

УДК 629.4.014.23

Омельяненко В.И., Любарский Б.Г., Рябов Е.С.

К ВОПРОСУ РАСЧЁТА МОЩНОСТИ ТЯГОВОГО ПРИВОДА СКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

Постановка проблемы. Украина располагает одной из самых разветвленных железнодорожных сетей Европы. Протяженность магистралей составляет 22050 км. Железнодорожным транспортом сегодня осуществляется основная перевозка грузов – 82% от общего объема, а также порядка 48% пассажирских перевозок. Ежегодно услугами железнодорожного транспорта пользуются более 400 млн. пассажиров. Однако на сегодняшний день пассажирский железнодорожный транспорт не в полном объеме удовлетворяет современные потребности общества. В первую очередь это относится к качеству предоставляемых услуг. И одним из проблемных вопросов является недостаточная скорость пассажирских перевозок [1]. Исходя из нынешних объективных экономических реалий, особую привлекательность для внедрения составляет система скоростных и ускоренных дневных поездов, которая базируется на классической технологической базе и позволяет поднять скорости движения до 160 км/ч. Первым шагом в этом направлении стала организация движения ускоренных поездов на локомотивной тяге. Однако создание специализированного скоростного подвижного состава остается актуальной задачей.

В статье [2] приведенные технические параметры нового подвижного состава для железных дорог Украины. Обращает на себя внимание тот факт, что для предлагаемого подвижного состава мощность составляет от 5,2 до 6,0 МВт при числе пассажиров 400 – 440 чел., а энергопотребление (количество энергии, затрачиваемое на перевозку одного пассажира при максимальной скорости) равно 0,58...0,68 кВт·ч/км·пасс. Рассчитав аналогичный показатель для подвижного состава, используемого в региональных перевозках стран Европы (на основе данных интернет-ресурсов), легко показать, что энергопотребление у них в 1,5...2 раза ниже. Поскольку количество пассажиров в вагоне изменяется в очень небольших пределах, а максимальные скорости сравнимого подвижного состава составляют 140-160 км/ч, то столь значительное расхождение в энергопотреблении можно объяснить только разной мощностью тягового привода.

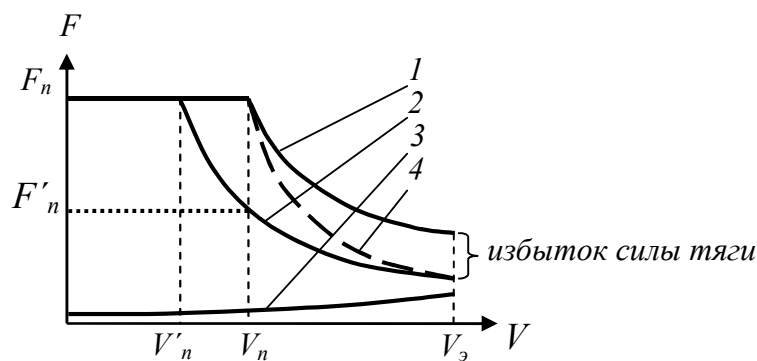
Формулировка цели статьи. Целью работы является определение рациональных подходов к выбору мощности тягового привода скоростного подвижного состава.

Изложение основного материала. Рассмотрим методику определения мощности тягового привода электропоездов [3,4]. Согласно существующим рекомендациям, мощность тягового привода определяют исходя из условия обеспечения заданного среднего ускорения до определённой скорости. Далее на основании расчёта среднеквадратичного тока на эквивалентном перегоне определяют мощность продолжительного режима. Для максимальной скорости определяется остаточное ускорение, которое не должно быть ниже 0,05 м²/с [5]. Тяговая характеристика для этого случая приведена на рис. 1 (кривая 1 рис. 1). От нуля до скорости V_n реализуется постоянство силы тяги (тяга F_n), а в диапазоне скоростей $V_n...V_s$ реализуется режим работы с постоянной мощностью.

Построим кривую сопротивления движению (кривая 3) на том же графике. Для большинства вариантов при эксплуатационной скорости она пройдет существенно ниже кривой 1. Т.е. мощность тягового привода больше необходимой для движения с равновесной скоростью V_s , откуда следует неизбежное снижение мощности и недоис-

пользование оборудования. А поскольку для скоростного поезда режим движения с максимальной скоростью является основным режимом работы, возникает вопрос о целесообразности такого использования электрооборудования. Для иллюстрации вышесказанного можно привести следующие данные: для подвижного состава с нагрузкой на ось 17 т для реализации пускового ускорения $0,8 \text{ м/с}^2$ мощность тягового двигателя составит 260 кВт. В тоже время, для движения со скоростью 160 км/час и запасом по ускорению $0,05 \text{ м/с}^2$ необходимая мощность равна 115 кВт.

На наш взгляд, более рационально определять мощность исходя из режима эксплуатационной скорости, как это и предложено в [4]. В этом случае мощность привода окажется лишь немного больше необходимой по причине реализации остаточного ускорения. Тяговая характеристика для этого случая приведена на том же рисунке (кривая 2 рис.1). Однако при этом либо не будет выполнено условие реализации пускового ускорения: оно будет реализовано лишь в диапазоне скоростей от нуля до V'_n . Либо разгон будет осуществляться с пониженным пусковым ускорением (тягой F'_n).



