

УДК 621.1.006

М.В.РУМЯНЦЕВ, В.А.ГЛУШЕНКОВ, канд. техн. наук

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский энергетический институт (технический университет)», г.Москва

ТЯГОВЫЙ ПРИВОД ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С КОНДЕНСАТОРНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ

Изложены особенности и основные принципы проектирования гибридного привода последовательного типа, расчета тягового электрооборудования. Приведены некоторые результаты расчетов электрооборудования гибридного автобуса.

Викладені особливості та основні принципи проектування гібридного приводу послідовного типу, розрахунок тягового електрообладнання. Приведені деякі результати розрахунків електрообладнання гібридного автобуса.

Features and main principles of designing of a hybrid drive gear of consecutive type, calculation of traction electrical equipment are stated. Some results of calculations of an electrical equipment of the hybrid bus are resulted.

Ключевые слова: тяговый привод, городской цикл движения, автобус, накопитель энергии, суперконденсатор, транзисторный преобразователь, тяговый электропривод постоянного тока, гибридная энергетическая установка.

Современное автомобилестроение развивается по пути повышения энергетической эффективности и экологической чистоты подвижного состава. Прорывным шагом в данном направлении вполне можно считать оснащение транспортного средства (ТС) гибридной силовой установкой (ГСУ) и бортовым накопителем энергии [1-3].

Принято выделять два основных типа ГСУ: последовательный и параллельный. В некоторых источниках говорится о третьем типе – смешанном. Городской цикл движения пассажирских транспортных средств (автобусов, троллейбусов) характеризуется большим количеством пусков и торможений. Это дает большие возможности в рекуперации энергии торможения, с учетом которой общий расход энергии оказывается относительно небольшим.

Для реализации снижения расхода энергии удобна гибридная силовая установка последовательного типа, имеющая основные преимущества: 1) вал теплового двигателя не имеет механической связи с ведущими колесами, что позволяет выбрать ДВС малой мощности и обеспечить его работу в экономичном режиме в любой фазе цикла движения. Кроме того, в перспективе имеется возможность оснащения системы топливными элементами вместо энергоустановки; 2) тяговый электродвигатель выполняется на полную мощность, реализуемую приводом, что дает возможность осуществить питание транспортного средства от троллейбусной контактной сети.

На маршрутах, полностью или частично оборудованных контакт-

ной сетью, целесообразно использовать дуобусы – ТС, оборудованные тяговым электроприводом с возможностью питания как от собственной энергоустановки (подобно гибриднему автобусу), так и от контактной сети.

Дуобус и гибридный автобус сочетают в себе маневренность и экологическую безопасность, значительно опережая по энергетической эффективности автобус и даже троллейбус.

Для повышения эффективности гибридной энергоустановки необходимо применять буферный источник энергии (накопитель). В автономном режиме движения транспортного средства его тяговый электродвигатель питается от накопителя и параллельно работающей энергоустановки (ЭУ), суммарная мощность которых рассчитана на осуществление пусков, ускоренного движения и преодоление сопротивления движению. В режиме работы дуобуса от контактной сети питание двигателя осуществляется от последней через блок преобразователей и от накопителя (при пониженных напряжениях в контактной сети, проезде изолированных участков и др.). В обоих режимах работы накопитель служит приёмником энергии рекуперации. Наличие накопителя энергии также позволяет снизить потери в контактной сети.

