирования коэффициента усиления. Поэтому, наряду с комфортностью управления усилитель может обеспечить легкость маневрирования на малых скоростях, что недоступно обычному гидроусилителю.

- Электрогидравлический усилитель рулевого управления имеет следующее устройство:
- насосный агрегат;
- гидравлический узел управления;
- система управления.



- Насосный агрегат представляет собой объединенный блок, включающий гидравлический насос, электродвигатель насоса и бачок для рабочей жидкости. На насосный агрегат устанавливается электронный блок управления.
- Гидравлический насос может быть лопастного или шестеренного типа. Наиболее простым и надежным является шестеренный насос.
- Гидравлический узел управления является исполнительным механизмом усилителя руля. Он включает:
 - торсион с поворотным золотником и распределительной гильзой;
 - силовой цилиндр с поршнем.
 - Гидравлический узел управления объединен с рулевым механизмом. Шток поршня силового цилиндра является продолжением рейки рулевого механизма.

- Система управления обеспечивает работу гидроусилителя. На современных автомобилях используется **электронная система управления**, которая обеспечивает регулирование коэффициента усиления в зависимости от скорости поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля. Усилитель с такими характеристиками называется адаптивным усилителем рулевого управления.

- На автомобилях концерна Volkswagen и BMW электронная система управления гидравлическим усилителем руля имеет торговое название **Servotronic**.
- Система Servotronic включает:
 - входные датчики;
 - электронный блок управления;
 - исполнительное устройство.
- **Входными датчиками** системы являются датчик усилителя руля (датчик угла поворота рулевого колеса – на автомобилях, оборудованных ESP), датчик спидометра. Помимо датчиков, система использует информацию о частоте вращения коленчатого вала двигателя, поступающую от системы управления двигателем.
- **Электронный блок управления** гидроусилителем руля принимает и обрабатывает сигналы датчиков и в соответствии с установленной программой воздействует на исполнительное устройство.

- В разных модификациях системы Servotronic используются следующие **исполнительные устройства**:
- электродвигатель насоса;
- электромагнитный клапан в гидросистеме.
- В первом случае изменение производительности гидроусилителя осуществляется за счет изменения скорости вращения электродвигателя. Во-втором, за счет изменения проходного сечения гидросистемы (открытие-закрытие клапана).

- Работа гидроусилителя руля
- При прямолинейном движении автомобиля гидравлический узел управления обеспечивает циркуляцию жидкости по кругу (от насоса по каналам напрямую в бачек).
- При повороте рулевого колеса происходит закрутка торсиона, которая сопровождается поворотом золотника относительно распределительной гильзы. По открывшимся каналам жидкость поступает в одну из полостей (в зависимости от направления поворота) силового цилиндра. Из другой полости силового цилиндра жидкость по открывшимся каналам сливается в бачек. Поршень силового цилиндра обеспечивает перемещение рейки рулевого механизма. Усилие от рейки передается на рулевые тяги и далее приводит к повороту колес.

- При осуществлении поворота на небольшой скорости (при парковке, маневрах в ограниченном пространстве) гидроусилитель руля работает с наибольшей производительностью. На основании сигналов датчиков электронный блок управления увеличивает частоту вращения электродвигателя насоса (обеспечивает открытие электромагнитного клапана). Соответственно увеличивается производительность насоса. В силовой цилиндр интенсивнее поступает специальная жидкость. Усилие на рулевом колесе значительно снижается.

- ▣ С увеличением скорости движения частота вращения электродвигателя насоса снижается (срабатывает электромагнитный клапан и уменьшает поперечное сечение гидросистемы).
- ▣ Работа гидравлического усилителя осуществляется в пределах поворота рулевого колеса и ограничивается предохранительным клапаном.

