

УДК 629.33:004.8

**О. Я. НИКОНОВ**, д-р техн. наук, проф. ХНАДУ, Харьков;  
**А. И. СЕРЕДИНА**, аспирант ХНАДУ

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА В АВТОМОБИЛЕ**

В статье рассмотрены перспективы использования электрического привода в автомобиле. Описан комплексный подход к созданию информационно-коммуникационно-управляющей системы автомобиля на примере подсистемы парковочного автопилота.

**Ключевые слова:** электропривод, парковочный автопилот, блок управления, информационно-коммуникационно-управляющая система, автомобиль.

**Введение.** В настоящее время наблюдается интенсивное развитие и практическое использование электрического привода в системах и агрегатах автомобиля. Это стеклоочистители, электрозамки, электростеклоподъемники, вентиляторы системы кондиционирования и отопления салона (климат-контроль), 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. Актуальной является задача повышение энергоэффективности автомобильного электрического привода и объединение таких узлов и агрегатов как подсистем в рамках информационно-коммуникационно-управляющей системы всего автомобиля. Это позволит повысить надёжность, быстродействие, долговечность узлов и агрегатов автомобиля и самого автомобиля в целом.

**Анализ основных достижений и литературы.** Решению вышеописанной задачи посвящены работы многих исследователей [1-4]. Однако в этих источниках рассматриваются отдельные узлы и агрегаты автомобиля с электроприводом, т.е. отсутствует комплексный подход к созданию информационно-коммуникационно-управляющей системы автомобиля.

**Цель исследования, постановка задачи.** Целью работы является создание комплексного подхода к построению энергоэффективных автомобильных электрических приводов в рамках единой информационно-коммуникационно-управляющей системы на основе новейших информационных технологий, включающих в себя аппарат многослойных искусственных нейронных сетей, нечёткой логики и методов эволюционного моделирования. Использование информационно-коммуникационно-управляющей системы с единым информационным каналом позволит повысить эффективность создания, хранения, управления и обработки информации, уменьшить количество вспомогательных микроконтроллеров, датчиков, что в свою очередь позволит повысить надёжность, быстродействие, долговечность узлов и агрегатов автомобиля в целом.

**Материалы и результаты исследований.** Работу информационно-коммуникационно-управляющей системы рассмотрим на примере подсистемы парковочного автопилота фирмы Volkswagen. Парковочный автопилот фирмы Volkswagen оказывает активную помощь водителю при парковке автомобиля. Он разработан на базе парковочного ассистента, который помогает водителю оценить расстояние до других припаркованных автомобилей или до препятствий, используя ультразвуковые датчики и акустический предупредительный индикатор. Дальнейшим шагом в развитии ассистентов стало применение камеры заднего вида и Optical Parking

© О. Я. Никонов, А. И. Середина, 2013

System, которая не просто фиксирует, находится ли препятствие перед автомобилем или за ним, но и определяет его положение в зоне распознавания. Но при использовании всех этих систем процесс рулевого управления при парковке всё же осуществляется водителем. Они лишь помогают водителю в обзоре пространства вокруг автомобиля и оценке расстояния до препятствий. Парковочный автопилот осуществляет не только осмотр пространства вокруг автомобиля, но и самостоятельно поворачивает руль при парковке автомобиля задним ходом. Водителю остаётся только управление педалями акселератора, сцепления или тормоза. Однако в любой момент времени водитель может взять на себя контроль рулевого управления и прервать процесс автоматической парковки.

Оснащение автомобиля парковочным автопилотом требует наличия следующих технических предпосылок:

- 1) электромеханического усилителя рулевого управления;
- 2) тормозной системы с ESP.

Парковочный автопилот выполняет следующие функции:

1) функцию парковочного ассистента, называемую также системой контроля дистанции при парковке (PDC), который имеется и в автомобилях без парковочного автопилота;

2) функцию руления для активного процесса парковки.

При помощи ультразвуковых датчиков в передней и задней части автомобиля (по 4 датчика) система оценивает расстояние до объекта, находящегося перед автомобилем или за ним. Если автомобиль приближается к объекту на определённое расстояние, то раздаётся предупредительный акустический сигнал. Если установлен только парковочный ассистент, то регулирование функции PDC осуществляет блок управления парковочного ассистента J446. Как правило, он расположен в багажнике.

Для того чтобы при поиске свободного места для стоянки охватывать пространство сбоку автомобиля, парковочный автопилот, наряду с датчиками PDC, имеет дополнительно по одному ультразвуковому датчику в передней части кузова на каждой стороне автомобиля.

