



УДК 629.114.2.075

РАЗВИТИЕ НОВЫХ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Петров В.О., к.т.н.

Петров А.В., инженер

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 43-45-94

Аннотация – в работе проведен анализ развития систем рулевого управления, показана перспективность электромеханических усилителей и предложен способ синтеза нетрадиционных рулевых управлений за счет их использования в качестве асинхронного сервопривода.

Ключевые слова – управление по положению, автопилот, электромеханический усилитель рулевого управления (ЭМУР), сервопривод, двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

Постановка проблемы. Традиционные системы рулевого управления мобильных машин достаточно просты, но способ управления объектом, который является интегратором с переменной скоростью накопления довольно сложен и мешает водителю точно и быстро управлять направлением движения машины.

Основные недостатки:

- С ростом скорости чувствительность руля линейно нарастает, ошибка слежения растет квадратично и на повышенных скоростях система работает на границе устойчивости. Попытка снизить чувствительность за счет передаточного отношения рулевого привода резко ухудшает маневренность машины.

- Время реакции водителя лежит в пределах 0,3 – 0,4 сек., что обусловлено сложностью прогнозирования «поведения» интегратора.

Есть необходимость конструктивного воплощения новых концептуальных решений [1,2,3] без значительных усложнений современных систем рулевых управлений.

Анализ последних исследований и публикаций. На данном этапе развития транспортного машиностроения ведущие мировые производители транспорта, как правило, выпускали, оборудованные гидро-

усилителями рулевого управления. Однако в последние годы гидроусилители все чаще стали заменяться электроусилителями [1].

Электромеханический усилитель рулевого управления - совершенно новое направление в рулевом управлении автомобилей и будет являться основным при разработке и оснащении новых перспективных моделей. Появление электроусилителя устраняет необходимость в насосе гидроусилителя, шлангах, гидравлических жидкостях, приводном ремне и шкиве на двигателе. В результате рулевой привод с электрическим усилителем экономит энергию и улучшает экологию окружающей среды, в то же время, по сравнению с гидроусилителем, обладает рядом преимуществ:

- упрощенная настройка;
- адаптивность в компоновке;
- независимое от ДВС рулевое управление;

Технологичность конструкции - электроусилитель рулевого управления (ЭМУР) монтируется на автомобиле одним узлом, без вторжения в моторный отсек. В то время как гидроусилитель должен иметь насос, приводимый от двигателя через шкивы и ремень, масляные трубопроводы, что требует большой трудоемкости в производстве и эксплуатации.

Электроусилитель по сравнению с гидроусилителем позволяет экономить 3-5% топлива, так как он требует затрат энергии в основном в парковочных и низкоскоростных режимах и только в процессе вращения рулевого колеса. ЭУР позволяет регулировать величину помощи в зависимости от скорости автомобиля и скорости вращения руля, что улучшает информативность рулевого управления и тем самым повышает безопасность движения.

Стоимость электроусилителя примерно в 2 раза ниже по сравнению с гидроусилителем.

Формирование целей статьи. Среди электромеханических усилителей руля можно провести следующую классификацию по наличию, либо отсутствию механической связи между рулевым колесом и рулевым механизмом:

- **традиционные**, встраиваемые в рулевое управление в качестве вспомогательных механизмов (к данному типу относятся все известные на данный момент промышленно выпускаемые ЭМУР), и

- **системы «управления по проводу» (steer-by-wire)**, в составе которых отсутствует механическая связь рулевого колеса с управляемыми колесами автомобиля.

Системы «управления по проводу» в настоящий момент находятся на стадии концептуальных разработок и на потребительском рынке отсутствуют.

Актуальность нетрадиционных рулевых управлений повышающих управляемость транспортных средств показана в работе [2]:

- рулевое управление с постоянной чувствительностью (на разных скоростных режимах) [3];
- рулевое управление по положению (гибрид обычного управления с автопилотом) [4].

Использование ЭМУР в таких рулевых управлениях, требует реализацию системы «управления по проводу» (steer-by-wire).

Основная часть. Конструктивно электроусилитель выполнен на основе трехфазного реактивного индукторного двигателя (РИД), имеющего за рубежом аббревиатуру SRM. Характерной особенностью такого двигателя является отсутствие обмоток на зубчатом роторе. Статорная обмотка выполнена в виде катушек, охватывающих полюса, и питается однополярными импульсами от электронного блока по сигналам датчика положения ротора. Достоинствами усилителя с РИД являются повышенная надежность, обусловленная конструктивной простотой РИД и практически отсутствием потерь мощности в роторе. Кроме двигателя, в состав электроусилителя входит многозаходный червячный редуктор и датчик момента руля, который выдает напряжение с учетом направления вращения, пропорциональное усилию на рулевом колесе.



Рис. 1. Внешний вид и основные части усилителя: 1 - многозаходный червячный редуктор; 2 - индукционный датчик передаваемого момента; 3 - торсион; 4 - ротор электродвигателя; 5 - датчик положения ротора (диск с прорезами).

