

УДК 629.423.31(043)

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ХОШИМИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ле Суан Хонг, аспирант

Научный руководитель: В.Д. Тулупов, д.т.н., профессор
Национальный исследовательский университет «Московский
энергетический институт»
г. Москва

В городе Хошимине (Вьетнам) строится метрополитен, но система тягового привода его поезда ещё не выбрана на нескольких линиях. Поэтому оценка технико-экономической эффективности (ТЭЭ) альтернативных систем тягового электропривода поездов (ТЭП) метрополитена в условиях эксплуатации в метрополитенах Вьетнама – актуальна.

Основными показателями, определяющими ТЭЭ электропоездов метрополитена (ЭПМ) являются их стоимость и расход ими электроэнергии на выполнение одной и той же работы. Дополнительными показателями являются динамика ЭПМ, их надёжность и расходы на обслуживание в эксплуатации. Казалось бы, эти показатели получить легко: цена ЭПМ безусловно известна производителям и эксплуатации, а остальные показатели можно получить из ведущегося учёта их составляющих. Однако, под предлогом необходимости соблюдения "коммерческой тайны" все показатели ЭПМ официально не разглашаются. Но для выбора рациональных систем ТЭП необходима объективная оценка их технико-экономических показателей. В частности, приоритетной задачей является оценка экономической эффективности альтернативных систем тягового электропривода. Ниже оказываем приведенные косвенные оценки экономических показателей Мосметрополитена, который имеет технические характеристики, аналогичные Хошиминскому метрополитену.

Стоимость поезда: По данным выложенным в интернете сведениям за 2003 г. один 4-х осный вагон серии 81-717/714 стоил 10,3 млн рублей, а 6-и осный вагон поезда «Русич» с асинхронными тяговыми машинами (АТМ) - 30,5 млн руб. Эквивалентные по пассажировместимости ЭПС с тяговыми машинами постоянного тока (ТМ ПТ) и с АТМ, а именно 7-ми вагонный поезд с вагонами серий 81-717/714 и 5-и вагонный поезд «Русич» стоили 72,1 и 152,5 млн рублей, из чего можно сделать вывод, что эквивалентный по производительности поезд с АТМ стоил почти в 2 раза дороже. Такое же соотношение рассматриваемых цен (даже больше) называют специалисты, знакомые с этой проблемой. При учете существенного различия конструкций механической части сравниваемых моделей, выше полученные данные

вызывают сомнения. Но мы забываем о важном обстоятельстве - у «Русича» 1/3 тележек необмоторена, что существенно снижает стоимость поезда.

По расценкам на вагоны от завода «Метровагонмаш» в 2009 году, известна следующая стоимость ЭПМ: вагон «Русич» 81-740.4 и 81-741.4 (с АТМ) стоили порядка 67,9 млн руб. и 60,5 млн рублей; серийный вагон (с ТМ ПТ) 81-717.5 и 81-714.5 стоили 25,5 млн руб. и 22,5 млн рублей; 81-717.6 и 81-714.6 стоили 30,0 млн руб. и 26,0 млн руб. В 2010 году, промежуточный вагон «Русич».1 (с большим промежутком между дверями) стоил около 50 млн рублей, головной - 56 млн руб. Вагоны «Русич».4 (с большим количеством дверей и кондиционерами) стоили, соответственно, 60 и 67 млн руб.

В статье «Поставки вагонов в Московское метро в 2011 году» (в газете «Метростроевец») генеральный директор ЗАО «Трансмашхолдинг» Андрей Андреев и начальник ГУП «Московский метрополитен» Дмитрий Гаев подписали договоры на поставку и капитальный ремонт вагонов для Московского метрополитена в 2011 году. В соответствии с подписанными документами, в течение 2011 года столичный метрополитен получит 67 вагонов метро модели 81-740.4/741.4 «Русич», а также состав, состоящий из восьми вагонов нового поколения модели 81-760/761, производство которых освоено в 2010 году. Таким образом, в общей сложности Московский метрополитен намерен приобрести у «Трансмашхолдинга» в 2011 году 75 новых вагонов на общую сумму 5,6 млрд руб. Это тоже утвердились в газете «Юго-восточный курьер» за апрель 2011 г., где сообщается, что «в этом году из городского бюджета будет выделено 12 млрд руб. на замену 160 вагонов (серии "Русич" с АТМ) на Кольцевой и Калининской линиях» Мосметрополитена, а на замену всех 4-х тысяч нужно около 300 млрд руб. Опираясь на эти данные, имеем, что один вагон «Русич» на сегодняшний день стоит 75 млн рублей, а 5-и вагонный поезд стоит 375 млн руб. Допустим, что ЭПС с ТМ ПТ даже при цене в 2 раза меньшей по отношению к поезду с АТМ будет стоить порядка 187 млн руб.

Естественно, что стоимость электропоездов (ЭП) обусловлена не только системой его ТЭП, но и конструкцией механической части. По известным данным для других типов ЭПС, в частности для наземных ЭП и электровозов замена ТЭП с коллекторными тяговыми машинами (КТМ) ПТ на привод с АТМ тоже приводит к росту цены единицы ЭПС примерно вдвое.