Рассмотрим компоненты системы и места их установки. Впервые парковочный автопилот был применён на автомобиле Touran 2007. Блок управления парковочного автопилота J791 находится в передней панели с левой стороны от рулевой колонки. Он обеспечивает работу системы контроля дистанции при парковке, а также выполнение функции руления при парковке; блок подключён к шине CAN-Привод. Если автомобиль оснащён парковочным автопилотом, то блок управления парковочного ассистента не устанавливается. Из-за разных компоновочных условий на различных типах автомобилей места установки компонентов системы, особенно блоков управления, могут быть различными.

Парковочный автопилот является примером взаимодействия различных систем автомобиля с использованием коммуникаций по шине CAN для выполнения комплексной функции, как, например, активного руления при парковке.

Наряду с парковочным автопилотом задействованы следующие подсистемы:

- 1) электромеханический усилитель рулевого управления;
- 2) тормозная система с ABS и ESP;
- 3) управление двигателем и коробкой передач;
- 4) электроника приборной панели и рулевой колонки;
- 5) система распознавания прицепа (при наличии);

Приведённый ниже рисунок (рис. 1) на примере этого автомобиля даёт представление о расположении деталей, которые необходимы для реализации парковочным автопилотом функций парковочного ассистента и активного руления при парковке.



Рисунок 1 – Схема расположения элементов парковочного автопилота

Наличие электромеханического усилителя рулевого управления является основным условием для установки парковочного автопилота, т.к. его электродвигатель является одним из основных исполнительных органов автопилота.

Эта система позволяет блоку управления парковочного автопилота производить активное и самостоятельное руление, используя для этого электрический привод усилителя рулевого управления.

Электромеханический усилитель рулевого управления является альтернативой гидравлическому усилителю рулевого управления. Он состоит из рулевого механизма с электродвигателем электрического усилителя рулевого управления, датчика момента поворота рулевого колеса и блока управления усилителя рулевого управления.

Отличительным признаком этого усилителя рулевого управления является наличие в механическом приводе рулевого механизма двух ведущих шестерён.

Блок управления электромеханического усилителя рулевого управления расположен непосредственно на электродвигателе, что позволяет избежать затрат на прокладку дополнительных проводов. Блок управления получает от датчика угла поворота рулевого колеса информацию о положении рулевого колеса и скорости, с которой водитель его поворачивает. Датчик передаёт данные непосредственно по шине CAN-Привод; этот сигнал также используется блоком управления ESP.

Усилитель рулевого управления начинает работать, когда водитель поворачивает рулевое колесо. Крутящий момент, развиваемый водителем, скручивает торсион в электромеханическом усилителе рулевого управления. При этом датчик момента рулевого управления подаёт сигнал на блок управления усилителя рулевого управления.

Параллельно с этим процессом и используя данные, поступающие от датчика угла поворота рулевого колеса, блок управления рассчитывает фактическое положение рулевого колеса и скорость, с которой водитель его поворачивает. На основании анализа всех поступивших данных блок управления определяет необходимый вспомогательный крутящий момент. На основании заданных характеристик блок управления подаёт управляющий сигнал на электродвигатель, который передаёт необходимый дополнительный момент через рулевой механизм на рулевые тяги.

Рассмотрим принцип работы парковочного автопилота.

Процесс парковки с использованием парковочного автопилота можно разделить на четыре этапа:

- 1) активирование парковочного автопилота;
- 2) поиск подходящего свободного места на стоянке;
- 3) парковка с использованием функции руления;
- 4) завершение процесса парковки.

Рассмотрим подробно каждый этап парковки с использованием парковочного автопилота.

1. Парковочный автопилот имеет функции парковочного ассистента и руления при парковке. Включение и выключение этих функций осуществляется двумя разными кнопками. Активная функция отображается на многофункциональном дисплее комбинации приборов, также загорается контрольная лампа в кнопке. Сначала водитель должен решить, будет ли он самостоятельно парковать автомобиль, пользуясь при этом системой контроля дистанции при парковке, или это сделает парковочный автопилот задним ходом, предоставив водителю управление только педалями акселератора, сцепления и тормоза. Далее водитель должен выбрать, будет ли он парковаться задним ходом к правой стороне дороги или же парковка будет произведена к левой

стороне дороги (например, при движении по улице с односторонним движением). Также имеется возможность самостоятельно припарковать автомобиль, а парковочный автопилот использовать лишь для поиска подходящего свободного места на парковке. В этом случае следует отключить систему по окончании цикла измерения.

