

Е.П. СЕНЬКИВ, магистрант гр.5АМ65 (НИТПУ), К.В. ИВАНОВ, магистрант
гр.5ГМ51 (НИТПУ)

Научный руководитель Г.И. ОДНОКОПЫЛОВ, к.т.н., доцент (НИТПУ)
г. Томск

ОСОБЕННОСТИ ГИБРИДНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОМ АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Автопроизводители в настоящее время не редко прибегают к совместному использованию электродвигателя и двигателя внутреннего сгорания (ДВС), что дает возможность оберечься от работы ДВС в режиме не больших нагрузок, а также при повышении топливной эффективности силовой установки, реализовывать рекуперацию кинетической энергии. Не менее распространённый вид гибридов—автомобили, в которых, ДВС совмещен с двигателями, работающими на сжатом воздухе. [1]

Преимуществом таких электромобилей является: улучшенные ходовые характеристики, экономная эксплуатация, обычная заправка топливом, экологическая чистота, увеличение дальности пробега, сохранение и повторное использование энергии. Недостатки: высокая сложность, утилизация аккумуляторов, подогрев салона, опасность для пешеходов (из-за своей бесшумности). [1]

Одним из основных элементов электромобиля является – электродвигатель, который служит для создания необходимого для движения крутящего момента. В качестве тягового электродвигателя используют трехфазные асинхронные электрические машины переменного тока мощностью от 15 до 200 и более кВт. ДВС электродвигатель имеет высокую эффективность и меньшие потери энергии. КПД электродвигателя составляет 90% против 25% у ДВС. [2]

Живучесть в электроприводе возможна быть обеспечена при рассмотрении трехфазного АД, как система мехатронной с ненагруженным резервом. При возникновении аварийной ситуации, т.е. в одной из фаз АД может

быть переведен в двухфазный режим работы с возможностью ее реализацией алгоритма восстановления работоспособности. [2]

Основными преимуществами электродвигателя являются: реализация максимального крутящего момента во всем диапазоне скоростей; возможность работы в двух направлениях без дополнительных устройств; простота конструкции, воздушное охлаждение; возможность работы в режиме генератора. [3]

Функциональные возможности отказоустойчивого асинхронного электропривода для гибридного транспортного средства.

Асинхронный трехфазный двигатель подключен к преобразователю частоты, выполненному по мостовой схеме на шести ключах и подключенному по цепям питания к накопителю электрической энергии. В этом случае в рабочем трехфазном режиме создается круговое вращающееся поле и в обмотках двигателя протекают трехфазные токи с фазовым сдвигом $2\pi/3$. [4]

При обрыве обмотки статора в приводном двигателе или отказе одного из ключа в преобразователе частоты приводного двигателя круговое вращающееся поле рабочего двигателя, после аварии становится пульсирующим с нулевым вращающим моментом, так как процесс формирования трехфазных токов зависит от протекающего тока в соседней фазе двигателя. В двух работоспособных фазах, токи будут иметь весьма похожую амплитуду с фазовым сдвигом π . При подключении нулевого провода асинхронных двигателей выходным напряжениям бортового источника электрической энергии в трехфазном рабочем режиме, также будут формироваться трехфазные токи, но протекание токов в каждой фазе теперь не будет зависеть от соседней фазы. И при потере работоспособности одной из фаз в двух оставшихся фазах будут формироваться двухфазные токи с фазовым сдвигом $2\pi/3$. Поле в зазоре электрической машины будет эллиптическим. Активная мощность двигателя упадет на 33% и эллиптическое поле не обеспечит равномерности вращения двигателя, но будет обеспечена ограниченная функциональность с формированием свойства живучести привода колеса. При соответствующем снижении на 33% мощности в соседнем приводе колеса управляемость транспортного средства будет восстановлена. Функциональная схема представлена на рис.1. [4]