Электроусилитель рулевого управления является составной частью системы электромеханического усилителя рулевого управления, состоящей из следующих основных компонентов (рис. 2):

- электромеханизма с электронным блоком управления ЭМУ (контролер);
- датчика скорости движения автомобиля;
- датчика оборотов двигателя;
- жгутов проводов системы;
- индикатора неисправности ("отказ") системы.

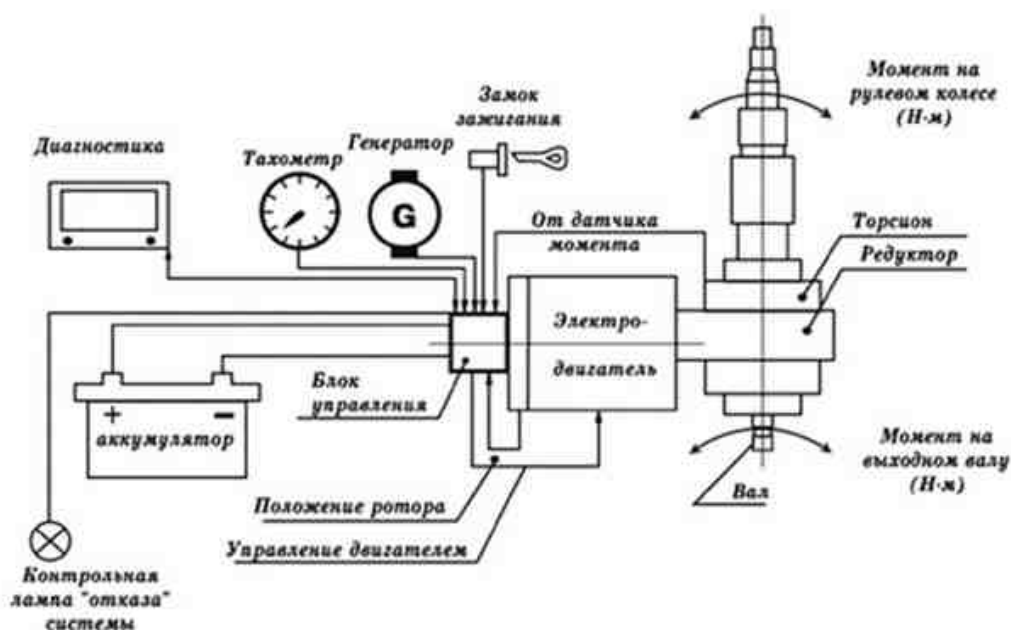


Рис. 2. Структурная схема системы электромеханического усилителя руля.

Основные технические характеристики электроусилителя:

- напряжения питания (номинальное) - 12 В;
- максимальный компенсирующий момент - 35 Нм;
- максимальный ток потребления - 50 А;
- ток потребления (усилие на рулевом колесе приложено, выходной вал усилителя заблокирован) - не более 15 А;
- масса электроусилителя вместе с рулевой колонкой - 9 кг.

Анализ конструкции ЭМУР показал, что есть техническая возможность его преобразования в асинхронный сервопривод. Для этого следует добавить дополнительный блок управления, оснащенный группой датчиков контроля режима движения и позиционирования транспортного средства, а так же автономным задатчиком управляющего воздействия. Этот дополнительный надблок управления использует в своей работе сигналы датчиков серийных:

- крутящего момента;
- положения ротора;
- скорости транспортного средства.

Усовершенствованная схема имеет более сложную структуру (рис. 3):

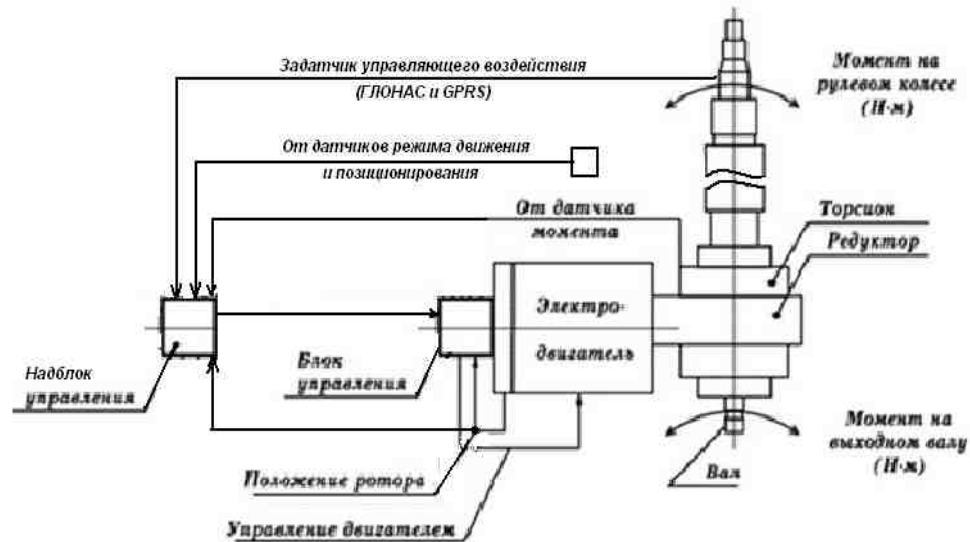


Рис. 3. Преобразованная схема сервопривода на базе ЭМУР.

