

Рулевое управление автомобиля

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 объединяет рулевое колесо с рулевой колонкой, рулевым механизмом и рулевым приводом.



Рисунок 1 Схема рулевого управления

1. рулевое колесо
2. рулевая колонка
3. карданный вал
4. датчик крутящего момента на рулевом колесе
5. электроусилитель руля
6. рулевой механизм
7. рулевая тяга
8. наконечник рулевой тяги с шаровым шарниром

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. Реечный рулевой механизм располагается, как правило, в подрамнике подвески автомобиля.

На некоторых автомобилях BMW, Mercedes-Benz, Porsche, Volkswagen применяется рулевой механизм с переменным передаточным отношением. В механизме используется зубчатая рейка с разными зонами зубьев. По мере удаления от зоны прямолинейного движения форма зубьев зубчатой рейки существенно изменяется (косой наклон зубьев). Это обеспечивает прогрессивное уменьшение передаточного отношения и соответственно меньший диапазон поворота рулевого колеса. Управление автомобилем становится более удобным и динамичным, а руль – тяжелым и острым.

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 быстродействие 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.

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 включает шестерню и рулевую рейку. Шестерня устанавливается на валу рулевого колеса и находится в постоянном зацеплении с рулевой (зубчатой) рейкой.

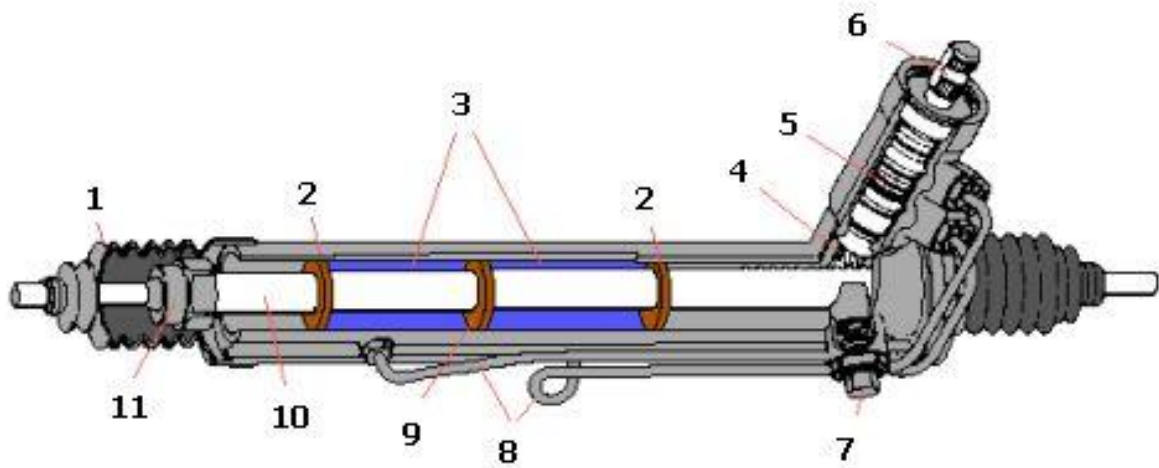


Рисунок 2 Схема реечного рулевого механизма

1. пыльник;
2. уплотнение;
3. гидроцилиндр;
4. шестерня;
5. золотник;
6. вал рулевого колеса;
7. игольчатый клапан;
8. трубопровод;
9. поршень;
10. рулевая рейка;
11. шарнир рулевой тяги

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, качение сошки и перемещение тяг рулевого привода, чем достигается поворот управляемых колес.