Работа отказоустойчивого гибридного транспортного средства. Водитель транспортного средства с пульта 10 (ПУ) съемным ключом зажигания подает на бортовой компьютер 9 (МК), сигнал включения бортового источника 1 (ИЭЭ) электропитания гибридного транспортного средства. Режим движения. При этом бортовой компьютер 9 (МК) подает управляющий сигнал на преобразователь 3 (ПЭЭ) для его подключения к силовым аккумуляторам накопителя 2 (НЭЭ) и преобразования постоянного напряжения указанных аккумуляторов в переменное трехфазное напряжение. Далее водитель включает направление движения транспортного средства рычагом «вперед-назад». При этом бортовой компьютер 9 (МК) выдает сигнал на электронный преобразователь 3.1 (ПЭЭ) для переключения статорных обмоток двигателей 6 (АД) в выбранное направление вращения привода колес 4.1 (ПК). Затем водитель педалью скорости движения транспортного средства задает через бортовой компьютер 10 (ПУ) на электронный преобразователь 3.1 (ПЭЭ) частоту трехфазного напряжения, пропорциональную скорости вращения привода колес 4.1 (ПК). При этом

трехфазное напряжение заданной частоты электронного преобразователя 3.1 (ПЭЭ) подается одновременно на статорные обмотки двигателей 6 (АД), передних и/или задних колес 4.1 (ПК) в зависимости от выбранного водителем режима движения исходя из качества дороги и скоростных ограничений.

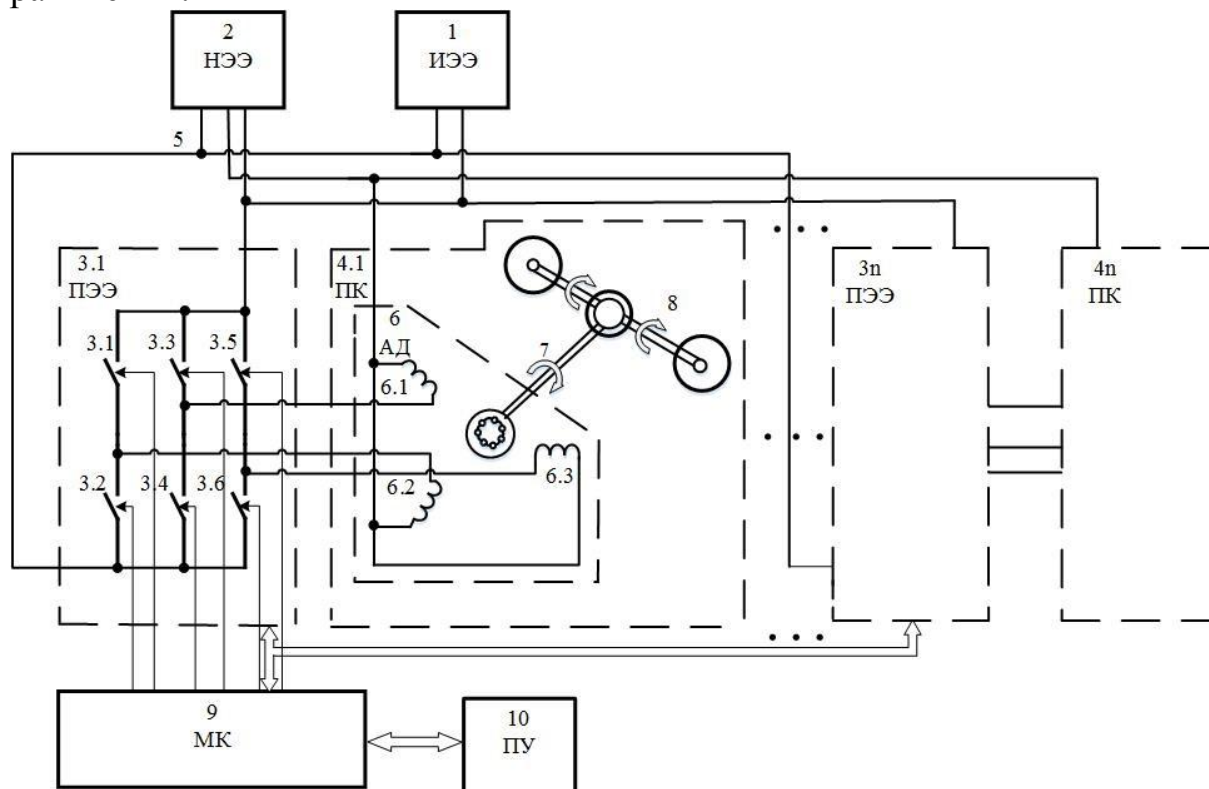


Рис.1 – Функциональная схема отказоустойчивого гибридного транспортного средства с одним приводом и дифференциальной передачей на два ведущих колеса

Работа отказоустойчивого гибридного транспортного средства.

