

## Тенденции развития рулевого управления

Реут В.А., к.т.н., доцент ВФ ГОУ МГИУ

Возрастающие требования к комфортности и безопасности влекут за собой повышение требований к системе рулевого управления. Она должна быть компактной конструкции, но при этом действовать так, чтобы автомобилем можно было управлять с минимальными усилиями, обеспечивая максимальную маневренность. Кроме того, рулевое управление должно повышать безопасность движения.

Законодательство в области правил безопасности дорожного движения оказывает сильное влияние на конструкцию рулевого управления. Так, например, требуется, чтобы при въезде в круг радиусом 12 м усилие водителя на рулевом колесе не превышало 250 Н. При этом необходимо, чтобы при исходном движении по прямой со скоростью 10 км/час необходимый угол поворота руля достигался за 4 с.

Основных требований, предъявляемых к рулевому управлению Европейскими директивами, не много: усилие на рулевом колесе легкового автомобиля не должно превышать 150 Н для полностью работоспособной и 300 Н – для неисправной системы рулевого управления, а быстродействие усилителя должно быть таково, чтобы при скорости вращения руля не менее полутора оборотов в секунду силовые устройства успевали помогать водителю, то есть руль не должно «закусывать».

Усилитель рулевого управления уже перешел из опций в разряд стандартного оборудования, причем даже на небольших машинах. Теперь, наоборот, правильнее было бы считать опцией, то есть роскошью, руль, поворачиваемый исключительно силой рук водителя. Конструкций усилителей много и на одну модель машин ставится на выбор несколько разных типов.

Вписываться в нужные цифры уже много лет позволяет хорошо известный гидроусилитель руля, принцип действия которого довольно прост. Поворачивая руль, водитель закручивает специальный пружину – торсион, который связан со специальным клапаном – золотником. В корпусе золотника прорезаны перепускные отверстия, которые распределяют рабочую жидкость в нужные полости рулевого механизма. Давление жидкости (как правило, это трансмиссионное масло) и помогает рукам водителя поворачивать колеса. Соответственно, чем больше скручен торсион, тем на большую величину перемещается золотник и тем большим оказывается сечение перепускного отверстия, через которое рабочая жидкость, накаченная насосом до давления в 7-15 бар, поступает к силовому цилиндру. Сам же силовой цилиндр толкает нужные детали рулевого механизма. Когда усилие на руле пропадает, торсион раскручивается, золотник закрывается, а жидкость перепускается обратно в насос. Первые гидроусилители появились на серийных машинах в 1951 г. в Америке, история европейских машин с подобными устройствами на 3 года моложе.

Впрочем, принципиальная простота классического гидроусилителя не лишает это устройство целого ряда недостатков. Прежде всего гидроусилитель – изделие достаточно сложное, высокотехнологическое и требующее большой точности изготовления. Соответственно, дешевым руль с гидравликой быть просто не может.

Кроме того, использование насоса усилителя с постоянным приводом от двигателя – это всегда лишние потери мощности. Ведь производительность насоса усилителя рассчитывают из условий поворота колес неподвижно стоящего автомобиля – когда обороты двигателя минимальны, а сопротивление колес повороту, наоборот, максимально. А потому, во время движения машины, когда и частота вращения двигателя повышена, и от самого усилителя не требуется особой мощности, львиную долю масла насос перекачивает вхолостую, понапрасну тратя на эту работу топливо. Еще один минус – невозможность сочетать высокий усиливающий момент с хорошей информативностью руля. Получается одно из двух: либо водитель без проблем выворачивает колеса автомобиля попавшего в колею, а затем, разогнавшись на шоссе сжимает в руках «ватный» руль, либо чувствует все нюансы скоростной трассы, расплачиваясь за это легкостью движения по бездорожью. Поначалу с подобными недостатками мирились, однако возросшие скорости и стремление сделать автомобиль более безопасным и комфортным заставили конструкторов поломать голову над оптимизацией работы обычного гидроусилителя, или вообще изобретать устройства, заменяющие привычную гидравлику. Первый результат модернизации появился в 1989 г., с появлением на автомобилях Audi системы «Сервотроник». Главной целью создания этой системы было именно повышение информативности рулевого управления. Сейчас такими усилителями комплектуют даже относительно дешевые маленькие машины, тогда же «Сервотроник» ставили на топовые модели фирмы. »Сервотроник» представляет из себя устройство, регулирующее при помощи электроклапана ход управляющего золотника гидроусилителя, в зависимости от скорости автомобиля. Меняется режимы работы клапана, соответственно, меняется и «мощность» гидроусилителя: при движении с большой скоростью, когда руль машин, оборудованных обычным гидроусилителем «пустеет», на автомобилях с усилителем переменной силы он наоборот наливается упругостью. При этом появляется возможность адаптировать систему не только к конкретному автомобилю, но и к конкретному водителю – для этого достаточно перенастроить блок, управляющий электроклапаном.