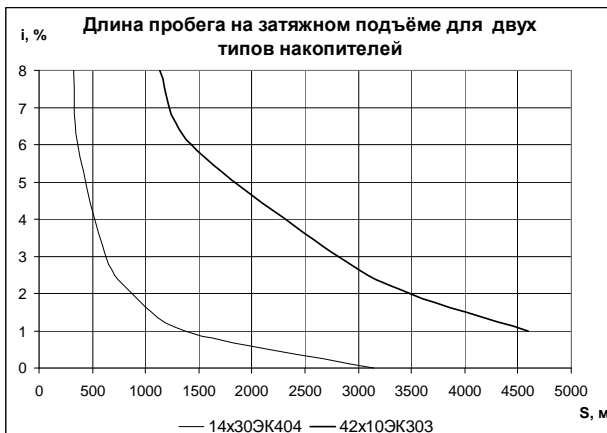
Блок преобразователей, выполненный на IGBT-транзисторах, обеспечивает зарядку накопителя от источника энергии, регулирование напряжения и возбуждения на тяговом двигателе и обеспечивает отдачу энергии торможения в накопитель во всём диапазоне скоростей.

Описываемые системы электропривода содержат новизну благодаря возможности накопления на борту большого количества энергии, которая позволяет осуществлять движение в городском цикле на расстояние несколько километров без сжигания топлива или внешней подзарядки. Среди накопителей энергии наиболее предпочтительными являются электрохимические конденсаторы, занимающие промежуточное место по емкости и мощности между традиционными конденсаторами и аккумуляторами. КПД суперконденсаторов очень высок по сравнению с аккумуляторными батареями, конкуренцию им составляют лишь литий-ионные батареи (Li-ion).

При необходимости движения на значительные расстояния (около 30 км) с нулевым выхлопом имеется возможность применения комбинированных энергоустановок в виде накопителя и аккумуляторной батареи. Пиковые нагрузки, как и в варианте без аккумулятора, обеспечивает конденсатор.

Например, конденсаторные накопители, собранные на российских модулях «ЭСМА», 14×30ЭК404 и 42×10ЭК303 позволяют обеспечить

движение 19-тонного автобуса в зависимости от величины затяжного подъёма на определённом пути (рисунок).



Длина пробега гибридного автобуса массой 19 т без остановок в зависимости от величины подъёма для двух типов накопителя

Проектирование систем тягового привода сводится, по существу, к расчету и выбору электрооборудования: тягового электродвигателя, энергоустановки, накопителя энергии.

Выбор тягового электродвигателя. Тяговый электродвигатель (ТЭД) выбирается на стадии формулирования технического задания исходя из опыта эксплуатации конкретного подвижного состава и его динамических характеристик. Проведены расчеты электрооборудования для тягового электропривода 19-тонного гибридного автобуса, собранного на базе троллейбуса модели ЗиУ-682. Для гибридного автобуса был выбран ТЭД ДК-213, устанавливаемый на базовой модели. На основе параметров и характеристик ТЭД и трансмиссии были построены характеристики работы тягового привода в режиме тяги и торможения, которые послужили исходными данными для тягово-энергетического расчёта.

Выбор энергоустановки. Основопологающим параметром для ЭУ является её выходная мощность. Для определения этого параметра вычисляется мощность, потребляемая транспортным средством в длительном режиме. Условия работы привода задаются скоростью сообщения, длиной перегона, продолжительностью остановки. Как правило, выбирается стандартный перегон для троллейбуса. Для обеспечения работы привода с учетом профиля пути в качестве критерия достаточной мощности ЭУ задается величина подъема, по которому прохо-

дит движение. Например, для величины подъема 30% необходима подпитка мощностью 73 кВт с учетом собственных нужд.

Выбор накопителя энергии. Накопитель энергии, в отличие от ЭУ, характеризуется двумя основными параметрами: мощностью и энергоёмкостью. Мощность, отдаваемая и принимаемая накопителем, определяется режимами пуска и торможения. Мощность суперконденсатора ограничивается, как правило, допустимым током зарядки и существенно превышает потребную мощность привода.

Вторым основным параметром накопителя является его энергетическая ёмкость. В качестве критерия расчёта потребной энергоёмкости предлагается рассматривать способность транспортного средства преодолевать затяжные подъёмы вне движения по стандартному перегону, т.е. без остановок. Таким образом, обеспечивается уверенное движение по мостам, путепроводам и т.д.