Водитель транспортного средства с пульта 10 (ПУ) съемным ключом зажигания подает на бортовой компьютер 9 (МК), сигнал включения бортового источника 1 (ИЭЭ) электропитания гибридного транспортного средства. Режим движения. При этом бортовой компьютер 9 (МК) подает управляющий сигнал на преобразователь 3 (ПЭЭ) для его подключения к силовым аккумуляторам накопителя 2 (НЭЭ) и преобразования постоянного напряжения указанных аккумуляторов в переменное трехфазное напряжение. Далее водитель включает направление движения транспортного средства рычагом «вперед-назад». При этом бортовой компьютер 9 (МК) выдает сигнал на электронный преобразователь 3.1 (ПЭЭ) для переключения статорных обмоток двигателей 6 (АД) в выбранное направление вращения привода колес 4.1 (ПК). Затем водитель педалью скорости движения транспортного средства задает через бортовой компьютер 10 (ПУ) на электронный преобразователь 3.1 (ПЭЭ) частоту трехфазного напряжения, пропорциональную скорости вращения привода колес 4.1 (ПК). При этом

трехфазное напряжение заданной частоты электронного преобразователя 3.1 (ПЭЭ) подается одновременно на статорные обмотки двигателей 6 (АД), передних и/или задних колес 4.1 (ПК) в зависимости от выбранного водителем режима движения исходя из качества дороги и скоростных ограничений.

Нажатие водителем на педаль тормоза обеспечивает выдачу бортовым компьютером 9 команд на электронный преобразователь 3.1 (ПЭЭ) для переключения обмоток статора двигателей 6 (АД) на обратное движение и для изменения частоты напряжения, пропорциональной силе нажатия на педаль тормоза. При этом двигатели 6 (АД) переходят на режим генерации электроэнергии, а именно преобразования при торможении колес энергии инерции транспортного средства в электрическую энергию. При возникновении аварии: обрыве одной из фазы обмотки статора двигателя 6 (АД) происходит падение мощности, падает скорость движения. По управляющему входу в бортовой компьютер 9 (МК) поступает информация о снижении потребления тока электронным преобразователем 3.1 (ПЭЭ) и на пульте управления 10 (ПУ) появляется информация об аварии и о доступном остаточном ресурсе по мощности приводного двигателя 6 (АД). Скорость движения уменьшается. В случае пуска транспортного средства после не устраненной аварии процесс начала движения транспортного средства не отличается от нормальной эксплуатации, с учетом ограничений по сниженной мощности привода колеса, которая сохраняется в бортовом компьютере 10 (ПУ) и выводится на пульт управления 10 (ПУ). В схему заложено решение проблемы по отказоустойчивости асинхронного электропривода (рис.1).

Выводы. Очевидно, что повышение отказоустойчивости неразрывно связано с живучестью электроприводов, обеспечивающих функциональные свойства электромобиля в заданных пределах. Обеспечить свойство живучести возможно на основе технологии построения избыточных систем, используя комбинацию следующих видов резервирования: структурного, функционального, временного, информационного и нагрузочного.

Список литературы:

- 1 Однокопылов Г.И., Однокопылов И.Г. Обеспечение живучести электродвигателей переменного тока: Монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 187 с.
- 2 Патент РФ на изобретение № 2460190(RU), H02H 7/09, H02H 7/12, H02H 7/122. Способ управления и обеспечения живучести трехфазного асинхронного двигателя вращательного или поступательного движения/ Г.И. Однокопылов, И.Г. Однокопылов, Ю.Н. Дементьев, Й. Центнер – № 2011113290; Заявл. 06.04.2011; Оpubл.27.08.2012 Бюл. № 24.

- 3 Однокопылов Г. И. , Брагин А. Д. , Однокопылов И. Г. , Столяров Д. П. Исследования асинхронного электропривода в аварийном двухфазном режиме // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2012 - №. 2 - С. 290-293.
- 4 Однокопылов Г.И., Брагин А.Д. Исследование в среде *MatLab Simulink* трехфазного асинхронного электропривода в аварийном двухфазном режиме работы // «Технические науки — от теории к практике»: материалы XVI международной заочной научно-практической конференции. — Новосибирск, 2012. — с. 125-130.

Научный руководитель: Г.И Однокопылов, к.т.н., доцент кафедры
ЭПЭО ЭНИН