Однако, наиболее перспективным, как считают специалисты, является полностью электрический усилитель руля. В этом случае поворачивать руль помогает электромотор, вращающий рулевой вал через червячный редуктор. Пример использования в отечественном автопроме – Lada Kalina. Плюсы такого решения очевидны. Как и в гидроусилителе, в качестве устройства, контролирующего степень усилия на руле служит торсион. Только вместо хитроумного клапана, он связан с датчиками (оптическими или индукционными), сигнализирующими электронному блоку (контроллеру), на какой угол закручен торсион. Как и «Сервотроник», контроллер электроусилителя, анализируя данные, полученные с датчика скорости, может изменять усилие, помогающее водителю поворачивать рулевое колесо. Только вместо многоступенчатой электрогидравлической схемы все функции «Сервотроника» выполняет электроника. А на автомобиль, взамен громоздкого и сложного устройства со шлангами и бачками устанавливается небольшой механизм, причем расположен он обычно не в тесном подкапотном пространстве, а в салоне, на рулевом валу, под

приборной панелью. Еще одно преимущество электроусилителя – низкая цена. На торсионе следящего устройства стоит датчик, и в зависимости от его сигнала электроника подает ток нужной полярности и силы на обмотки электромотора, связанного с рулевым механизмом через червячную передачу. А по сигналам от датчика скорости можно изменять характеристику усилителя в соответствии с любой заложеной в память блока зависимостью.

Преимущества электроусилителя:

- независимость работы усилителя от оборотов двигателя автомобиля,
- информативность (самонастройка усилителя руля к скорости автомобиля),
- независимость работы усилителя руля от температурных перепадов,
- экономичность:

- усилитель руля потребляет энергию только при вращении руля, в отличие от гидроусилителя, когда рабочая жидкость всегда гоняется по трубам, на что тратится дополнительная энергия.

- коэффициент полезного действия электродвигателя намного выше КПД гидронасоса.

- надежность (отсутствие шлангов, ремней, прокладок, сальников, жидкостей),

- не требует обслуживания (замены, доливки рабочей жидкости),

- на порядок выше симметричность руля (отсутствие разницы вращающего усилия в левом и правом вращениях руля)

Определить степень надежности устройства тоже непросто – пока еще не существует достаточно объемной статистики отказов. Что же касается наиболее нагруженной и, по сути, единственной изнашиваемой части механизма – червячной передачи, то сделать срок ее службы сопоставимым со сроком службы всего автомобиля. Трудность в другом. Существенной разницы в затратах энергии на поворот колес с электрогидравлическим усилителем и просто электроусилителем нет, и в том, и в другом случае необходим мощный генератор. Однако, в варианте с возникает еще одна проблема – вращать вал жидкостного насоса может двигатель любой конструкции. А для вращения сервомеханизма, расположенного на рулевой колонке, необходим двигатель компактный и легкий, в противном случае устройство будет трудно втиснуть под торпеду, а его инерционность будет слишком велика. Учитывая большую мощность и, соответственно, токи величиной в полсотни ампер, обычный коллекторный двигатель здесь не годится.

А нельзя ли изменять еще и передаточное отношение? Ведь около нулевого положения баранки, когда едешь по прямой на высокой скорости, излишняя острота рулевого управления добра не приносит, заставляя водителя напрягаться. А при парковке или развороте, наоборот, хотелось бы иметь передаточное отношение поменьше — чтобы поворачивать руль на как можно меньший угол.

Система активного рулевого управления AFS (Active Front Steering), разработанная инженерами BMW, проста, как все гениальное (партнерами выступили Bosch и ZF). Главная часть AFS — планетарная передача, корпус которой может вращаться с помощью электромотора. Она встроена в разрезанный рулевой вал и управляется командами компьютера. Сначала вкратце очертим границы проблемы. Она касается управляемости, которая в данном случае зависит от

