

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА И ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Умаров Ш.Б., Ахмедов Д.А., Низомов Ж.И., Мухаммаджонов М.Н.
(ТГТУ им. И.Каримова)

Автомобильный транспорт является одним из самых крупных загрязнителей окружающей среды. Он загрязняет воздух, почвы, поверхностные воды, создает шум и вибрации, воздействует на здоровье населения. Доля транспорта в загрязнение атмосферы в среднем составляет около 45%, а в крупных городах достигает 70% [1].

С каждым годом ситуация ухудшается за счет стремительного роста количества автомобилей и, соответственно, пробок. К проблеме загрязнения окружающей среды добавляется проблема истощения нефтяных запасов и, как следствие, повышение цен на топливо. Все это заставляет ученых, конструкторов и инженеров искать нетрадиционные способы решения проблемы. Единственный рациональный выход – создание экологически чистого городского транспорта, например, использование электромобилей.

Изучением автомобилей с электрическим приводом занимаются всемирно известные научно-исследовательские институты и центры, работающие независимо либо совместно с мировыми автопроизводителями. Так, ведущим институтом Японии в области исследования и развития электромобилей является Японский автомобильный научно-исследовательский институт (JARI); в США это Научно-исследовательский институт электроэнергетики (EPRI), объединившийся с компанией Chevrolet для решения задачи повсеместного использования гражданами электромобилей; в Германии – Мюнхенский технический университет (TUM), работающий совместно с концерном BMW в проекте VisioM; в Корею – Корейский электротехнический научно-исследовательский институт (KERI) и др.

На сегодняшний день конструктивные параметры тягового привода электромобиля делятся на три группы: «энергетические» (параметры батареи), «силовые» (параметры электродвигателя) и «механические» (параметры трансмиссии) [2].

При выборе «энергетических» параметров обычно необходимо исследовать основные энергетические показатели движения электромобиля (пробег, расход энергии при движении, расход энергии на единицу пути и грузоподъемности, удельная энергия батареи), на основании которых производить выбор типа и массы комплекта батарей.

Часто рассматриваются четыре типа тяговых аккумуляторных батарей (ТАБ): свинцово-кислотные, никель-кадмиевые, никель-металлогидридные, литий-ионные. Для оптимизации соотношения между грузоподъемностью и пробегом при выборе массы комплекта батарей электромобиля используется понятие транспортной работы:

$$A = G \cdot L, \text{ т} \cdot \text{км}$$

где $Gэ$ – грузоподъемность электромобиля (кг); L – пробег (км).

В представленной методике выбор типа и массы комплекта батарей основывается только на анализе энергетических показателей, тягово-скоростные и экономические показатели не учитываются. Влияние параметров трансмиссии и параметров электродвигателя не исследовалось. Для использования МЭД и метода Шеферда в представлении процесса разряда батарей необходимо наличие экспериментальных разрядных характеристик (то есть проведение эксперимента), с помощью которых определяются коэффициенты уравнения кривой разряда при различных значениях силы тока. При таком подходе получаются максимально достоверные результаты исследования. Однако, ввиду многообразия представленных на рынке типов батарей и производителей, процесс выбора, согласно представленной методике, требует больших затрат времени и средств.

Выбор оптимального значения емкости, определяющего массу комплекта батарей, основывается на обеспечении заданного пробега. Пробег электромобиля является единственным энергетическим показателем. В качестве тягово-скоростного показателя выступает скорость движения автомобиля, при которой достигается максимальный пробег. Данная скорость не задается в качестве исходных данных, а определяется, исходя из критерия оптимизации.

Представленная в методике математическая модель описывает связь между силами, действующими на колесо, и глубиной разряда батареи. В данном случае показывается зависимость степени разряда батарей от грузоподъемности электромобиля. Для определения отданной и обеспечиваемой емкостей батареи используются следующие соотношения:

$$CR_{n+1} = CR_n - \frac{\delta t \times I^k}{3600}, CS_{n+1} = CS_n + \frac{\delta t \times I}{3600}$$

где CR_n – отданная емкость ТАБ в нагрузку (Ач); CS_n – обеспечиваемая емкость ТАБ (Ач); k – экспонента Пекерта; δt – время (с); I – ток разряда (А).

Глубина разряда батареи DOD_n является отношением отданной емкости к емкости Пекерта (C_p):

$$DOD_n = \frac{CR_n}{C_p}$$

С помощью разработанного алгоритма определяется степень разряда АКБ, исходя из отданной в нагрузку мощности и рекуперации при торможении.

Зависимость глубины разряда АКБ имеет линейный характер, и дальность пробега убывает с ростом массы полезного груза (рис. 1). В результате исследования определяется оптимальная скорость движения, которая в данном примере составляет 30 км/ч. Положение максимума

дальности пробега связано с наличием определенного эксплуатационного крутящего момента электродвигателя.

Определение оптимальных значений емкости и скорости происходит с помощью обобщенной методики двухпараметрической оптимизации (параметры x и y) методом градиентного спуска.

