

## УПРАВЛЕНИЕ КРУТЯЩИМ МОМЕНТОМ ЧЕТЫРЕХКОЛЕСНОГО СТУПИЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Shuai Leng, Liqiang Jin

*College of Automotive Engineering, Jilin University, Changchun, China*

Из-за нелинейной связи и неопределенности параметров нового энергетического четырехколесного ступичного двигателя сложно контролировать его крутящий момент. Для решения этой задачи предложен метод управления крутящим моментом, основанный на алгоритме распределения. Построена динамическая модель нового двигателя, в которой неизмеримые потоки, электрическая мощность и другие переменные вводятся в соответствии со степенью свободы тела. В качестве объекта исследования рассматривается четырехколесный ступичный двигатель, в качестве цели выбрана оптимальная эффективность системы привода, а алгоритм распределения используется для управления электромагнитным моментом двигателя. Результаты моделирования показывают, что при данном управлении дальность движения увеличивается, амплитуда потока статора изменяется незначительно, ток статора варьируется, стабильность скорости двигателя хорошая, а эффект управления крутящим моментом улучшается.

**Ключевые слова:** динамическая модель, управление крутящим моментом, алгоритм распределения, четырехколесный ступичный двигатель.

### Введение

Прошлый век – золотой век для автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Однако необходимы, с одной стороны, новые технологии для снижения потребления топлива и выбросов, с другой, разработки новых транспортных средств для снижения зависимости от ископаемого топлива [1].

В Китае правительство выпустило «12-й пятилетний план» по развитию науки и техники в области новых энергетических транспортных средств и предоставило субсидии покупателям электромобилей [2].

Естественно, что производительность транспортного средства тесно связана с производительностью его двигателя, поэтому появился новый энергетический четырехколесный ступичный двигатель [3]. Он фактически объединяет системы управления и торможения. Каждое колесо приводится в движение независимым двигателем, обеспечивая его мощность. По сравнению с традиционным двигателем ступичный двигатель имеет большие технические преимущества [4].

Несмотря на преимущества, технически узкие места сталкиваются с большими проблемами. Основными причинами являются отсутствие достаточного пробега и длительность времени зарядки. В краткосрочной перспективе трудно ожидать большой прорыв в технологии батарей, поэтому необходима технология энергосбережения, чтобы преодолеть отсутствие достаточного пробега. При этом распределение крутящего момента является важным способом энергосбережения. Поскольку основная движущая составляющая гибридного электромобиля исходит от двигателя внутреннего сгорания, постольку распределение электрической составляющей не рассматривалось. С развитием новых транспортных средств начали изучать распределение крутящего момента. Например, авторы работы [5] предложили метод управления крутящим моментом нового четырехколесного ступичного двигателя на основе пространственного вектора.

Этот метод использует стратегию пространственной векторной модуляции для управления крутящим моментом с двойным замкнутым контуром PI-структуры управления потоком и крутящим моментом при ориентации магнитного поля статора. Однако данный метод имеет недостаток – слишком длительное время управления, а фактический эффект низкий. В [6] предложен метод управления крутящим моментом, основанный на переменной структуре режима скольжения. Этот метод направлен на решение проблем большой пульсации потока, крутящего момента и нестабильной частоты переключения инвертора в процессе управления крутящим моментом традиционного двигателя. Стратегия управления переменной структурой вводится для нескольких контроллеров скользящего режима. На этой основе метод широтно-импульсной модуляции пространственного вектора используется для управления крутящим моментом. Однако установлено, что данный метод имеет нестабильность управления и другие проблемы. Поскольку новый двигатель имеет характеристики нелинейной сильной связи и неопределенности параметров, то управление

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>