

## ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ С ВСЕКОЛЕСНЫМ РУЛЕВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

И.А. Серикова, ассистент, к.т.н., ХНАДУ

*Аннотация.* Проведен анализ систем всеколесного управления и определены перспективы применения технологии управляемых задних колес автомобиля в составе интегральной системы управления динамикой движения.

*Ключевые слова:* всеколесное управление, интегральная система управления динамикой движения, электропривод рулевой тяги, поворачиваемость автомобиля.

## ДИНАМІЧНА СТІЙКІСТЬ АВТОМОБІЛІВ З ВСЕКОЛІСНИМ РУЛЬОВИМ КЕРУВАННЯМ

І.О. Серікова, асистент, к.т.н., ХНАДУ

*Анотація.* Проведено аналіз систем всеколісного керування й визначені перспективи застосування технології керованих задніх коліс автомобіля в складі інтегральної системи керування динамікою руху.

*Ключові слова:* всеколісне керування, інтегральна система керування динамікою руху, електропривод кермової тяги, повертаємість автомобіля.

## DYNAMIC STABILITY OF CARS WITH ALL THE WHEEL STEERING

I. Serikova, assistant, cand. eng. sc., KhNAHU

*Abstract.* The analysis of systems all wheel management is carried out and prospects of application of technology of operated back wheels of the car as a part of an integrated control system of dynamics of movement are defined.

*Key words:* all wheel management, integrated control systems of dynamics of movement, the electric drive of steering draft, manoeuvrability of the car.

### Введение

Автомобиль все больше превращается в высокоинтеллектуальное транспортное средство высокой комфортности. Достижения в электронной промышленности в ракурсе повышения надежности и миниатюризации полупроводниковых приборов позволяют проводить их широкое внедрение в системы управления транспортных средств. Так, например, появление современных транзисторов существенным образом повлияла на ско-

рость разработки гибридных автомобилей, поскольку позволило осуществить разработку компактных схем инвертирования мощности для питания тяговых электромоторов. Также электронное управление, благодаря повышению надежности элементной базы, находит все большее применение в гидравлических, механических, пневматических системах автомобиля и даже зачастую заменяет их. Так появились электротормоза, адаптивный круиз-контроль, системы питания ДВС, полностью электрическое рулевое

управление, электропривод автомобиля. Несомненным преимуществом электромеханических систем является их высокая надежность, высокая скорость срабатывания и точность регулирования. Электроника управления данными системами позволяет проводить глубокую интеграцию информационных связей между отдельными функциональными модулями и существенно сократить количество применяемых датчиков.

### **Анализ публикаций**

Анализ публикаций технических решений крупнейших производителей машин показал неуклонный рост интереса к повышению маневренности и контролируемой динамики движения автомобиля [1, 2, 3].

Mercedes уже в конце 30-х предлагал Modell 170 VL с функцией 4 WS (4 Wheel Steer — четыре управляемых колеса) в качестве автомобиля для охоты [1]. Главной задачей 170 VL была езда между деревьями в лесу без необходимости постоянно сдавать задом для объезда деревьев. Для городских автомобилей уменьшение радиуса разворота в условиях чрезвычайного насыщения мегаполисов транспортными средствами и усложнившимися из-за этого условиями маневрирования и парковки также является важной задачей. Вторая половина 1980-х для японских автопроизводителей оказалась самой богатой на новинки полноуправляемых автомобилей. В большинстве этих моделей задние колеса поворачивались в сторону, противоположную повороту передних. В это время о начале производства моделей 4WS объявили Nissan (Skyline), Honda (Prelude), Mazda (626), Mitsubishi (Galant и Sigma) и Toyota (Celica) [2]. Еще больший интерес вызвало применение 4WS для улучшения управляемости на больших скоростях. Французские производители в сравнительном тесте Renault Laguna (моделей с всеколесным управлением и без него) в сравнительном тесте наглядно показали явные преимущества всеколесного управления. Автомобиль с 4WS имел существенно большую устойчивость при прохождении поворотов [3].

### **Цель и постановка задач**

Целью статьи является определение вклада и роли всеколесного управления в активном управлении динамикой движения автомоби-

ля и поддержания его курсовой устойчивости.

### **Фазы всеколесного управления**

То, как хорошо автомобиль управляется в повороте, т.е. следует по заданному водителем направлению, определяется термином «поворачиваемость». Она может быть нейтральной, избыточной и недостаточной.

Таким образом, в подруливании задними колесами можно выделить три основных фазы (рис 1).

Нейтральная поворачиваемость (нейтральная фаза). Автомобиль проходит поворот по траектории, заданной поворотом руля. При этом его переднюю или заднюю части не уводит наружу или внутрь поворота, а траектории движения передних и задних колес пропорциональны и зависят только от степени поворота руля.