Например, для преодоления подъёма величиной 80% и длиной 1000 м при работающей ЭУ, необходимо выбрать накопитель, обладающий энергоёмкостью 13,3 МДж.

Теоретические наработки позволили создать экспериментальные образцы подвижного состава с накопителями энергии. В настоящее время в Москве эксплуатируется разработанный при участии кафедры электрического транспорта МЭИ (ТУ) троллейбус с автономным ходом (базовая модель – ВМ3-5298). Машина укомплектована тяговым электродвигателем ДК-213 Д мощностью 115 кВт и конденсаторным накопителем энергоёмкостью 30 МДж. Пробег в автономном режиме – около 5 км. Дуобус, собранный в Майкопе, имеет мощность энергоустановки 60 кВт (в её состав входят бензиновый двигатель ВА3-21124 и синхронный генератор ГСБТ 200-4-550) и накопителем энергоёмкостью 7 МДж. В качестве ТЭД использован ДК-213 А.

Производство дуобусов с накопителем энергии легко осуществимо при модернизации троллейбусов существующих моделей, т.е. при установке соответствующего оборудования. Это приводит к удорожанию базовой модели, по предварительным оценкам, на 30-50%.

В настоящее время проводятся тягово-энергетические испытания дуобуса, целью которых является подтверждение правильности подходов к проектированию подобных систем, выбору электрооборудования. Создаются математические модели для проектирования силовых установок серии ТС с различным назначением, разрешенной массой, для различных условий эксплуатации. Решаются задачи, связанные с электробезопасностью транспортных средств, постоянно имеющих на борту источник напряжения 300-600 В. Решаются вопросы оптимальных алгоритмов работы, а также переходных режимов при

совместной работе ДВС и тягового электрооборудования.

1. Долаберидзе Г.П. Проблемы энергосбережения на электротранспорте. – М.: МЭИ, 2002.

2. Слепцов М.А., Долаберидзе Г.П., Прокопович А.В. и др. Основы электрического транспорта. – М.: Изд. центр «Академия», 2006.

3. Крутиков А. Больше мощности на рельсы // Силовая электроника. – 2005. – №2.

Получено 28.09.2009

УДК 629.421 : 629.405

М.ЧЕРНЫ, В.КАЧИМОВ

ООО «Квазар Плюс», г.Прага (Чехия)

ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ НА ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Рассматриваются вопросы внедрения энергоэффективного электрооборудования “TV Progress” и “TV Europulse” на подвижном составе городского электротранспорта.

Розглядаються питання впровадження енергоефективного електрообладнання “TV Progress” і “TV Europulse” на рухомому складі міського електротранспорту.

The questions of introduction effective power of electrical equipment “TV Progress” and “TV Europulse” on mobile composition of city elektrottransporta.

Ключевые слова: электрическое оборудование, трамвайный вагон, троллейбус, подвижной состав, электродвигатель.

В настоящее время городской электротранспорт функционирует в 53 городах Украины. Его услугами пользуются жители почти всех областных центров, а также промышленно-развитых городов Харьковской, Донецкой, Днепропетровской, Луганской и других областей.

В то же время сократилось количество трамвайных вагонов и троллейбусов на городских маршрутах. Значительно ухудшилась регулярность движения и культура обслуживания пассажиров. Количество закупаемых новых трамваев и троллейбусов не соответствует потребности.

Состояние дел еще больше усложняется тем, что резко сократились объемы капитальных ремонтов подвижного состава городского электротранспорта в связи с ликвидацией ремонтных заводов.

Поэтому одна из важнейших задач для сохранения работы городского электротранспорта – это восстановление имеющегося подвижного состава с установкой современного энергоэкономичного электрооборудования и закупка нового с современным электрооборудованием [1-3].

Это направление является основным в деятельности ООО «Квазар Плюс» (Чехия), а именно, поставка современных электронных сис-