2. Измерение размеров подходящего свободного места на парковке осуществляется при помощи ультразвуковых датчиков, расположенных по обеим сторонам автомобиля. Измерение проводит передний правый датчик парковочного автопилота (правая сторона автомобиля). Для проведения измерения свободного места на парковке скорость автомобиля не должна превышать 30 км/ч. На скорости от 30 до 45 км/ч датчики парковочного автопилота отключаются. В этом случае система переходит в режим Standdbu, поскольку считает, что процесс поиска прерван и будет продолжен в другом месте. При скорости движения выше 45 км/ч парковочный автопилот отключается полностью, при необходимости его следует активировать заново. Когда скорость движения становится ниже 30 км/ч, а расстояние до припаркованных автомобилей составляет от 0,5 до 1,5 м, парковочный автопилот начинает поиск подходящего места для парковки на правой стороне дороги. Результат измерения отображается на дисплее, в комбинации приборов появляется стилизованное изображение автомобиля и края дороги.

3. Водитель запускает процесс автоматической парковки следующим образом: на стоящем автомобиле он включает передачу заднего хода, нажимает на педаль акселератора и отпускает педаль тормоза. При этом водитель не должен поворачивать рулевое колесо. Соответствующая индикация на дисплее комбинации приборов указывает лишь на то, что включён режим автоматического руления, и водитель должен следить за обстановкой вокруг автомобиля, чтобы в случае опасности прервать процесс парковки или завершить его вручную.

Процесс парковки автомобиля задним ходом распределен блоком управления парковочного автопилота на пять этапов. Это необходимо потому, что система не имеет возможности непосредственного визуального контроля для реагирования на индивидуальное развитие процесса. Сначала колёса приводятся в положение прямолинейного движения, и автомобиль немного проезжает назад, как только водитель нажимает на педаль акселератора и отпускает педаль тормоза. Затем от блока управления парковочного автопилота на блок управления усилителя рулевого управления поступает сигнал о том, что колёса необходимо повернуть вправо. При этом автомобиль задним ходом въезжает в свободное место на парковке под углом к линии припаркованных автомобилей. Водитель должен следить за тем, чтобы скорость движения не превышала 7 км/ч. При превышении этого значения система автоматически прерывает процесс парковки. Используя данные о дистанции от ультразвуковых датчиков и сигналы, поступающие от датчика угла поворота рулевого колеса, парковочный автопилот контролирует положение автомобиля в свободном пространстве между припаркованными автомобилями и, руководствуясь записанными в память блока управления сегментами движения, определяет, с какого момента колёса необходимо вновь привести в положение прямолинейного движения, чтобы продолжить въезд на место для парковки. По окончании этого третьего этапа движения колёса поворачиваются влево (четвёртый этап) для того, чтобы автомобиль мог въехать на парковочное место. Автомобиль заезжает в свободное пространство и встаёт параллельно к проезжей части. При уменьшении расстояния до объекта за автомобилем до минимального безопасного значения раздаётся звуковой сигнал, как и при работе парковочного ассистента.

4. Если автомобиль припаркован не параллельно бордюру или стене, то парковочный автопилот распознаёт эту ситуацию. Теперь, при стоящем автомобиле, водитель должен выключить передачу заднего хода, подождать до тех пор, пока колёса установятся в положение прямо, и включить первую передачу. Теперь автомобиль должен проехать немного вперёд до тех пор, пока индикатор на дисплее не укажет на завершение процесса парковки.

Авторами разработана оригинальная структурная схема парковочного автопилота в рамках единой информационно-коммуникационно-управляющей системы автомобиля, позволяющая повысить эффективность создания, хранения, управления и обработки информации, уменьшить количество вспомогательных микроконтроллеров и датчиков. Проведено моделирование в среде Matlab и получены соответствующие результаты. На рис. 2 приведена структурная схема электродвигателя независимого возбуждения, представленного в виде реального интегрирующего звена с внутренней обратной связью. На рис. 3 представлены переходные процессы разработанной замкнутой системы с переменной структурой (законом управления) для оптимальных параметров регулятора. Величина перерегулирования  $\varphi_{\sigma}(t)$  составила 0.4%.