передаточного числа рулевого механизма. Чем оно меньше, тем быстрее машина реагирует на поворот руля. Весьма удобно, особенно при парковке: не требуется бесчисленное количество раз крутить баранку от края до края. Однако на большой скорости достоинства оборачиваются недостатками. Малейшее движение руками — и машина уже метнулась в сторону очень твердого на вид отбойника у обочины шоссе. Вот и ищут автопроизводители компромисс между управляемостью, безопасностью и комфортабельностью, «усредняя» эти характеристики. Система AFS позволяет изменять передаточное отношение рулевого привода в очень широких пределах. Чувствительностью управляет компьютер, а в него можно заложить любую программу. А это значит, что с помощью системы AFS можно избавиться от извечного противоречия: или «острый» руль на малой скорости и слишком нервные реакции на высокой, или спокойное поведение на большом ходу, но «тупой» руль при парковке. На серийной «пятерке» BMW передаточное отношение рулевого механизма составляет 1:18, и это компромиссный вариант. Благодаря помощи электромотора системы AFS эта цифра в низкоскоростных режимах снижается до 1:10 — это менее двух оборотов руля от упора до упора. Парковаться с таким «быстрым» рулем очень удобно! А чтобы с ростом скорости автомобиль не становился «нервным» в управлении, электроника по мере разгона постепенно снижает активность электродвигателя. На 180—200 км/ч он вообще отключается — передаточное отношение возвращается к стандартному. А на максимальных скоростях электромотор вновь вступает в действие, но начинает вращаться в противоположную сторону. Ведь система AFS способна не только увеличивать чувствительность рулевого управления, но и уменьшать ее, повышая передаточное отношение до 1:20 и более!

Система работает с реечным управлением с сервотроником. Электронная система рулевого управления AFS (Fctiv Front Steering) помогает водителю не только увеличением крутящего момента (сервотроник), но и переменным передаточным отношением рулевого управления.

Главной частью системы рулевого управления является так называемый механизм наложения угла поворота. Под механизмом наложения угла поворота понимается планетарный механизм, который интегрирован в разделенную на две части рулевую колонку. В зависимости от скорости движения автомобиля электродвигатель воздействует через червячную передачу на планетарный механизм. Таким образом система рулевого управления в зависимости от ситуации увеличивает или уменьшает угол поворота передних колес посредством изменения передаточного числа между валом рулевого управления и шестерни привода.

В критических ситуациях система рулевого управление может целенаправленно изменить заданный водителем поворот управляемых колес и тем самым быстрее стабилизировать автомобиль, чем это может сделать водитель.

Система активного рулевого управления помогает водителю при вращении руля и активно вносит дополнительный угол поворота в рулевое управление в зависимости от тягово-динамических показателей.

При парковке необходимы лишь небольшие движения рулевым колесом, чтобы повернуть колеса на больший угол. Для того чтобы повернуть колеса из

одного крайнего положения в другое требуется менее двух оборотов рулевого колеса.

На большой скорости, например, на автострадах, передаточное отношение рулевого управления все более уменьшается вплоть до уровня обычного рулевого управления и даже меньше.

Одновременно увеличивающийся уровень момента сопротивления повороту устраняет нежелательные повороты руля, и водитель чувствует повышение стабильности движения. Нежелательное поведение автомобиля, например, избыточная поворачиваемость невелируется.

Исполнительный узел активного рулевого управления является составной частью рулевого механизма. Он встроен в разделенную на две части рулевую колонку между клапаном сервотроника и зубчатой рейкой.

Исполнительный механизм состоит из бесщеточного электродвигателя постоянного тока и планетарного механизма (рис.1).

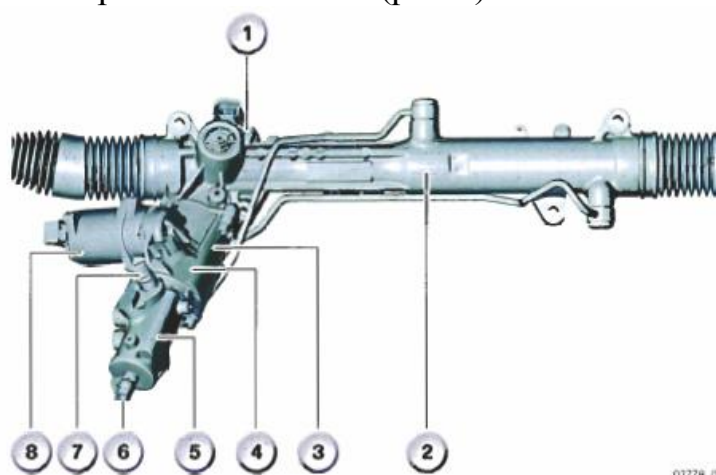


Рис. 1. Рулевой механизм с зубчатой рейкой и исполнительным узлом активного рулевого исполнения: 1–датчик угла поворота; 2–реечное рулевое управление; 3–корпус планетарного механизма; 4–блокировка исполнительного узла активного рулевого управления; 5–клапан гидроусилителя; 6–вал рулевого управления; 7–датчик температуры жидкости для гидравлических систем; 8–электродвигатель.