1 – предельная тяговая характеристика по расчёту 1, 2 – предельная тяговая характеристика по расчёту 2, 3 – сопротивление движению, 4 – тяговая характеристика коллекторного привода

Рисунок 1 – Тяговые характеристики скоростного подвижного состава

Выходом из этой ситуации может стать использование привода, допускающего работу с перегрузкой в пусковых режимах. Такой подход имеет место на подвижном составе городского электротранспорта. Номинальным режим здесь принято считать часовой режим работы. Для скоростного электроподвижного состава номинальным режимом его работы следует установить режим, соответствующий движению с эксплуатационной скоростью. Для скоростного поезда это приемлемо, поскольку работа с перегрузкой будет являться кратковременной. При этом от нуля до скорости V_n реализуется тяга F_n (это обеспечивает заданное пусковое ускорение), а в диапазоне скоростей $V_n \dots V_э$ идёт постепенное снижение мощности по кривой 4. Также следует учитывать возможность реализации предельных по сцеплению сил тяги при работе в диапазоне скоростей $0 \dots V_n$, что также способствует увеличению среднего пускового ускорения [6]. Необходимость и возможность реализации таким приводом характеристики 1 должна быть исследована дополнительно.

Следует отметить, что ход тяговой характеристики 4 характерен для тягового привода с двигателями постоянного тока с последовательным возбуждением, в котором поддержание требуемой силы тяги при пуске осуществляется реостатно-контакторной системой управления, а двигатель проектируется таким образом, чтобы обеспечить необходимый момент при максимальной частоте вращения.

Также следует обратить внимание на следующее: режим работы скоростного поезда – это движение с эксплуатационной или близкой к ней скоростями. Поэтому на

таким подвижном составе следует применять привод, который обеспечивает скоростей наивысшие энергетические показатели в указанном режиме работы. Такой подход реализован на электропоезде ЭР200 [7].

При выборе мощности тягового привода также следует уделять внимание конфигурации поезда. Зарубежный опыт показывает, что технико-экономические и потребительские свойства пассажирского подвижного состава определяются условиями их эксплуатации [3]. Как правило, железнодорожные компании покупают небольшие по численности серии вагонов. Однако эти вагоны сконструированы и оборудованы с учетом всех специфических требований заказчика. В этих условиях для существенного уменьшения капитальных затрат была предложена и получила широкое развитие концепция модульных платформ, когда подвижной состав фактически комбинируется из типоразмерного ряда унифицированных модулей различного назначения. Сегодня это - типовое решение, предлагаемое практически всеми ведущими мировыми производителями подвижного состава для перевозки пассажиров. Предлагаемый подход к выбору мощности тягового привода хорошо сочетается с модульной концепцией построения состава, поскольку уменьшение мощности оборудования, как правило, ведёт к уменьшению его габаритов.

Таким образом, основными требованиями к тяговому приводу скоростного состава можно считать: высокие энергетические показатели в эксплуатационных режимах, обеспечение перегрузки в пусковом режиме.

Эти требования могут быть успешно реализованы приводами переменного тока на основе асинхронных и синхронных двигателей – с постоянными магнитами, реактивными индукторными, с аксиальным магнитным потоком. Повышению общего КПД привода может способствовать внедрение безредукторного тягового привода. Однако при выборе типа тягового двигателя необходимо учитывать его перегрузочную способность.

Вывод. Выбор мощности тягового привода скоростного электроподвижного состава рационально производить из условия обеспечения движения с эксплуатационной скоростью. Для обеспечения пускового ускорения тяговый привод должен допускать кратковременную перегрузку.

Литература: 1. Корниенко В. В. Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт [Текст] / В. В. Корниенко, В. И. Омеляненко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 159 с. 2. Басов Г.Г., Мищенко К.П. Разработка типажа современного моторвагонного подвижного состава для украинских железных дорог // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2003. – № С.90-91 3. А.И. Лещёв, К.П. Солтус, Н.В. Фошкина. Особенности тяговых расчётов при проектировании электропоездов // Электровозостроение: сб. научн. тр. / ОАО «Всерос. н.-и. и проектно-конструктр. ин-т электровозостроения» (ОАО «ВЭЛНИИ»). – Т.39 – Новочеркасск, 1998. – с.127-133. 4. Гетьман Г.К. Научные основы определения рационального мощностного ряда тяговых средств железнодорожного транспорта [Текст]: монография / Г.К. Гетьман. – Д.: Изд. Днепр. нац. ун-та ж/д трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2008. – 444 с. 5. Л.В. Гуткин, Ю.Н. Дымант, И.А. Иванов. Электропоезд ЭР200. – М., Транспорт, 1981 г. – 192 с. 6. А.И. Лещёв, К.П. Солтус. Обзор законов управления для электропоездов с асинхронными тяговыми двигателями // Электровозостроение: сб. научн. тр. / ОАО «Всерос. н.-и. и проектно-конструктр. ин-т электровозостроения» (ОАО «ВЭЛНИИ»). – Т.39 – Новочеркасск, 1998. – с.121-127. 7. Назаров О.Н. Типаж и технические требования к перспективному подвижному составу // Железнодорожный транспорт, 2003. – №2.

Омельяненко В.І., Любарський Б.Г., Рябов Є.С.

ДО ПИТАННЯ РОЗРАХУНКУ ПОТУЖНОСТІ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ
ШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДА

Розглянуто загальні принципи щодо вибору потужності тягового швидкісного електропоїзду.

Omelyanenco V.I., Lyubarskiy B.G., Ryabov E.S.

TO QUESTION OF COMPUTATION OF POWER OF HAULING DRIVE OF SPEED
ELECTRIC TRAIN

General principles are considered in relation to the choice of power of hauling speed to the electric train.