Недостаточная поворачиваемость (отрицательная фаза) обеспечивается поворотом парных передних и задних колес в одну сторону. Реальный радиус прохождения поворота больше заданного водителем. Как и в предыдущем случае, траектория качения передних и задних колес зависит от радиуса поворота и скорости его прохождения. Установка углов индивидуального схождения колес в отрицательной фазе обеспечивает лучшее поведение на высоких скоростях. Конструкция подруливания задних колес придает автомобилю недостаточную поворачиваемость. Автомобиль при этом въезжает в поворот слегка «бокком», что визуально незаметно, однако чувствуется тем, что руль требуется больше доворачивать в сторону поворота. Боковая составляющая силы инерции при этом оказывается значительно ниже, чем в предыдущих случаях, а этим и обеспечивается более высокая устойчивость и лучшая управляемость при прохождении поворотов на больших скоростях. Такими подруливающими подвесками оснащены многие автомобили – Peugeot 405, Toyota Celica, Ford Mondeo и Focus и др.

Избыточная поворачиваемость (положительная фаза) достигается повернутыми в разную сторону передними и задними колесами. Радиус прохождения поворота оказывается меньшим, нежели заданный поворотом руля,

что актуально для маневрирования на переполненных автостоянках.

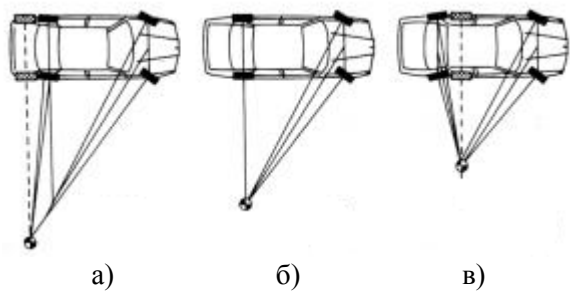


Рис. 1 Фазы положения колес с функцией 4WS: а) нейтральная фаза; б) отрицательная фаза; в) положительная фаза.

С момента появления всеколесного управления на автомобиле главным техническим вопросом, связанным с 4WS, является необходимость определения момента начала поворота задних колес в том или другом направлении. Диапазон изменения углов индивидуального схождения задних колес у разных производителей может различаться и составляет 3...5 градусов.

Любая система управления задними колесами, которая добавляется к рулевому управлению передних колес, должна быть тщательно настроена[4]. Кривая настройки для системы Delphi Quadrateer приведена на рис. 2.



Рис. 2. Функциональная зависимость коэффициента поворота задних колес в зависимости от скорости автомобиля и угла поворота, заданного рулевым колесом.

## Активное и пассивное подруливание

На данном этапе развития автомобилестроения у конструкторов есть возможность создавать подвески, которые могут обеспечивать любую поворачиваемость – нейтральную, избыточную, недостаточную. Термин «пассивно подруливающие» характеризует разновидность задних подвесок, в которых колеса отклоняются на небольшой угол под воздействием повышенных кренов автомобиля при движении в поворотах на больших скоростях (креновая поворачиваемость). При отсутствии кренов, т.е. на малых скоростях, например, в городском режиме движения, они обеспечивают нейтральную поворачиваемость.

Пассивное подруливание встречается также у грузовиков и легковых автомобилей с рессорными задними подвесками. Дело в том, что при кренах кузова в поворотах у таких машин также возникает поворот заднего неразрезного моста на несколько градусов вокруг его вертикальной оси. Подруливание в таких конструкциях может происходить по-разному, создавая как избыточную, так и недостаточную поворачиваемость. Все зависит от формы рессор, степени их деформации и режима движения. Например, при вогнутой форме рессор, передняя точка которых неподвижна, а задняя подвешена на маятнике, проявляется избыточная поворачиваемость. Под нагрузкой рессора, расположенная снаружи поворота, выравнивается, а противоположная, наоборот, еще больше прогибается. Мост при этом поворачивается.

В современных иномарках поворот задних колес обеспечивается введением в конструкцию подвески эластичных податливых сайлент-блоков и подушек, а также особым взаимным расположением рычагов. Первые при больших боковых силах способствуют небольшому «перекосу» заднего моста с попутным выворотом колес, а вторые обеспечивают тот же эффект за счет сложной траектории перемещения в пространстве.

С точки зрения безопасности вышерассмотренный механизм обладает большей надежностью, потому как задние колеса автоматически возвращаются в нулевое положение. Однако подобные конструкции не обладают динамикой изменения параметров в зависимости от условий движения (временные пе-

рекосы, вызванные наездом на препятствие, неравномерная нагрузка на оси и т.д.). Кроме того, интеграция в единую систему управления стабилизацией корпуса и динамикой движения автомобиля крайне затруднительна.

В «активно подруливающих» подвесках задние колеса выворачиваются на небольшой угол в зависимости от поворота руля. Роль передаточного звена могут выполнять механические передачи, гидропривод и электропривод.

Наиболее простую по устройству систему активного 4WS предложила Honda. В ней кинематическая связь между передней и задней рулевыми рейками осуществлялась механическим способом. Перемещением рулевых тяг задних колес заведовал эксцентрик согласующего механизма, заставлявший колеса поворачиваться сначала в одну, а затем по мере увеличения угла поворота руля в другую сторону.