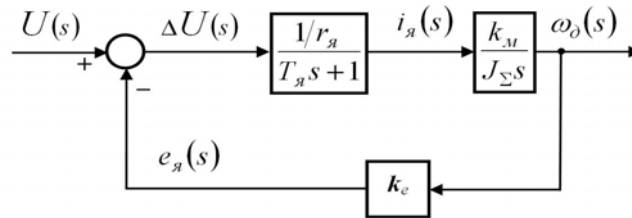


Рисунок 2 – Структурная схема электродвигателя независимого возбуждения

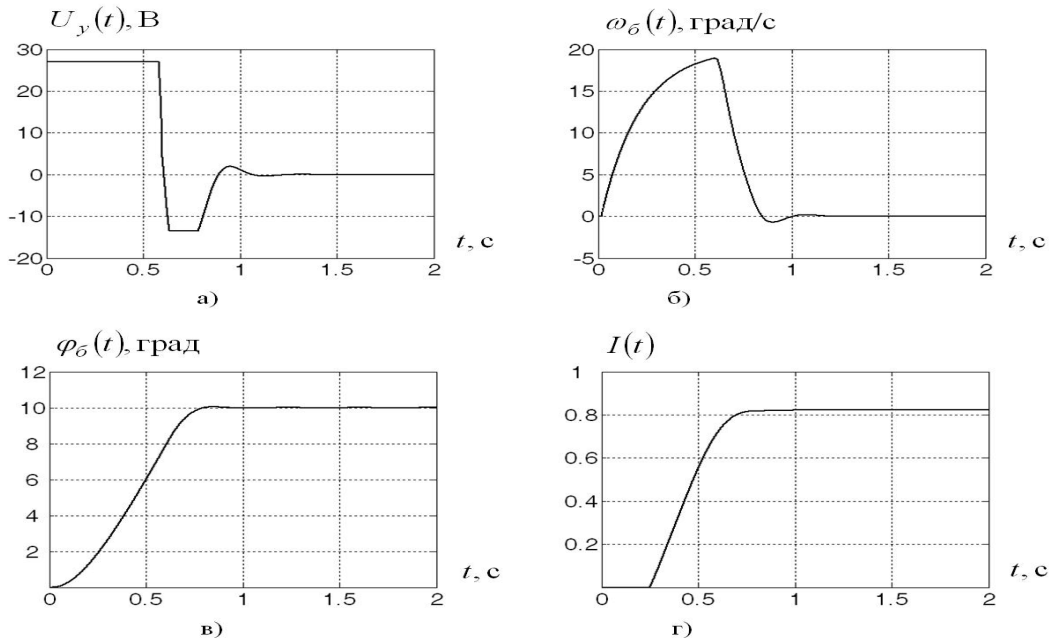


Рисунок 3 – Переходные процессы замкнутой системы с переменной структурой (законом управления) для оптимальных параметров регулятора: по напряжению управления  $U_y(t)$  (а), угловой скорости  $\omega_о(t)$  (б), угла поворота  $\varphi_о(t)$  (в), целевой функции  $I(t)$  (г)

**Выводы.** В работе исследованы перспективы использования электрического привода на автомобиле на примере подсистемы парковочного автопилота. Предварительные результаты исследований позволяют судить об эффективности использования электрического привода на автомобиле интегрированного в единую информационно-коммуникационно-управляющую систему. В перспективе планируется создание экспериментального стенда автомобильных электрических приводов и изучение особенностей их интеллектуального управления.

**Список литературы:** 1. Информационные технологии на автомобильном транспорте / [Власов В. М., Николаев В. Б., Постолит А. В. и др.] – М.: МАДИ (ГТУ), 2006. – 283 с. 2. Говорущенко Н. Я., Туренко А. Н. Системотехника транспорта. – Харьков: ХГАДТУ, 1998. – 255 с. 3. Телематика на транспорте / П. Пржибыл, М. Свитек; под ред. В. В. Сильянова. – М.: МАДИ(ГТУ), 2003. – 540 с. 4. Алексієв В. О. Управління розвитком транспортних систем. Автоматика, телематика та мехатроніки на автомобільному транспорті. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 268 с.

*Поступила в редколлегию 13.05.2013*

УДК 629.33:004.8

**Перспективы использования электрического привода в автомобиле / О. Я. Никонов, А. И. Середина // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 30 (1003). – С. 16–22. – Бібліогр.: 4 назв.**

У статті розглянуто перспективи застосування електричного приводу в автомобілі. Описано комплексний підхід до створення інформаційно- комунікаційно-керуючої системи автомобіля на прикладі підсистеми паркувального автопілоту.

**Ключові слова:** електропривід, паркувальний автопілот, блок керування, інформаційно-комунікаційно-керуюча система, автомобіль.

The prospects for the use of electric drive in the car is considered. Integrated approach to the development of information-communication-control system on the example of the car parking autopilot subsystem is described.

**Keywords:** electric drive, parking autopilot, control unit, information-communication-operating system, car.