Основным компонентом исполнительного узла активного рулевого управления является планетарный механизм с двумя входными валами и одним выходным валом. Один вал связан через клапан гидроусилителя (сервотроника) с нижним валом рулевого управления. Второй вал приводится в действие электродвигателем через самотормозящую червячную передачу в качестве понижающего звена. В разрез рулевого вала встроен планетарный механизм. Если электродвигатель не работает, то сателлиты соединяют вал и шестерню рулевого механизма напрямую. Если электродвигатель вращается, он через червяк поворачивает эпициклическую шестерню и в зависимости от направления работы или увеличивает, или уменьшает угловую скорость выходного вала. При отказе системы электромагнит аварийного фиксатора запирает червяк, блокируя механизм изменения передаточного отношения.

Червячная передача приводит в действие червячное колесо, которое накладывается на задаваемый водителем поворот передних колес (рис.2).

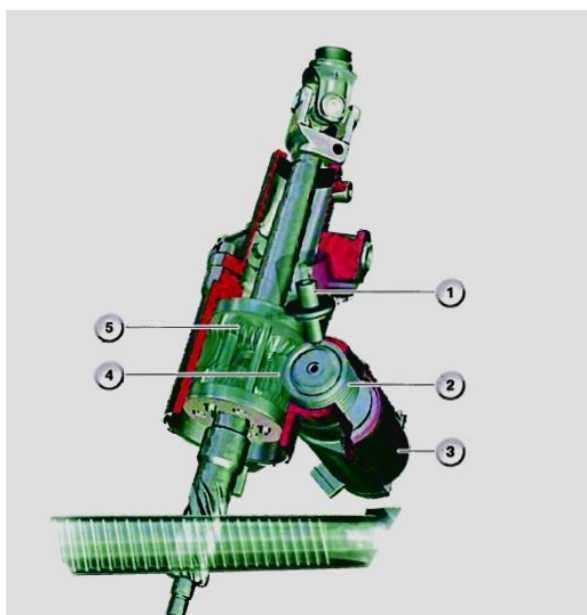


Рис. 2. Конструкция исполнительного узла активного рулевого управления:

1–блокиратор исполнительного узла; 2–червячный привод; 3–электродвигатель; 4–червячное колесо; 5–планетарная передача.

Для обеспечения безопасности предусмотрена электромагнитная блокировка исполнительного узла активного рулевого управления. Она входит под действием пружины в блокирующее зубчатое зацепление–последний зуб червячной передачи, если не подается напряжение. Блокировка безопасности снимается при силе тока около 1,8 А.

.Функции активного рулевого управления, целенаправленно изменяющее задаваемый водителем поворот передних колес, создает новый стандарт маневренности, комфорта и безопасности.

Система выполняет следующие функции:

- переменное передаточное отношение рулевого управления;
- поддержка усилителя рулевого привода;
- регулировка рыскания.

Переменное передаточное отношение рулевого управления.

Переменное передаточное отношение рулевого управления подстраивает передаточное отношение рулевого управления к скорости движения и требуемому водителю углу поворота колеса. При высоких скоростях рулевое управление оказывает обратное воздействие, при низких скоростях рулевое управление–прямое.

Благодаря исполнительному узлу активного рулевого управления управление автомобилем значительно упрощается при низкой скорости движения или при парковке. Больше не нужно многократно проворачивать рулевое колесо. Менее двух оборотов на стоящем автомобиле достаточно для того, чтобы повернуть колеса из одного крайнего положения в другое.

При больших скоростях (>120 км/ч) активное рулевое управление позволяет уменьшить передаточное отношение рулевого управления по сравнению с традиционным рулевым управлением. При высокой скорости движения серводвигатель работает в направлении противоположном тому, в котором

водитель вращает руль. С помощью повышенного момента сопротивления повороту предотвращаются нежелательные повороты колес.