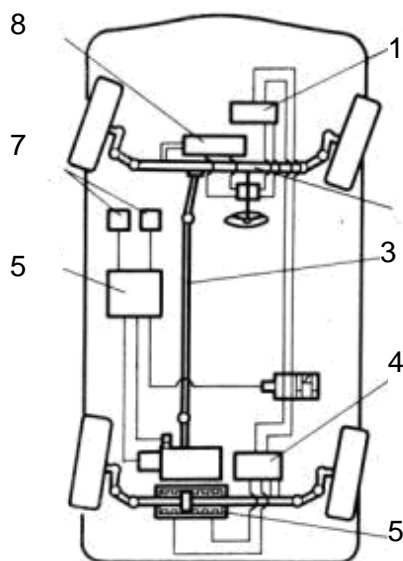


Рис. 3. Электронно-управляемая система 4WS, разработанная компанией Mazda: 1 – гидравлический насос; 2 – гидроусилитель механизма поворота передних колес; 3 – передаточный вал к задним колесам; 4 – блок управляющих клапанов гидросистемы; 5 – гидроусилитель механизма поворота задних колес; 6 – электронный блок управления; 7 – датчики скорости; 8 – гидравлический аккумулятор.

Другие японские компании сразу же пошли по более сложному пути, разработав системы 4WS с гидравлическими исполнительными механизмами, управляемыми, в свою очередь, электронным способом [5]. Работа системы заключается в следующем (рис. 3). Задние колеса получают информацию о повороте передних колес по рулевому валу (3), но поворачиваются посредством гидроусилителя (5) с помощью специального рулевого механизма, встроенного в заднюю подвеску. Управляет работой гидропривода особый электронный блок (6), получающий информацию от датчиков скорости автомобиля (7), углов поворота передних и задних колес, руля и управляющий блоком клапанов гидросистемы (4).

Более перспективной с точки зрения интеграции в общую систему управления автомобилем представляется 4WS с электроприводом (рис.4). Такую схему реализовали французские автопроизводители, применив для управления задними колесами сервопривод [3]. В Renault Laguna GT (2.0 dCI и 2.0 Turbo) электромотор, расположенный на задней оси, приводит в действие рулевые тяги, которые двигают ступицы колес.

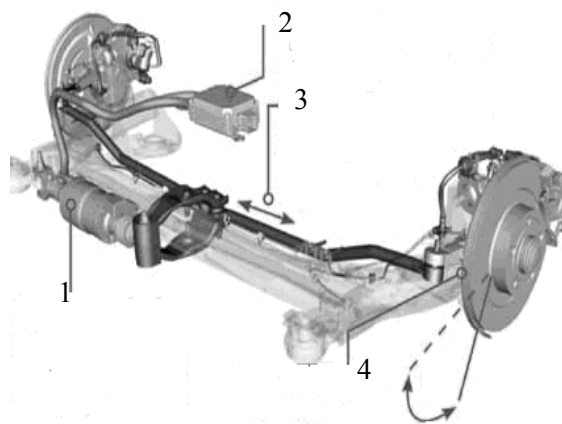


Рис. 4. Система активного подруливания задними колесами Active Drive компании Renault: 1 – сервомотор; 2 – блок управления; 3 – рулевые тяги; 4 – колесная ступица.

### Заключение

Применение технологии активного подруливания задними колесами представляет большой практический интерес с точки зрения контроля за динамикой автомобиля и повышения его курсовой устойчивости. Весьма перспективным представляется переход с

гидравлических схем подруливания задних колес на электроприводные, что, несомненно, позволит упростить конструкцию и улучшить динамические характеристики автомобиля. Применение поворачивающего сервомотора на каждом колесе существенно расширяет диапазон возможностей системы контроля за динамикой автомобиля в целом.

### **Выводы**

Применение подруливающих механизмов для задних колес существенно расширяют возможности интегральной системы управления динамикой движения автомобиля и поддержания его курсовой устойчивости.

Применение «управления по проводам» для задних колес открывает путь к этой идеологии и для передних колес.

Остается нерешенной проблема дублирования активной системы подруливания задних колес в случае выхода ее из строя.

При увеличении скорости автомобиль становится динамичнее, в ходе выполнения объ-

ездных маневров курсовая устойчивость возрастает, вследствие этого поездки получаются намного безопаснее.

Ведущие конструкторы все еще не пришли к общему мнению по поводу алгоритма изменения угла индивидуального схождения задних колес в зависимости от характеристик маневрирования автомобиля.

### **Литература**

1. <http://mercedes-benz.autoexpert.in.ua>
2. [www.auto-motor-und-sport.de](http://www.auto-motor-und-sport.de)
3. <http://www.autobild.ua/test/253>
4. Дэниэлс Д. Современные автомобильные технологии. — М.: АСТ: Астрель, 2007. — 223 с.
5. <http://www.autogazeta.com/index.phtml>

Рецензент: А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20 октября 2011 г.