Электроусилитель рулевого управления

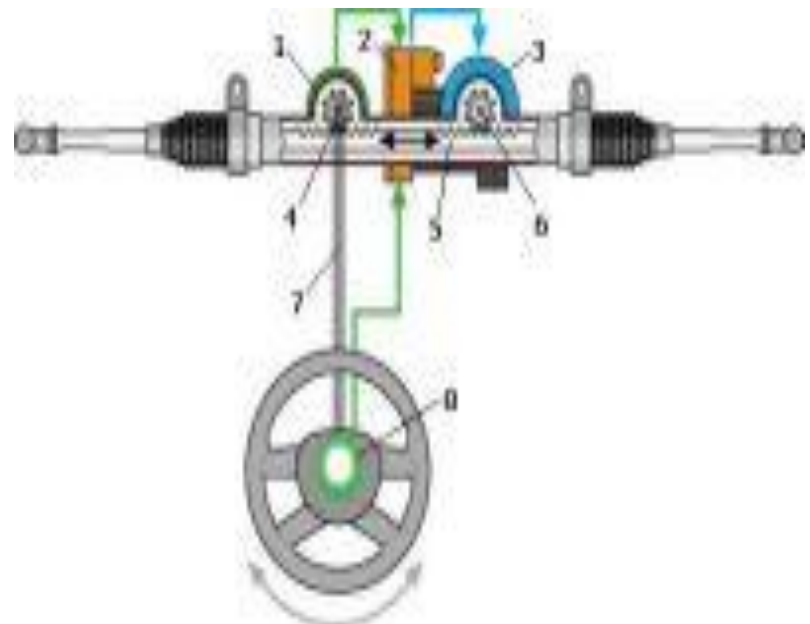
- Электроусилителем рулевого управления (обиходное название – *элетроусилитель руля*) называется конструктивный элемент **рулевого управления автомобиля**, в котором дополнительное усилие при повороте рулевого колеса создается с помощью электрического привода. В конструкции современного автомобиля электроусилитель рулевого управления постепенно заменяет гидроусилитель руля. К 2016 году каждый второй легковой автомобиль будет оснащен гидроусилителем руля.

- Основными преимуществами электроусилителя руля в сравнении с гидроусилителем рулевого управления являются:
- удобство регулирования характеристик рулевого управления;
- высокая информативность рулевого управления;
- высокая надежность в связи с отсутствием гидравлической системы;
- топливная экономичность, обусловленная экономным расходом энергии (снижение расхода топлива до 0,5 л. на 100 км).

- ▣ Электроусилитель рулевого управления открыл широкие возможности для создания различных систем активной безопасности:
- ▣ система курсовой устойчивости;
- ▣ система автоматической парковки;
- ▣ система аварийного рулевого управления;
- ▣ система помощи движению по полосе.

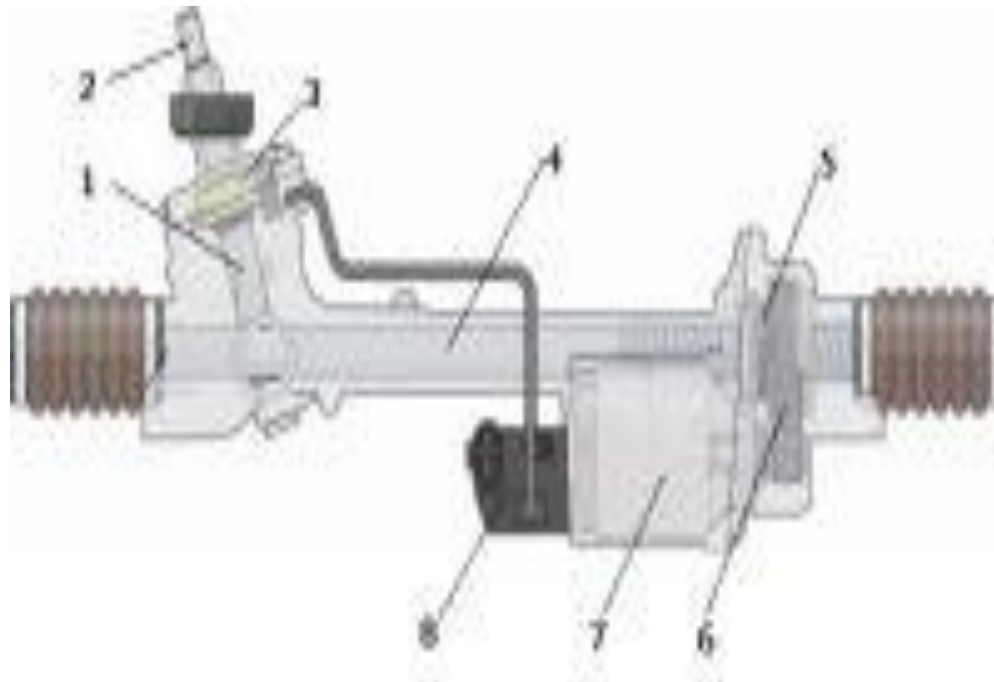
- Различают две основных схемы компоновки электроусилителя рулевого управления:
- усилие электродвигателя передается на вал рулевого колеса;
- усилие электродвигателя передается на рейку рулевого механизма.
- Наиболее востребован электроусилитель с приводом на рулевую рейку. Другое его название - **электромеханический усилитель рулевого управления.** Известными конструкциями такого усилителя являются:
- электромеханический усилитель руля с двумя шестернями;
- электромеханический усилитель руля с параллельным приводом.