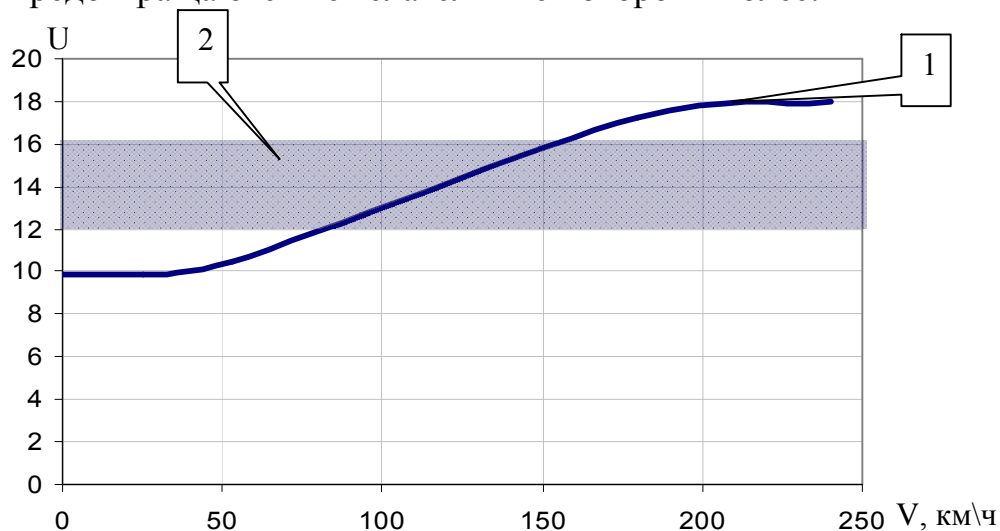


Рис.3. Передаточное отношение рулевого управления в зависимости от скорости движения: 1—конструкция активного рулевого управления; 2—традиционная конструкция.

Система активного рулевого управления поддерживает стабилизацию автомобиля системой DSC. В критических ситуациях активное рулевое управление целенаправленно изменяет заданный водителем поворот колес и может стабилизировать автомобиль намного быстрее, чем водитель. Порог вмешательства DSC гораздо выше, чем порог вмешательства активного рулевого управления. Если распознается избыточная поворачиваемость автомобиля, то вначале срабатывает активное рулевое управление, чтобы стабилизировать автомобиль. Лишь в том случае, если стабилизация рулевым управлением оказывается недостаточной, начинает работать DSC. Суть работы системы Active Front Steering в следующем: с увеличением скорости угол поворота управляемых колес уменьшается при неизменном угле поворота рулевого колеса. При снижении же скорости (особенно сильно это проявляется в режиме парковки) управляемые колеса стремятся отклониться, наоборот, на больший угол. Active Front Steering от BMW сохраняет механическую рулевую колонку, постоянно соединяющую руль с передними колесами автомобиля. Это не только гарантирует полное сохранение всех функций рулевого управления в случае, если одна из вспомогательных систем перестанет работать в заданном режиме или даже полностью выйдет из строя, но обеспечивает подлинное "чувство руля", которое столь важно для настоящего водителя. Но прежней неограниченной свободы водителю, тем не менее, уже не видать — планетарный механизм с электромотором все-таки может доворачивать управляемые колеса на 7—8 градусов по команде бортовой электроники. То есть автомобиль может подруливать самостоятельно.

Таким образом, система Active Front Steering сочетает в себе преимущества чисто электронной системы "управления по проводам", в которой вообще не предусмотрено механическое соединение между рулем и передними колесами, и

настоящее "чувство руля", которое на данный момент можно обеспечить лишь с механической системой рулевого управления.

Надежность системы. Критическим с точки зрения безопасности поведением системы активного рулевого управления считается, когда система самостоятельно управляет колесами. Безопасное состояние системы (безаварийное) –это состояние с наименьшим потреблением энергии электродвигателем исполнительного узла активного рулевого управления.

Фиксирование исполнительного узла активного рулевого управления производится блокиратором, который входит в червячную передачу исполнительного узла. Блокиратор удерживается в нерабочем состоянии предварительно напряженной пружиной при подаче напряжения. Обрыв электропитания приводит к немедленному срабатыванию блокиратора и введению его в червячную передачу исполнительного узла. Застопоренный механизм активного управления позволяет водителю управлять колесами через рулевую колонку. В этом случае рулевое управление действует как обычное рулевое управление. При этом механическое передаточное отношение между рулевым колесом и передними колесами сохраняется. При отсутствии питания клапан сервоэлектроника переключается на характеристику движения на большой скорости, которая предусматривает уменьшение поддержки усилителя рулевого привода. Водитель получает информацию о режиме неисправности системы с помощью контрольной лампы, а также сообщений системы автоматической диагностики на комбинации приборов.

1. Косенков А.А. Устройство автомобилей. Ходовая часть и прочие системы.– Ростов н/Д: Феникс, 2005.

2. Раймпель Й. Шасси автомобиля. пер. с нем. Агарова В.П.–М Машиностроение, 1983.

3. Служба технического сервиса BMW. Мюнхен: BMW AG, 2005.