

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ-УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ АКТИВНОГО РУЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Постановка проблемы. В настоящее время наблюдается интенсивное развитие и практическое использование электрического привода в системах и агрегатах автомобиля. В их числе электроусилитель рулевого механизма, а так же силовая установка (для электромобиля или гибридных автомобилей, где в качестве одной из силовых установок используется электродвигатель) и т.д. Электроусилитель рулевого управления открыл широкие возможности для создания различных систем активной безопасности: курсовой устойчивости, автоматической парковки, аварийного рулевого управления, помощи движению по полосе. В статье описан комплексный подход к созданию информационно-коммуникационной-управляющей системы автомобиля на примере сочетания классической системы рулевого управления с гидроусилителем и встроенный в рулевой механизм электродвигатель, адаптирующийся к условиям движения. Такое сочетание повышает точность управления, делая работу водителя автомобиля более безопасной, удобной и комфортной [1-3].

Анализ последних исследований и публикаций. В электроусилителе рулевого управления дополнительное усилие при повороте рулевого колеса создается с помощью электрического привода. В конструкции современного автомобиля электроусилитель рулевого управления постепенно заменяет гидроусилитель руля. Система активного рулевого управления AFS (Active Front Steering), встроена в разрезанный рулевой вал и управляется командами компьютера. Главная часть AFS – планетарная передача, корпус которой может вращаться с помощью электромотора.

Возрастающие требования к комфортности и безопасности влекут за собой повышение требований и к системе рулевого управления. Система AFS позволяет изменять передаточное отношение рулевого привода в очень широких пределах. Чувствительностью управляет компьютер, и можно заложить в него любую программу. С помощью системы AFS можно избавиться от извечного противоречия: или «острый» руль на малой скорости и необдуманные реакции на высокой, или спокойное поведение на большом ходу, но «тяжелый» руль при парковке. 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 неудобным 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 [4].

Подобными рулевыми механизмами с переменным передаточным отношением занимаются не только на BMW. Например, родстер Honda S2000 уже несколько лет серийно оснащается коаксиальной рейкой, которая увеличивает чувствительность при

© А. И. Середина, 2014

больших углах поворота колес для повышения маневренности. Но планетарный механизм системы AFS намного проще, чем хондовский.

Автор патента – американец, профессор Калифорнийского университета в Дэвисе Дин Карнопп. В 1990 году патент купила фирма Bosch. А в 1997 году по инициативе BMW систему стали готовить к серийному производству [5].

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 управления 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.

Преимущества электромеханического усилителя по сравнению с гидравлическим приведены ниже [6].

Основные преимущества электромеханического усилителя по сравнению с гидравлическим объясняются самим отсутствием гидравлической системы. Эти преимущества выражаются в следующем: исключены обычные для гидросистем компоненты, как насос, шланги, бачок для гидравлической жидкости и фильтр; гидравлическая жидкость не применяется; размеры занимаемого пространства уменьшены; снижена шумность; уменьшены затраты энергии на привод; отсутствует сложная система шлангов и кабелей.

Все силовые компоненты усилителя расположены на рулевом механизме и действуют непосредственно на его детали. Затраты энергии на привод электромеханического усилителя существенно ниже, чем на привод гидроусилителя. Это объясняется его включением только по потребности, в то время как гидравлический усилитель требует постоянной прокачки рабочей жидкости. Поэтому электромеханический усилитель позволяет снизить расход топлива.

Высокая информативность рулевого управления при различных условиях движения достигается в результате: активной самоустановки управляемых колес в среднее положение; непосредственной, но плавной реакции усилителя на действия водителя; существенного ослабления усилий, передаваемых на рулевое колесо при движении по неровностям дороги.

Изложение основного материала исследования. У рулевого механизма с электромеханическим усилителем и двумя приводными шестернями необходимое для поворота колес автомобиля усилие суммируется из усилий, передаваемых на рейку обеими шестернями. При этом на одну шестерню передается крутящий момент, создаваемый водителем на рулевом колесе, а на другую – крутящий момент электродвигателя усилителя после преобразования его в червячной передаче [4].

Рулевой механизм содержит датчик крутящего момента на рулевом колесе, торсион, приводные шестерни усилителя и вала рулевого управления, червячную передачу

и электродвигатель с блоком управления. Основной деталью рулевого механизма с электромеханическим усилителем является рейка с зубьями на двух участках.

Оснащенный блоком управления и датчиком электродвигатель усилителя связан с отдельной шестерней рулевого механизма, в то время как другая шестерня обеспечивает механическую связь рулевого колеса с рейкой. Благодаря этому рулевое управление полностью сохраняет работоспособность при выходе из строя электродвигателя усилителя.