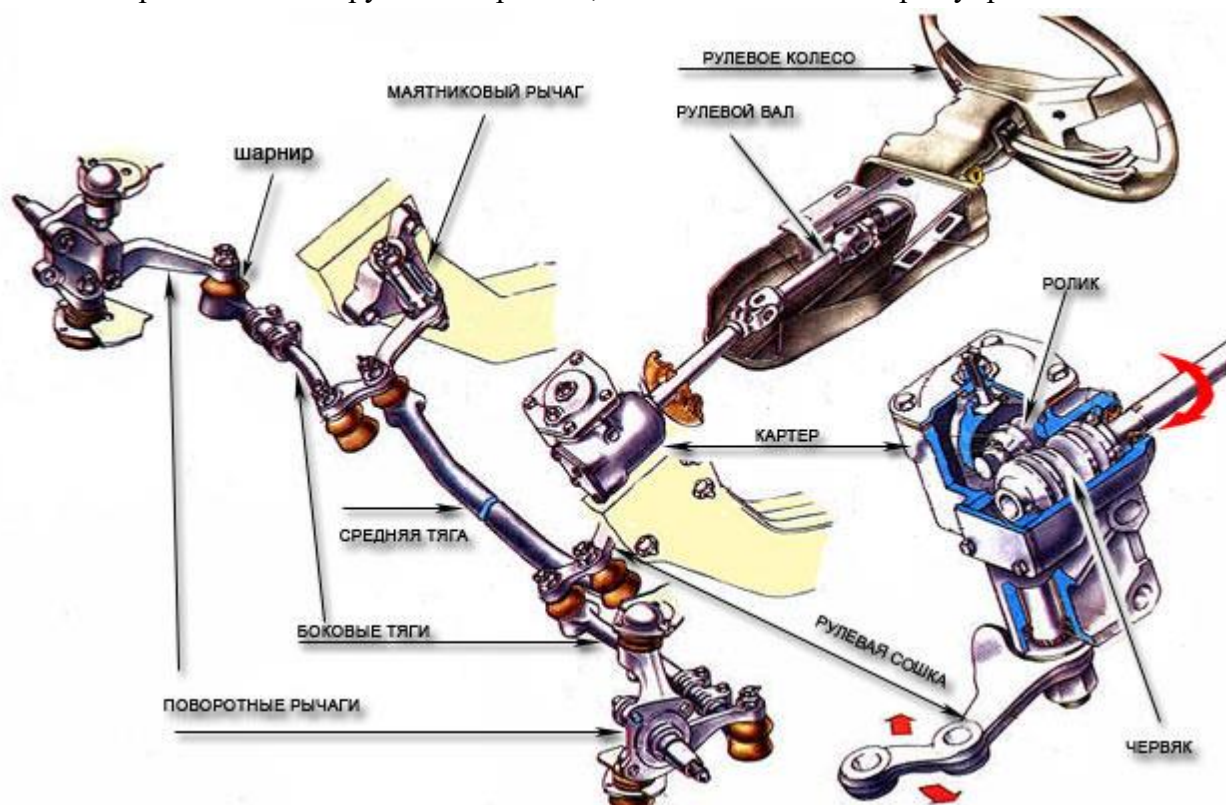


Рисунок 3 Рулевое управление с червячным рулевым механизмом

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.

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.