- Электромеханический усилитель рулевого управления имеет следующее устройство:
- электродвигатель усилителя;
- механическая передача;
- система управления.



- Электроусилитель руля объединен с рулевым механизмом в одном блоке. В конструкции усилителя используется, как правило, асинхронный электродвигатель.
- **Механическая передача** обеспечивает передачу крутящего момента от электродвигателя к рейке рулевого механизма. В электроусилителе с двумя шестернями одна шестерня передает крутящий момент на рейку рулевого механизма от рулевого колеса, другая – от электродвигателя усилителя. Для этого на рейке предусмотрены два участка зубьев, один из которых служит приводом усилителя.

Схема электромеханического усилителя руля с параллельным приводом



- В электроусилителе с параллельным приводом усилие от электродвигателя передается на рейку рулевого механизма с помощью ременной передачи и специального шариковинтового механизма.
- **Система управления** электроусилителем руля включает следующие элементы:
 - входные датчики;
 - электронный блок управления;
 - исполнительное устройство.
- К входным датчикам относятся **датчик угла поворота рулевого колеса** и **датчик крутящего момента на рулевом колесе**. Система управления электроусилителем руля также использует информацию, поступающую от блока управления **ABS** (датчик скорости автомобиля) и **блока управления двигателем** (датчик частоты коленчатого вала двигателя).



- Электронный блок управления обрабатывает сигналы датчиков. В соответствии с заложенной программой вырабатывается соответствующее управляющее воздействие на исполнительное устройство – электродвигатель усилителя.
- Электроусилитель руля обеспечивает работу рулевого управления автомобиля в следующих режимах:
 - поворот автомобиля в обычных условиях;
 - поворот автомобиля на малой скорости;
 - поворот автомобиля на большой скорости;
 - активный возврат колес в среднее положение;
 - поддержание среднего положения колес.

- Поворот автомобиля осуществляется поворотом рулевого колеса. Крутящий момент от рулевого колеса передается через торсион на рулевой механизм. Закрутка торсиона измеряется датчиком крутящего момента, угол поворота рулевого колеса – датчиком угла поворота рулевого колеса. Информация от датчиков, а также информация о скорости автомобиля, частоте вращения коленчатого вала двигателя, передаются в электронный блок управления.
- Блок управления рассчитывает необходимую величину крутящего момента электродвигателя усилителя и путем изменения величины силы тока обеспечивает ее на электродвигателе. Крутящий момент от электродвигателя передается на рейку рулевого механизма и далее, через рулевые тяги, на ведущие колеса.
- Таким образом, поворот колес автомобиля осуществляется за счет объединения усилий, передаваемых от рулевого колеса и электродвигателя усилителя.