На рисунке 1 представлены основные компоненты рулевого управления:

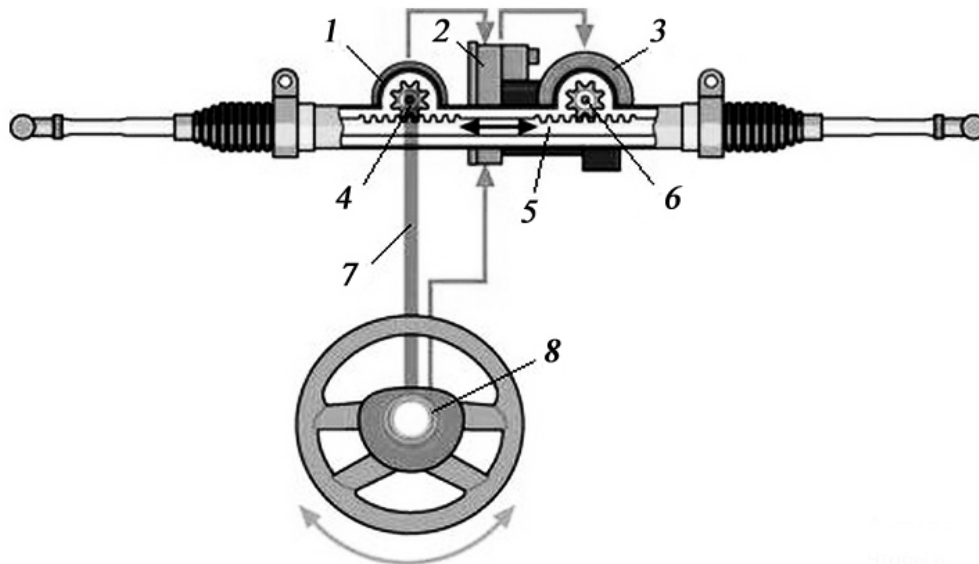


Рис. 1. Основные компоненты рулевого управления

1. Датчик крутящего момента на рулевом колесе (J269);
2. Электронный блок управления усилителем рулевого механизма (J500);
3. Электродвигатель усилителя (V187);
4. Шестерня вала рулевого управления;
5. Зубчатая рейка;
6. Шестерня усилителя руля;
7. Карданный вал рулевого управления;
8. Подрулевые переключатели с датчиком угла поворота рулевого колеса (G85).

Рассмотрим принцип действия усилителя в процессе парковки:

- При парковании водитель вынужден поворачивать рулевое колесо на относительно большие углы.
- Закрутка торсиона измеряется датчиком крутящего момента G269. Передаваемые в блок управления J500 сигналы датчика свидетельствуют при этом об относительно больших крутящих моментах на рулевом колесе.
- Угол поворота рулевого колеса измеряется датчиком G85, а скорость его вращения определяется по частоте вращения ротора двигателя усилителя.
- Ввиду относительно большого момента на рулевом колесе и нулевой скорости автомобиля блок управления определяет необходимость в значительном усиле-

нии рулевого управления, учитывая при этом частоту вращения коленчатого вала, угол и скорость поворота рулевого колеса, а также сохраняемую в памяти прибора характеристику усилителя для скорости автомобиля $v=0$ км/ч. Соответственно этим расчетам устанавливается величина крутящего момента двигателя усилителя.

- Таким образом, при парковании на рейку действуют максимальные усилия, передаваемые через вторую, параллельно действующую шестерню.
- Перемещение рейки происходит под действием суммы усилий, создаваемых в результате преобразования крутящего момента двигателя усилителя и крутящего момента, передаваемого с рулевого колеса.

Датчик угла поворота рулевого колеса (G85) расположен под возвратным и скользящим кольцами подушки безопасности. Он установлен на рулевой колонке между подрулевыми переключателями и рулевым колесом. Этот датчик генерирует сигнал, соответствующий углу поворота рулевого колеса. Сигнал датчика передается через шину CAN в блок управления электронными приборами на рулевой колонке J527, в котором он подвергается дальнейшей обработке. Последствия при выходе датчика из строя. При неисправности датчика подключается резервная функция, в соответствии с которой вместо переменного сигнала датчика в систему управления вводится постоянный сигнал. При этом действие усилителя полностью сохраняется. О неисправности в системе усилителя водитель узнает по вспышкам контрольной лампы K161 [5].

Всего через пару месяцев после выхода новой серии грузовиков FH в 2013 году компания Volvo Trucks представила еще одну технологическую новинку мирового класса – систему рулевого управления Volvo Dynamic Steering [7].