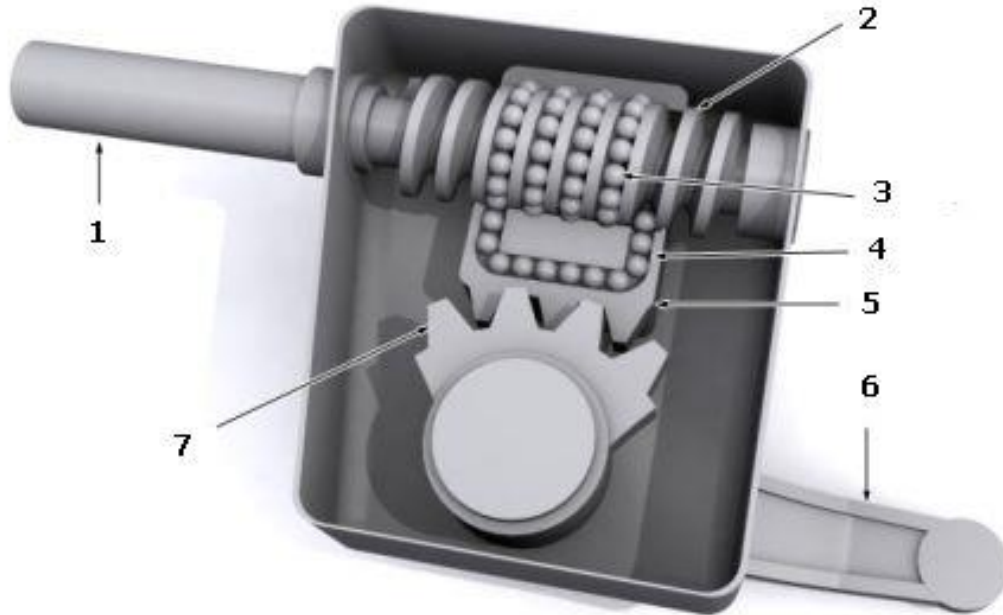


Рисунок 4 Схема винтового рулевого механизма

1. вал рулевого колеса;
2. винт;
3. циркулирующие шарики;
4. канал циркуляции шариков;
5. гайка с зубчатой рейкой;
6. рулевая сошка;
7. зубчатый сектор (секторная шестерня)

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).

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 состоит из насосного агрегата, гидравлического узла управления и системы 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 и 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.