- Поворот автомобиля на небольшой скорости обычно производится при парковке. Он характеризуется большими углами поворота рулевого колеса. Электронная система управления обеспечивает в данном случае максимальный крутящий момент электродвигателя, соответствующий значительному усилению рулевого управления (т.н. «*легкий руль*»).
- При повороте на высокой скорости, напротив электронная система управления обеспечивает наименьший крутящий момент и минимальное усиление рулевого управления (т.н. «*тяжелый руль*»).
- Система управления может увеличивать реактивное усилие, возникающее при повороте колес. Происходит т.н. активный возврат колес в среднее положение.
- При эксплуатации автомобиля нередко возникает потребность в поддержании среднего положения колес (движение при боковом ветре, разном давлении в шинах). В этом случае система управления обеспечивает коррекцию среднего положения управляемых колес.
- В программе управления электроусилителя руля предусмотрена компенсация увода переднеприводного автомобиля, вызванного различной длиной приводных валов.
- В ряде систем активной безопасности электроусилитель функционирует без участия водителя. В системе курсовой устойчивости он обеспечивает обратное подруливание колес, а в парковочном автопилоте - автоматическую параллельную и перпендикулярную парковку.

Датчик угла поворота рулевого колеса

- Датчик угла поворота рулевого колеса является одним из датчиков положения, которые широко используются в электронных системах автомобиля. В отличие от других датчиков датчик угла поворота рулевого колеса определяет угловое перемещение в широком диапазоне (свыше 720° в каждую сторону или четыре полных оборота рулевого колеса). Датчик устанавливается на рулевой колонке между переключателем и рулевым колесом, реже – на рулевом механизме.

- Датчик угла поворота рулевого колеса служит для определения угла поворота (относительный угол), направления поворота (абсолютный угол) и угловой скорости рулевого колеса. Перечень функций определяется потребностями конкретной системы автомобиля. Таким образом, с помощью датчика угла поворота рулевого колеса определяется направление движения, которое задает водитель.
- Датчик угла поворота рулевого колеса используется в нескольких автомобильных системах:
 - система курсовой устойчивости;
 - адаптивный круиз-контроль;
 - система помощи движению по полосе;
 - электрогидравлический усилитель рулевого управления;
 - электромеханический усилитель рулевого управления;
 - система активного рулевого управления;
 - система адаптивного освещения;
 - активная подвеска.
- В качестве датчика угла поворота рулевого колеса используется несколько типов датчиков, построенных на различных физических принципах измерений:
 - потенциометрический датчик;
 - оптический датчик;
 - магниторезистивный датчик.



Потенциометрический датчик угла поворота рулевого колеса

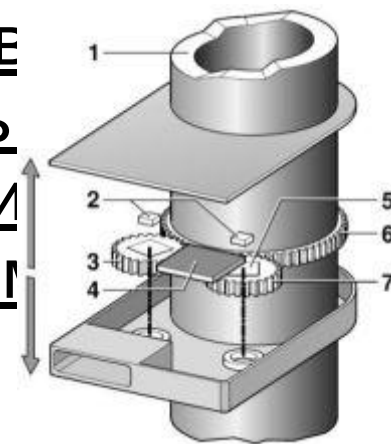
- Потенциометрический датчик угла поворота рулевого колеса относится к контактным датчикам. Он включает два потенциометра, закрепленных на рулевой колонке. Один потенциометр смещен относительно другого на 90° , что позволяет определять относительный и абсолютный углы поворота рулевого колеса. Изменение сопротивления потенциометра пропорционально углу поворота рулевого колеса. Ввиду невысокой надежности, связанной с наличием подвижных контактов, потенциометрические датчики в рулевом управлении в настоящее время почти не применяются.

Оптический датчик угла поворота рулевого колеса

- Более совершенным сенсорным устройством является бесконтактный оптический датчик угла поворота рулевого колеса. Датчик объединяет кодирующий диск, источники света, светочувствительные элементы, блок определения полных оборотов вращения.
- Кодирующий диск жестко закреплен на рулевой колонке. Он имеет два сегментарных кольца – внутреннее и наружное. На внутреннем кольце равномерно по окружности размещены прямоугольные отверстия, на наружном кольце отверстия расположены неравномерно. Конструкция внутреннего кольца позволяет определять величину угла поворота рулевого колеса. С помощью внешнего кольца оценивается направление вращения рулевого колеса в любой момент времени.
- Между кольцами расположены источники света – *светодиоды*. Снаружи колец установлены светочувствительные элементы – *фоторезисторы*. Количество светодиодов и фоторезисторов различается в зависимости от конструкции датчика. При попадании луча света от светодиода на датчик, в электрической цепи генерируется напряжение, при отключении света – напряжение падает. На основании импульсов напряжения электронный блок управления рассчитывает угол и направление поворота рулевого колеса.

