

Трамвай XXI века:

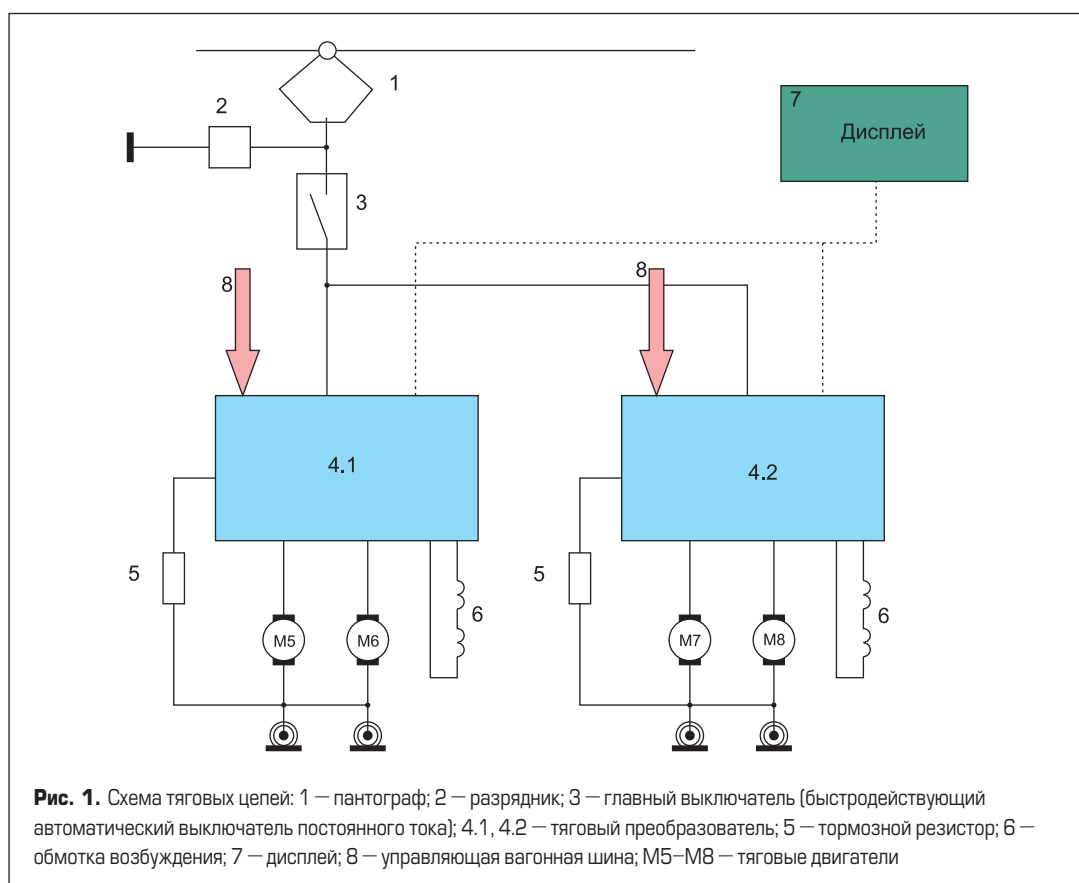
безопасность, экономичность, комфорт

Транспортный бум, прокатившийся по России в последние годы, медленно, но верно из позитивной стороны капиталистического сценария развития страны превращается в ощутимую головную боль. Если еще несколько лет назад в среднем каждая вторая семья обладала собственным автомобилем, то сегодня в каждой второй семье их два. Причем к пробкам и загазованности приходится привыкать жителям не только мегаполисов, но и небольших городов.

**Игорь Никифоров
Виктор Зайцев
Александр Жилин**

Острее всего на себе транспортный коллапс ощущает Москва. Город с численностью постоянного населения в 11 млн человек, кажется, живет в огромной пробке. Правительством столицы разработан ряд мер, среди которых глобальная реконструкция дорог, строительство современных паркингов и новых транспортных развязок. В течение ближайших 15 лет эта стратегия должна несколько разгрузить столичные улицы. Однако, учитывая общую тенденцию роста числа автомобилей в России, все эти меры дадут лишь временный эффект. А дальше — снова одна огромная пробка под облаком из выхлопных газов.

Некоторые эксперты предлагают москвичам самим бороться с заторами. Метод прост, как все гениальное: пересечь на общественный транспорт. Так поступают во многих мировых столицах. В Токио, Берлине, Мадриде, Вашингтоне уже давно не принято ездить на работу на личном транспорте. Впрочем, автобусы тоже не в чести: рано или поздно им тоже придется потолкаться в пробке. Будущее — за метро и трамваем. Тем более что на сегодня в России есть все необходимое для создания трамвая XXI века, спроектированного с учетом последних достижений вагоностроения, сило-



вой электроники и на порядок уступающего в цене зарубежным аналогам.

Экологически чистый транспорт, движущийся по собственной полосе, — решение, которое позволяет в комплексе решить транспортную проблему. Если говорить о России, где метрополитен, по сути, по-настоящему развит только в двух городах — Санкт-Петербурге и Москве, на первый план выходит именно трамвай (от англ. *tram* — вагон, вагонетка, и *way* — путь). Он вышел на улицы городов в первой половине XIX в. — первоначально на конной тяге. Электрический трамвай появился в 1881 г. в Германии.