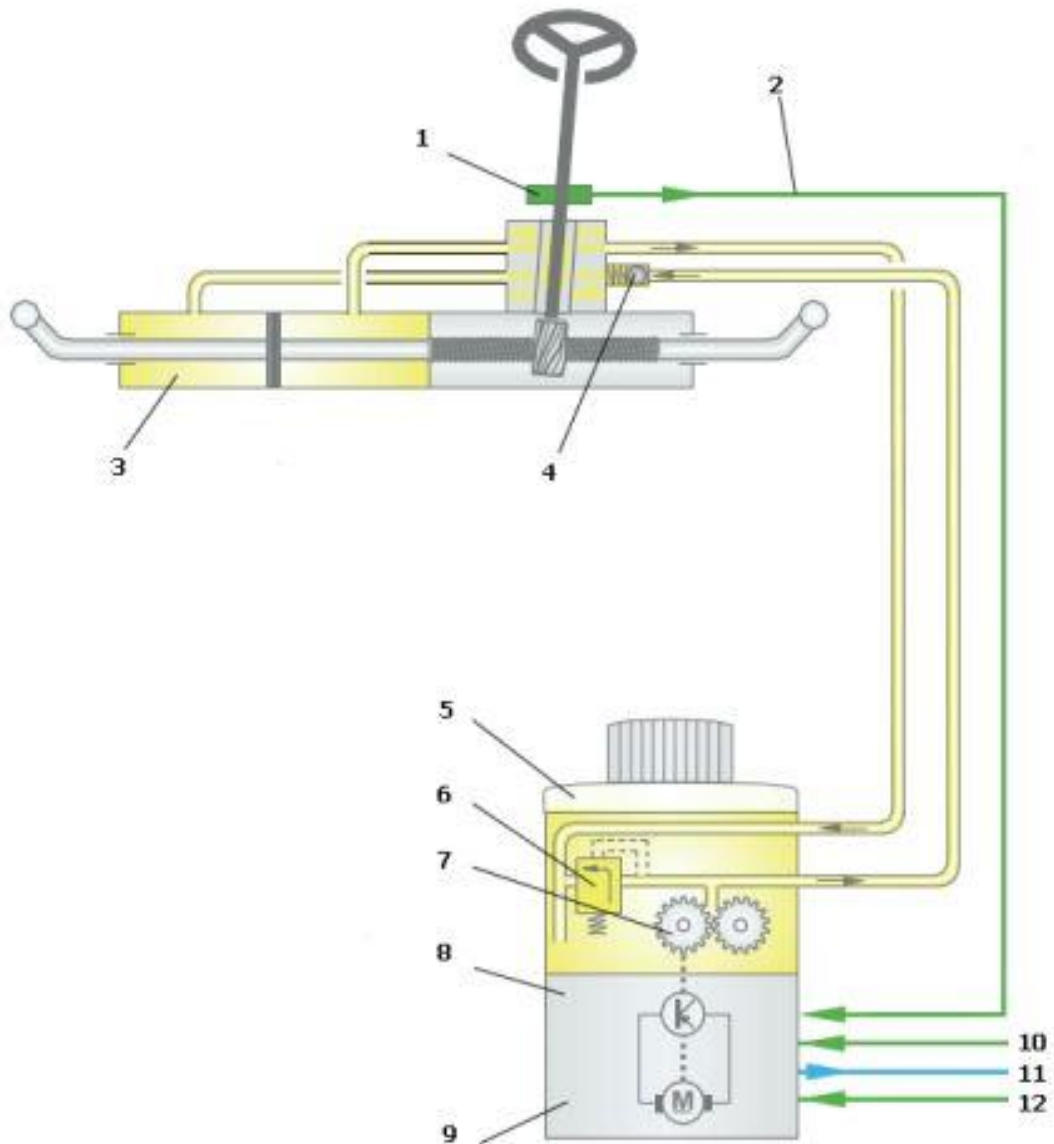


Рисунок 5 Схема электрогидравлического усилителя руля

1. датчик усилителя руля
2. сигнал о скорости поворота рулевого колеса
3. рулевой механизм
4. обратный клапан
5. бачок рабочей жидкости
6. редукционный клапан
7. шестеренный насос
8. блок управления усилителем руля
9. электродвигатель
10. сигнал о скорости движения автомобиля
11. диагностический сигнал
12. сигнал о частоте вращения коленчатого вала двигателя

На автомобилях концерна Volkswagen и BMW электронная система управления гидравлическим усилителем руля имеет торговое название Servotronic.

Система Servotronic включает входные датчики, электронный блок управления и 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: курсовой устойчивости, автоматической парковки, аварийного рулевого управления, помощи движению по полосе.

Различают две основных схемы компоновки электроусилителя рулевого управления:

1. усилие электродвигателя передается на вал рулевого колеса;
2. 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 усилитель руля с двумя шестернями и усилитель руля с параллельным приводом.

Электромеханический усилитель рулевого управления состоит из электродвигателя, механической передачи и системы управления.