Реальное подтверждение увеличения стоимости ЭПС при замене ТМ ПТ на АТМ - опыт электровозостроения. Цена электровоза с подобной механической частью в результате применения на нём вместо ТЭП с ТМ ПТ привода с АТМ увеличилась также в разы, по отношению к «Ермаку» ЭП10 в 1,75; ЭП20 в 2,5 раза и проектируемый грузовой в 2,7 раза дороже.

По данным, приведенным в материале «Новая техника и ресурсосберегающие технологии на Свердловской ЖД» Екатеринбург, за 2012 год цена вагона электропоезда типа «Desiro RUS» с АТМ составила 125,5 млн рублей, а в то время как цена моторного вагона повышенной

комфортности ЭД4МКМ с ТМ ПТ составляет 32,3 млн руб. И так, вагон электропоезда с АТМ дороже в 3,88 раза.

Расход электроэнергии поездами в эксплуатации: По известным данным на тягу поездов в Мосметрополитене из внешнего электроснабжения потребляется порядка 1,6 млрд. кВт.ч электроэнергии в год. Всего в эксплуатации находятся 4,5 тыс. вагонов - порядка 643 7-ми вагонных поездов с вагонами типов 81-717/714 с ТМ ПТ.

По полученным в МЭИ [1] теоретическим данным при скорости сообщения 43 км/ч поезда с ТМ ПТ имеют удельный расход энергии в тяге 42,5 Вт.ч/т.км. При годовом пробеге поезда 130 тыс. км и массе с пассажирами 395 т. поезд потребляет на тягу в год порядка 2,2 млн кВт.ч электроэнергии. При потерях в тяговом электроснабжении порядка 10% потреблении энергии из внешнего электроснабжения одним поездом составит 2,42 млн кВт.ч, а всеми 643-мя поездами - порядка 1,56 млрд кВт.ч электроэнергии в год, что фактически «точно» совпадает с отчётными данными Мосметрополитена. Следовательно, эти сведения можно использовать в оценке ТЭЭ замены поездов с ТМ ПТ на поезда с АТМ.

Примем, что поезд «Русич» имеет почти такой же показатель удельного потребления электроэнергии, как и поезд с вагонами типов 81-717/714. Его потребление энергии на тягу благодаря меньшей массе (ниже на 40 т.) будет меньше, чем у серийного поезда на 10,13% и из внешнего электроснабжения он будет потреблять не 2,42, а 2,17 млн кВт.ч в год.

По данным Мосметрополитена рекуперативное торможение на поездах «Русич» обладает высочайшей эффективностью, обеспечивая возврат энергии вплоть до 30% и даже более. Данная величина вряд ли достижима, но все же поверим в её достоверность. Тогда общее снижение потребление энергии из внешнего электроснабжения поездами «Русич» по отношению к серийным может достигать 40% с учётом их меньшей массы и экономия составит $2,42 \cdot 0,4 = 0,968$ млн кВт.ч в год.

Сроки окупаемости замены серийных ЭПМ поездами «Русич» за счёт улучшения их энергетических показателей: Даже по верхним проведением недостижимой экономии энергии, срок окупаемости «Русича» много кратно превышает нормативный. При цене электроэнергии 2,37 руб./кВт.ч (по РЭК Москвы во время расчета), сокращение затрат на её оплату составит соответственно $\Delta\mathcal{U} = 2,37 \cdot 0,968 = 2,294$ млн руб. в год на один поезд. При увеличении цены «Русича» по отношению к серийному поезду на $\Delta\mathcal{U} = 375 - 187 = 188$ млн руб., следовательно его срок окупаемости в анализируемых условиях составят:

$$T = \frac{\Delta\mathcal{U}}{\mathcal{U}_{C3}} = \frac{188}{2,294} \approx 82 \text{ лет}$$

Предположим, что поезд экономит 100%, тогда

$$T = \frac{\Delta\mathcal{U}}{\mathcal{U}_{C3}} = \frac{188}{2,37 \cdot 2,42} \approx 33 \text{ лет}$$

Очевидно, что эти сроки неприемлемы и поэтому применение поездов «Русич» даже взамен серийных с разработанной более 1/4 века назад системой ТЭП экономически ущербно.

При оценке этих показателей нельзя не учитывать, что и на ЭПМ с ТМ ПТ легко реализовать рекуперативное торможение с энергетической эффективностью, не уступающей возможной на ЭПМ с АТМ.

Выход: С экономической стороны подвижной состав (ПС) с приводом постоянного тока выгоднее, чем с асинхронным приводом. Цена самого состава с АТМ больше в 2-4 раза. Расход энергии тоже больше на подвижном составе с АТМ когда с учетом энергосберегающего тягового электропривода (ЭС ТЭП), которой могут быть оборудованы все ЭП ПТ. Затраты на ПС с АТМ не окупаются до полной амортизации состава, все это говорит о невыгодности данного типа привода с экономической точки зрения.

Список литературы:

1. Тулупов В. Д. Схема силовых цепей вагонов метрополитена с независимым возбуждением тяговых машин и тиристорным реостатным контроллером / В. Д. Тулупов, А.П. Марченков, С.И Кабанец и другие. // Тр. МЭИ 1992, выпуск 641, С. 36-45.