Современный трамвай должен быть сделан для людей. Тогда не будет даже мысли сесть в автомобиль. Зачем торчать в пробке, тратить время, деньги и нервы, если можно вовремя и с комфортом добраться из пункта А в пункт «Б» в качестве пассажира современного электропоезда? Пока что это утопия. Однако сегодня уже назрела острая необходимость существенного обновления трамвайного парка России. Он насчитывает более 10 тысяч вагонов, большая часть из которых выпущена еще в СССР. Пришло время нового, российского трамвая.

В первую очередь, он должен быть... красивым. И данное утверждение только кажется малозначительным. На самом деле для многих пассажиров внешний вид может сыграть не последнюю роль при выборе между личным транспортом и общественным. Это раз. «Топорные» формы, к которым мы привыкли в экстерьере трамвая, существенно ухудшают аэродинамику, а значит, влияют на энергопотребление. Это два. Оба этих пункта тесно связаны с экономикой: большой пассажиропоток означает хорошую выручку транспортных управлений, которая вкупе с хорошей экономичностью вагона позволят существенно поднять его рентабельность (рис. 2).

Именно экономическая выгода — одно из главных требований к современному трамваю. Сегодня тарифы на электроэнергию повышаются едва ли не поквартально. Учитывая, что в России 100% общественного электротранспорта находится в той или иной форме на обеспечении муниципального, регионального и иногда федерального бюджетов, государство в первую очередь заинтересовано в снижении затрат. Мировая практика показывает, что городской электротранспорт убыточен и без субсидирования выжить не может. Однако достижения современной силовой электроники позволяют в корне изменить эту ситуацию.

На сегодня в России, пожалуй, максимального эффекта в данном направлении удалось добиться группе инженеров из Магнитогорска. На рубеже 1990-х и 2000-х гг. специалисты взялись за разработку уникального преобразователя управления тяговыми электродвигателями трамвая. Разработка получила маркировку КТТЭ 700/600. Было решено полностью отказаться от существующей контактной схемы управления электродвигателем трамвая. К слову, она была разработана еще в 1960-х гг. и до сих пор применяется на большинстве отечественных вагонов. Ее главные минусы —

колоссальное энергопотребление и, как следствие, очень низкий КПД работы двигателей. Магнитогорскими инженерами была предложена принципиально новая схема, в основу которой легли последние достижения современной силовой электроники. Использование инновационных цифровых разработок вкупе с собственными изобретениями, такими как, например, драйвер управления транзисторами, дали потрясающий эффект.

Прямая экономия электроэнергии при использовании КТТЭ 700/600 в сравнении с вагоном, на который установлена штатная система, составила 40%! Кроме того, была реализована система рекуперации: при электродинамическом торможении двигатели трамвая переходят в режим генераторов, что позволяет экономить еще около 30% электричества.

На рис. 1 показана принципиальная схема работы преобразователя, установленного на обычный тяговый привод с опорно-осевой подвеской двигателей постоянного тока последовательного возбуждения, каждый из которых передает вращающий момент на колесную пару через два одноступенчатых редуктора. В режиме тяги двигатели включаются по схеме независимого возбуждения, а при рекуперативном торможении они работают как генераторы с независимым возбуждением.

Один тяговый преобразователь постоянного тока на IGBT-модулях последнего поколения управляет двумя двигателями. Преобразователи имеют независимые цепи управления, поэтому при выходе из строя одного из них остальные остаются полностью работоспособными и обеспечивают тягу (торможение) в режиме 2/3 мощности. Каждый из тяговых преобразователей состоит из двух включенных последовательно модулей, представляющих собой регуляторы постоянного тока на номинальное напряжение. В состав этих модулей входят силовые полупроводниковые блоки, цепи управления этих блоков, ошиновка, конденсаторы фильтров, охладители, а также измерительные преобразователи. Модульная конструкция преобразователя позволяет снизить затраты на техническое обслуживание.

Для изменения направления движения служит электронный реверсор, смонтированный внутри тягового преобразователя, который изменяет полярность тока в обмотках возбуждения тяговых двигателей 6. Тяговый преобразователь содержит систему регулирования тока тягового двигателя. Эта система генерирует сигналы управления для ведомого регулятора постоянного тока и выполняет функции контроля за разгоном, торможением, юзом, пробуксовкой, аварийными режимами, состоянием контактной сети, исправностью двигателей. Дополнительно в режиме торможения система формирует задаваемые значения тока для модуля независимого возбуждения.

Модуль управления тягового преобразователя подключен к управляющей вагонной шине 8. Он выполняет функции управления высшего уровня тяговым приводом, заключающиеся в считывании сигналов датчика частоты вращения двигателей, преобразовании



Рис. 2. Внешний вид современного трамвая

задаваемых значений сил тяги и торможения в задаваемые значения вращающего момента, защите двигателей от перегрузки, ограничении мощности. Кроме того, он выполняет общие функции контроля.