Изюминка новой системы – встроенный в рулевой механизм электродвигатель с электронным блоком управления, адаптирующийся к условиям движения. Электродвигатель функционирует совместно с гидроусилителем рулевого управления и развивает максимальный крутящий момент до 25 Нм. Его работа регулируется модулем электронного управления, который получает информацию от специальных датчиков несколько тысяч раз в секунду.

Система Volvo Dynamic Steering обеспечивает четыре основных преимущества.

Во-первых, на низких скоростях электродвигатель позволяет прикладывать минимум физических усилий к рулевому колесу. Можно расслабиться и вести даже полностью груженный автомобиль, не напрягая плечи и руки.

Во-вторых, система смягчает прохождение неровностей дороги, например, трещин и выбоин. При этом водителю транспортного средства становится легче работать, так как не приходится постоянно подруливать, корректируя траекторию движения.

В-третьих, на автостраде система способствует повышению курсовой устойчивости грузовика. В свою очередь, устойчивость означает спокойное вождение и полный контроль над транспортным средством на любой скорости. Динамическая система рулевого управления исключает практически все незначительные смещения рулевого колеса, которые неизбежны на дорогах.

И, в-четвертых, самообучающаяся система оперативно реагирует на боковой ветер или поперечный уклон дороги и автоматически устраняет их воздействие. В результате этого водитель может спокойно ехать вперед, а не противодействовать боковому смещению поворотом рулевого колеса. Это значительно улучшает безопасность движения и комфорт водителя.

Выводы. В работе исследованы перспективы использования электрического привода на автомобиле на примере подсистемы активного рулевого управления AFS (Active Front Steering). Также показаны преимущества использования электромеханического усилителя. Система Volvo Dynamic Steering поднимает процесс управления грузовыми транспортными средствами на совершенно новый уровень. Эта технология делает вождение более контролируемым и менее напряженным для водителя. Предварительные результаты исследований позволяют судить об эффективности использования электрического привода на автомобиле интегрированного в единую информационно-коммуникационно-управляющую систему.

Литература: 1. Никонов О.Я. Перспективы использования электрического привода в автомобиле / О.Я. Никонов, А.И. Середина // *Вісник НТУ «ХПИ»* – 2013. – № 30. – С.16–22. 2. Информационные технологии на автомобильном транспорте / [Власов В.М., Николаев В.Б., Постолит А.В. и др.] – М.: МАДИ (ГТУ), 2006. – 283с. 3. Алексієв О.П. Телематика, мехатроника та синергетика на автомобі-льному транспорті / О.П.Алексієв, В.О. Алексієв, О.І. Туренко // *Автомобильный транспорт*. – 2009. – №25. – С.266–270. 4. <http://systemsauto.ru> 5. <http://cartest.omega.kz> 6. <http://www.audagena.lt> 7. <http://www.autoconsulting.com.ua>

Bibliography (transliterated): 1. Nikonov O.Ja. Integrirovannye informacionno-upravljajuvie telematicheskie sistemy transportnyh sredstv / O.Ja. Nikonov, A.I. Seredina // *Visnuk NTU "HPI"* – 2013. – №1. – S. 16–22. 2. Informacionnye tehnologii na avtomobil'nom transporte / [Vlasov V.M., Nikola-ev V.B., Postolit A.V. i dr.] – M.: MADI (GTU), 2006. – 283 s. 3. Aleksiev O.P. Telematika, mehatronika ta sinergetika na avtomobil'nomu transporti / O.P. Aleksiev, V.O. Aleksiev, O.I. Turenko // *Avtomobil'nyj transport*. – 2009. – №25. – S. 266–270. 4. <http://systemsauto.ru> 5. <http://cartest.omega.kz> 6. <http://www.audagena.lt> 7. <http://www.autoconsulting.com.ua>

Середина Г.І

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ У СКЛАДІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ ПІДСИСТЕМИ АКТИВНОГО РУЛІННЯ АВТОМОБІЛЯ.

У роботі досліджені перспективи використання електричного приводу на автомобілі на прикладі підсистеми активного рульового управління AFS (Active Front Steering)

Середина А.І

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОМУНИКАЦИОННОЙ-УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ АКТИВНОГО РУЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ.

В работе исследованы перспективы использования электрического привода на автомобиле на примере подсистемы активного рулевого управления AFS (Active Front Steering).

Seredina A.I.

USE OF ELECTROMECHANIC IN COMPOSITION INFORMATION-COMMUNICATION-MANAGING SUBSYSTEM OF ACTIVE DRIVING OF THE CAR.

The prospects of the use of electric drive are in-process investigational on a car on the example of subsystem of active steering management of AFS (Active Front Steering).