Магниторезистивный датчик угла поворота рулевого колеса

- Магниторезистивный датчик угла поворота рулевого колеса является более универсальным устройством, т.к. помимо относительного и абсолютного угла поворота рулевого колеса позволяет определять угловую скорость. Конструктивно датчик включает два магниторезистивных элемента закрепленных в корпусе датчика. Магниторезисторы взаимодействуют с подвижными магнитами.



- В основе датчика лежат гигантские магниторезисторы (GMR) или анизотропные магниторезисторы (AMR). Каждый из магнитов вращаются посредством зубчатой передачи. Приводные зубчатые колеса имеют различное количество зубьев, отличающееся на единицу. Измерения построены на том, что для каждого положения рулевого колеса существует свое положение магнитов, которое фиксируют магниторезисторы. На основании этого электронный блок управления определяет величину угла поворота, его направление и скорость.

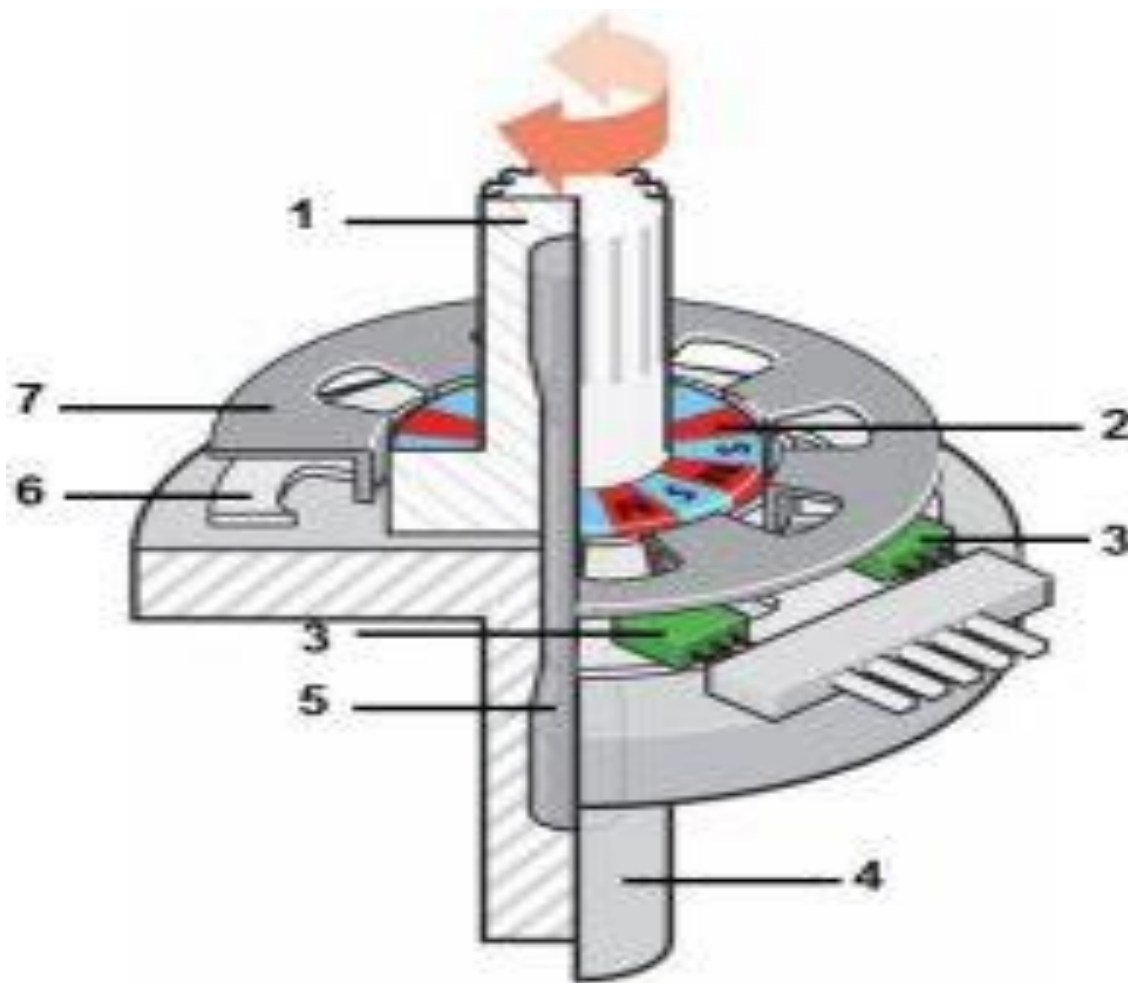
Датчик крутящего момента на рулевом колесе