Кстати, предложенная в Магнитогорске система управления подразумевает под собой установку на вагон опций «противобукс» и «антиюз». При прежней, контактной, схеме до 60% энергии при трогании трамвая с места попросту сторало за ненадобностью на реостатах. При этом в гололед вагон мог «шлифовать» рельсы — избыток крутящего момента никак не контролировался. Преобразователь КТТЭ 700/600 сам регулирует усилие, необходимое для старта, уменьшает его в случае пробуксовки, а также не позволяет полностью заблокировать колеса при торможении.

При электродинамическом торможении энергия рекуперации поступает в контактную сеть, а ее избыток преобразуется в тепловые потери на тормозных резисторах 5. Из соображений пожарной безопасности при наличии возможности загрязнения угольной пылью тормозные резисторы имеют ограничение по энергоемкости. Если при торможении контактная сеть уже не в состоянии принимать энергию рекуперации и резерв мощности тормозных резисторов исчерпан, включается пневматический тормоз, а электрический отключается.

Командой разработчиков было получено несколько патентов, а сам преобразователь прошел все необходимые испытания и был установлен на несколько вагонов в разных городах России. На практике он подтвердил все заявленные характеристики, получив положительные отзывы как руководителей транспортных управлений, так и водителей и даже пассажиров.

Дело в том, что такая инновационная система управления электродвигателем, позволяющая забирать из сети ровно столько электроэнергии, сколько требуется вагону, автоматически позволяет реализовать множество недоступных до настоящего момента опций, существенно повышающих комфорт и безопасность. Эти два пункта также являются неотъемлемой частью требований, предъявляемых к современному трамваю. Безусловно, такой вагон должен быть низкопольным. Подобный вариант обустройства салона уже предлагают зарубежные фирмы-производители. Однако российский рынок для них выглядит не слишком перспективным в первую очередь из-за стоимости таких вагонов, в десятки раз превышающей предложения российского рынка. Магнитогорская разработка не удорожает производство нового трамвая. Наоборот, из его конструкции исключается 80% контактной аппаратуры и связанных с ней приборов (что, естественно, снижает стоимость трамвая). По сути, остаются только двигатели, тормозные реостаты, панель реле перегрузок и питание освещения, кондиционирования и обогрева салона. Сам преобразователь может быть смонтирован на крыше

вагона. Такая компоновка позволяет избавиться от крутых ступеней на входе в трамвай, сделать его более удобным для посадки и высадки пассажиров. Оборудование для инвалидов-колясочников, а также для родителей с колясками делает современный трамвай социально-ориентированным. Его большая вместимость за счет освобожденного пространства влияет и на экономику.

Электронная система управления, разработанная в Магнитогорске, позволяет, оснатив салон вагона светодиодными светильниками, снизить потребление электроэнергии для внутреннего освещения почти в 20 раз (если сегодня на это уходит 2 кВт/ч, то при использовании светодиодов, а также регулировки интенсивности света, можно добиться показателя в 0,1 кВт). То же самое в отношении отопления. Безусловно, современный трамвай должен быть оборудован системой кондиционирования, которая летом будет охлаждать, а зимой отапливать салон. Сегодня в трамваях «печка» имеет только два режима — «выключено» и «включено». При работе она потребляет 36 кВт/ч и зачастую нагревает кресла до такой степени, что сидеть на них просто невозможно. Предлагаемая магнитогорскими специалистами система позволяет регулировать интенсивность работы отопительной системы в холодное время года и системы охлаждения — в летнее.

Другое требование к современному трамваю, неразрывно связанное с комфортом пассажиров, — интерьер салона. Безусловно, он должен быть выполнен из экологически чистых и в то же время практичных материалов. Требованиям современности являются

и предустановленная система бесконтактной оплаты проезда (например, при помощи мобильного телефона) и бесплатная высокоскоростная беспроводная точка доступа в Интернет. Wi-Fi обязателен для мегаполисов с большими перегонами между остановками, да и в провинции беспроводной Интернет уже считается своего рода нормой.

Информационные дисплеи с расписанием движения трамвая, сопутствующей информацией и рекламой должны стать неотъемлемой частью современного трамвая. Их установка внутри вагонов и на остановках, а также постоянная связь с единой диспетчерской службой через систему спутниковой навигации ГЛОНАСС позволят добиться точности движения вагонов, что автоматически привлечет большое количество пассажиров. Кроме того, ГЛОНАСС позволит водителю оперативно сообщить о любом происшествии, как связанном с движением, так и случившемся по пути следования.

Безопасность — еще один важный пункт в отношении трамвая XXI века. Обособленность кабины водителя, а также оснащенность вагона видеокамерами (как внутри, так и снаружи) позволят максимально защитить от происшествий пассажиров и других участников дорожного движения.

Все вышеперечисленное формирует облик современного трамвая. Это безопасный, комфортный, тихий, доступный вид общественного транспорта, и, что немаловажно, созданный россиянами для граждан большой России. На сегодня все готово для того, чтобы такие вагоны появились на наших улицах. Хочется верить, что ждать осталось уже не долго.