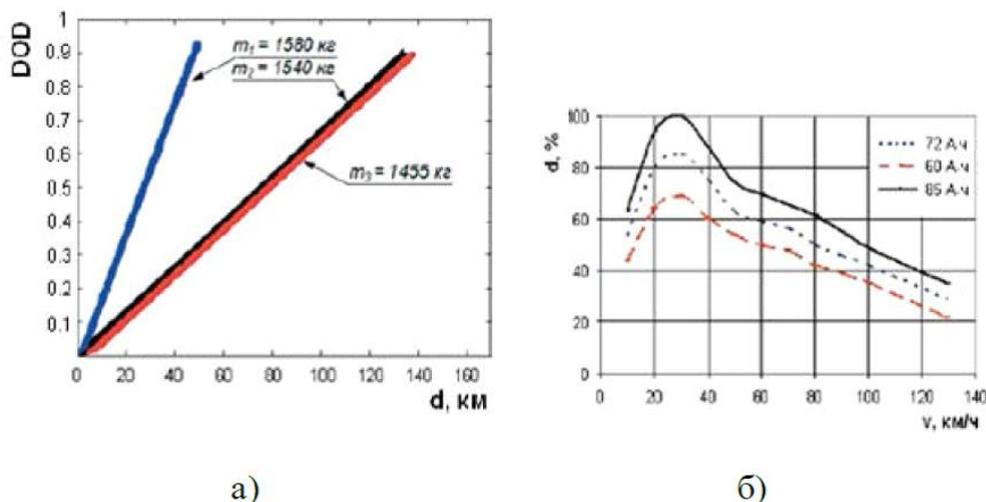


Рис. 1. Дальность пробега: а) – зависимость глубины разряда батареи DOD от дальности пробега d в стандартном цикле; б) – зависимость дальности пробега d от скорости v .

Представленная методика оптимизации позволяет найти оптимальные значения емкости ТАБ и скорости движения по критерию максимального пробега электромобиля. Определение оптимальной скорости движения электромобиля дает представление о его применении. Методика имеет узкую направленность, поскольку в ней рассматривается только один конструктивный параметр.

Автомобиль является сложной системой, поэтому выбранный конструктивный параметр на основе одного показателя или нескольких показателей одной группы может привести к ухудшению других показателей. Так, например, наибольший пробег достигается при максимально возможной емкости ТАБ, увеличение которой ведет к повышению массы комплекта батарей, его стоимости, и, следовательно, к уменьшению грузоподъемности. При неизменной грузоподъемности увеличивается расход энергии, а также ухудшаются тягово-скоростные показатели. Представленные графики зависимости степени разряда батарей и дальности пробега при трех значениях грузоподъемности не дают представления в целом о зависимости данных параметров от грузоподъемности, которая является одним из основных показателей конкурентоспособности автомобиля.

При выборе «силовых» параметров используется математическая модель, позволяющая в едином координатном базисе описать взаимосвязь между условиями движения электромобиля и работой тяговой системы. На основании математической модели упорядочивается определение параметров и характеристик силовых агрегатов привода. Исходя из заданных требований

к основным эксплуатационным показателям, строится характеристика тягового баланса электромобиля (рис. 2.), которая в дальнейшем преобразуется в механическую и нагрузочную характеристику тягового электродвигателя (ТЭД) (рис. 3).

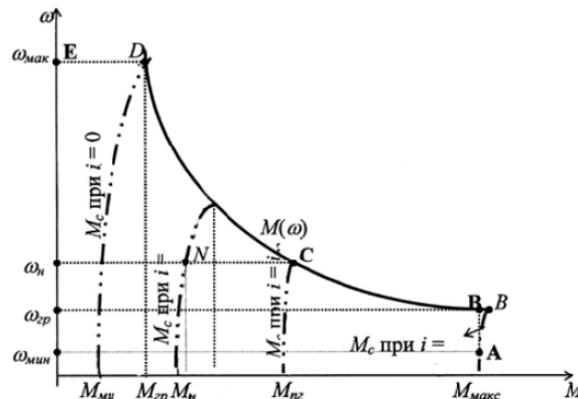
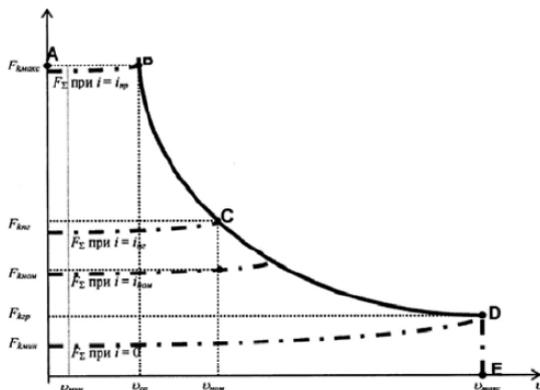


Рис. 2. Характеристики тягового баланса электромобиля

Рис. 3. Механическая и нагрузочная характеристики ТЭД

Данная методика позволяет подойти к выбору электродвигателя более детально. Первое ее отличие от методики выбора электродвигателя с помощью тягового расчета – это исследование не только механических параметров, но и электрических. Второе отличие – принципиальный подход. В тяговом расчете выбор электродвигателя осуществляется на основании анализа эксплуатационных показателей электромобиля при установке различных вариантов электродвигателя (модель: электродвигатель – колесо – дорога).

В результате анализа существующих методик расчета конструктивных параметров тягового привода электромобиля выявлены следующие недостатки:

- однонаправленность расчета – выбор конструктивных параметров осуществляется на основании исследования либо энергетических параметров, в частности обеспечения заданного пробега или минимальных затрат энергии, либо тягово-скоростных показателей (обеспечение заданных тяговых характеристик);
- энергетические показатели получены без учета характеристик батарей, при этом имеется большое расхождение результатов расчета с действительными значениями или с применением точных методов;
- в существующих методиках не исследуется движение электромобиля в городском цикле, описывающее современные условия движения автомобиля.

Литература:

- Богданов К.Л. Тяговый привод электромобиля – Учебное издание М.: МАДИ 2009. – 57с.
- Голубчик Т.В./ Выбор параметров комбинированной энергетической установки автомобиля с применением математического моделирования//Кандидатская диссертация. Москва – 2009 г.