Использование ЭМУР в качестве асинхронного сервопривода позволяет организовать:

- «управление по проводу» (steer-by-wire) в случае разрыва кинематической связи между рулем и ЭМУР;
- тактильное управление (генерация подсказки в виде крутящего момента на рулевом колесе).

Для оценки управляемости новых рулевых управлений (РУ) проведены исследования по методике «Интерактивного моделирования» [6].

Результаты исследований показали:

- РУ с постоянной чувствительностью позволяют сочетать высокую маневренность и точность отслеживания траектории;
- РУ по положению обеспечивает на порядок более высокую точность и дает возможность снизить передаточное отношение рулевого привода (маневренность), а также выход из заноса.

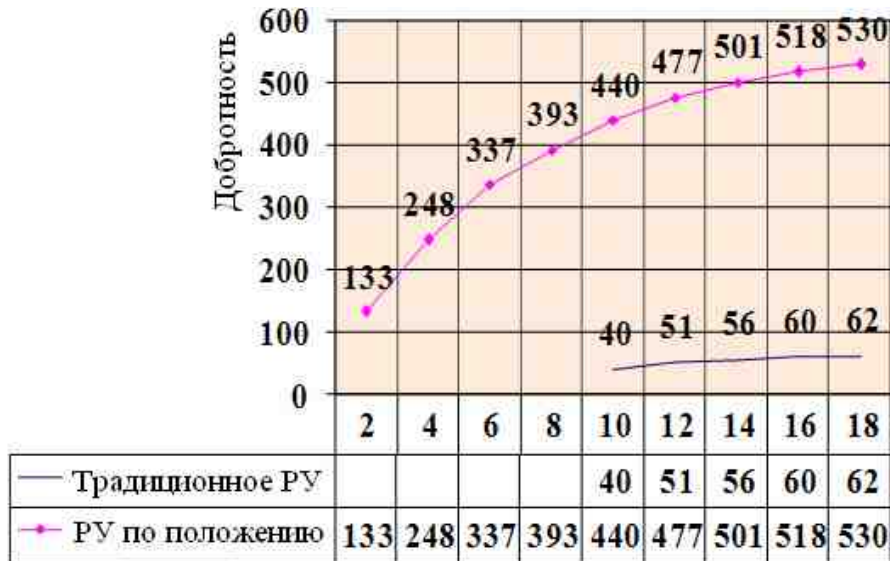


Рис. 4. Диаграмма добротности РУ от передаточного отношения при скорости 25 км/ч.

Следует отметить, что добротность системы управления по положению с ростом скорости остается постоянной, ошибка отслеживания траектории растет линейно, а не квадратично как у традиционного РУ.



Рис. 5. Зависимость добротности от скорости движения транспортного средства (км/ч).

Выводы. Использование ЭМУР по схеме сервопривода в сочетании с надсистемой управления позволит значительно улучшить управляемость транспортных средств.

Использование современных систем позиционирования, а также спутниковых систем ГЛОНАСС и GPRS в качестве надсистем управления открывает возможность роботизации мобильных машин.

Литература

1. ООО НПП "АВЭМ" и ООО "Авиаагрегат-Н". Электромеханический усилитель рулевого управления [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.avem.ru/production/avtoelektro/euru> .
2. *Петров А.В.* Впровадження керування «по положенню» в конструкціях рульових управлінь мобільних машин / *А.В. Петров.* - Вісник Дніпропетровського Державного Аграрного Університету, - 2009, спецвипуск №2-09. - С. 271-273.
3. Пат. № 36231 Україна МПК⁶ F42В 12/00 . Система гідроб'ємного керування з постійною чутливістю/ В.О. Петров, М.М. Луб'яний, А.В. Петров, А.М. Бондар, В.В. Довгаль. - u200800229; заявл. 22.11.1999; опубл.27.10.2008 Бюл. №20 .
4. Пат. № 59651 України, МПК⁹ В62D 1/00. Спосіб керування транспортним засобом по положенню/ А.В. Петров. - u201013097; заявл. 04.11.2010; опубл. 25.05.2011 Бюл. №10 .

РОЗВИТОК НОВИХ РУЛЬОВИХ КЕРУВАНЬ НА БАЗІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Петров В.О., Петров А.В.

Анотація – в роботі наведено аналіз розвитку систем рульового керування, показана перспективність електромеханічних підсилювачів та запропоновано спосіб синтезу нетрадиційних рульових керувань за рахунок їх використання в якості асинхронного сервоприводу.

DEVELOPMENT OF NEW STEERING BASED ELECTROMECHANICAL POWER

V. Petrov., A.Petrov

Summary

The paper analyzes the development of steering systems, electromechanical power perspectivity and a method for the synthesis of non-conventional steering controls through their use as an asynchronous servo.