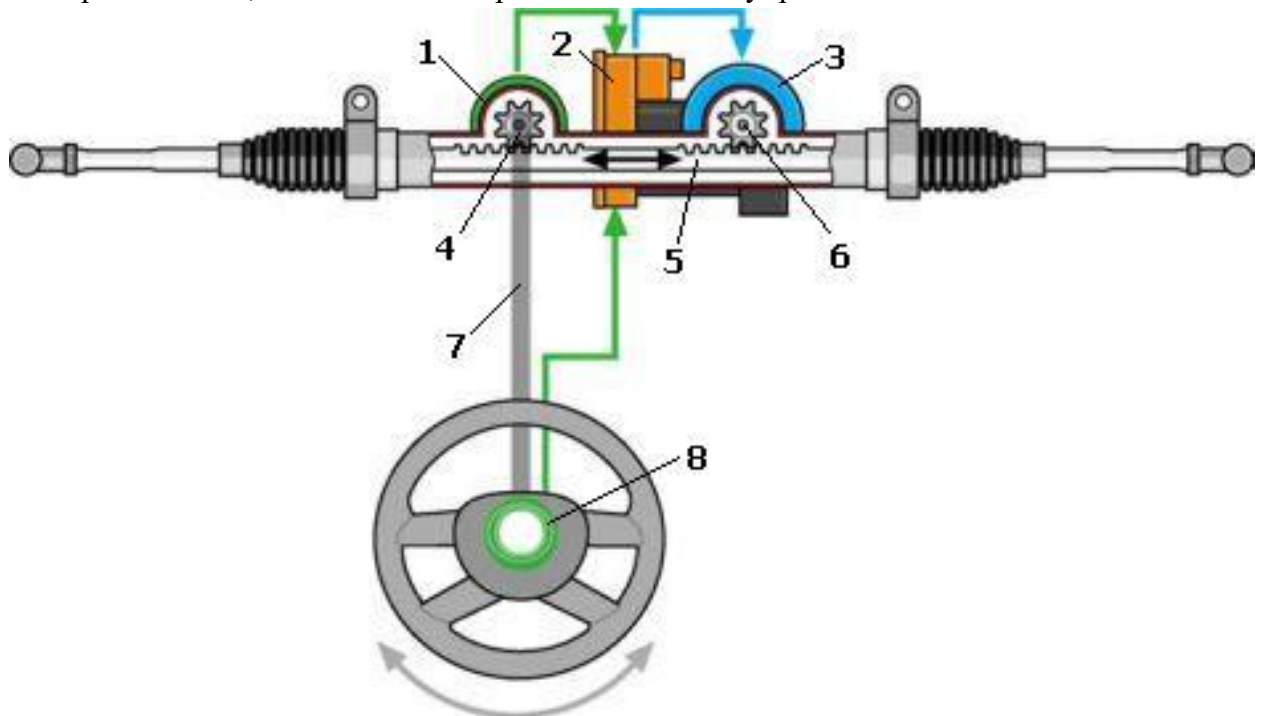


Рисунок 6 Схема электромеханического усилителя руля

1. датчик крутящего момента на рулевом колесе
2. электронный блок управления
3. электродвигатель
4. шестерня вала рулевого управления
5. зубчатая рейка
6. шестерня усилителя руля
7. карданный вал рулевого управления
8. датчик угла поворота рулевого колеса

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.

В электроусилителе с параллельным приводом усилие от электродвигателя передается на рейку рулевого механизма с помощью ременной передачи и специального шариковинтового механизма.

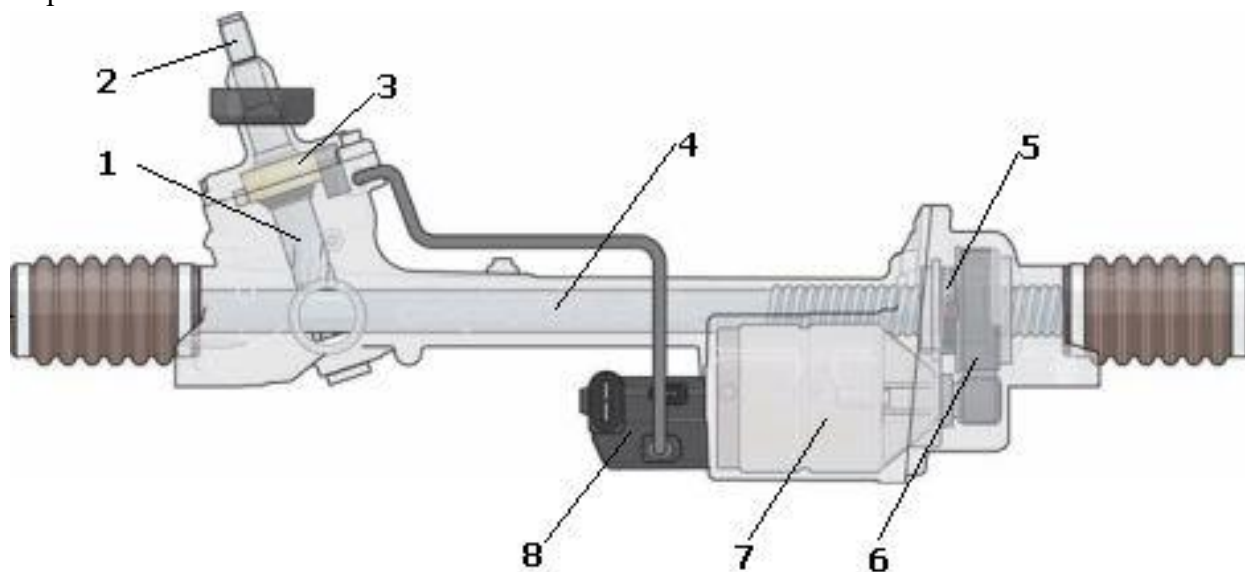


Рисунок 7 Схема электромеханического усилителя руля с параллельным приводом

1. вал-шестерня
2. торсионный стержень
3. датчик крутящего момента на рулевом колесе
4. зубчатая рейка
5. гайка на циркулирующих шариках
6. ременная передача
7. электродвигатель
8. электронный блок управления

Система управления электроусилителем руля включает входные датчики, электронный блок управления и 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.