- В основу работы электрического усилителя рулевого управления положена величина крутящего момента на рулевом колесе. Чем больше усилие прикладывает водитель к рулевому колесу (создает крутящий момент), тем больше должно быть дополнительное усилие со стороны усилителя руля. Величину крутящего момента на рулевом колесе оценивает датчик крутящего момента. В ряде конструкций датчик крутящего момента объединен с датчиком угла поворота рулевого колеса



- Различают несколько конструкций датчиков крутящего момента на рулевом колесе, построенных на различных физических принципах: оптический, индуктивный, датчик Холла, магниторезистивный датчик. Все перечисленные виды датчиков бесконтактные измерительные устройства. Помимо физических принципов, датчики различаются быстротой и точностью измерения. Самым распространенным является датчик крутящего момента, построенный на эффекте Холла.

Схема датчика крутящего момента



- Датчик крутящего момента встроен в рулевую колонку. На валу рулевой колонки установлен многополюсной магнит, имеющий несколько пар полюсов. На валу-шестерне имеется два статора с зубьями особой формы. Вал рулевой колонки и вал-шестерня связаны друг с другом торсионом - стержнем, обладающим крутильной жесткостью. Чувствительным элементом датчика крутящего момента является неподвижный датчик Холла, закрепленный на корпусе. Для повышения надежности измерений в конструкции датчика крутящего момента используется два датчика Холла, т.н. схема с резервной цепью.

- Принцип действия датчика построен на измерении угла закручивания торсиона, который пропорционален крутящему моменту на рулевом колесе. В исходном положении (нейтральное положение рулевого управления) зубцы статоров расположены строго между полюсами магнитов, что соответствует минимальному сигналу датчика. При повороте рулевого колеса торсион закручивается. Соответственно многополюсный магнит поворачивается относительно статоров. Максимальный сигнал датчика достигается, когда зубья каждого из статоров встают напротив полюсов магнита. В этом положении создается максимальный магнитный поток, который фиксируется датчиками Холла. Все остальные положения датчика являются промежуточными.

- Необходимо отметить, что угол закручивания торсиона очень небольшой, поэтому диапазон измерения датчика составляет $4-5^\circ$ в каждую сторону. Датчик крутящего момента, построенный на эффекте Холла, позволяет добиться высокой точности измерения порядка $0,002^\circ$. Для компенсации температурных перемещений при измерении датчик крутящего момента может иметь встроенный датчик температуры.
- Во многом схожую конструкцию имеет **магниторезистивный датчик крутящего момента**. Оценка крутящего момента в нем также производится по углу закручивания торсиона. На валу рулевой колонки расположен многополюсный магнит, на валу-шестерне два магниторезистивных чувствительных элемента. При повороте магнитного диска магниторезистивные элементы фиксируют изменение магнитного потока и формируют электрический сигнал.
- При эксплуатации электроусилителя рулевого управления необходимо помнить, что выход из строя датчика крутящего момента приводит к отключению усилителя, к счастью это происходит плавно.