

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ЕМКОСТИ ТЯГОВОЙ БАТАРЕИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

DETERMINATION OF THE REQUIRED CAPACITY OF THE VEHICLE TRACTION BATTERY

Демьянов А. М., Радько В. А., студ.,
Бойков В. П., д-р техн. наук, проф.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
A. Demianov, V. Radko, student,
V. Boykov, Dr. of Eng., Prof,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

В работе предложен способ оценки оптимального значения емкости тяговой аккумуляторной батареи транспортного средства по критериям минимальной массы и достаточности запаса хода.

The paper proposes a method for estimating the permissible capacity values of a vehicle's traction battery based on minimum weight and sufficient range.

Ключевые слова: *тяговая аккумуляторная батарея, электрическое транспортное средство, тяговый баланс, запас хода.*

Keywords: *traction battery, electric vehicle, traction balance, power reserve.*

ВВЕДЕНИЕ

Анализ работ [1, 2, 3] показал высокий уровень проработки материалов связанных с моделированием химических источников тока, исследований энергопотребления транспортного средства (ТС) при движении по циклу, а также эффективное использование электроэнергии. При этом работ, связанных с методикой оценки характеристик тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) в составе ТС не обнаружено. В связи с чем развитие данной темы является актуальной задачей, для решения которой необходимо связать опыт моделирования, как электрических характеристик батареи, так и аспектов, связанных

с расчетом тягового баланса движения ТС.

В связи с чем формируется актуальная задача для тщательного исследования влияния характеристик аккумуляторной батареи на эксплуатационные показатели электрического транспортного средства (ЭТС).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ АТС

Математическая модель представляет собой систему уравнений, описанную в [4] и дополненную коэффициентами a_M , b_M и c_M в аппроксимирующей функции зависимости крутящего момента M_k электродвигателя от его угловой скорости вращения ω_e :

$$M_k = a_M \cdot \omega_e^2 + b_M \cdot \omega_e + c_M.$$

Для решения большинства задач анализа и синтеза используется уравнение силового (тягового) баланса машины, который можно представить в виде:

$$M_T = P_\psi + P_w + P_j + P_{кр},$$

или

$$\frac{M_e \cdot u_p \cdot \eta_p}{r_k} = \psi \cdot G_a + W \cdot v_x^2 + m_a \cdot \delta_{вр} \cdot j + P_{кр}, \quad (1)$$

где M_e – развиваемый электродвигателем крутящий момент; u_p – передаточное число редуктора; η_p – КПД редуктора; r_k – радиус колеса; ψ – коэффициент дорожного сопротивления; G_a – вес ЭТС; W – фактор обтекаемости автомобиля; v_x – поступательная скорость движения; m_a – масса ЭТС; $\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс; j – ускорение.

При этом тяговый баланс ЭТС будет иметь вид, представленный на рис. 1.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

С учетом предъявляемых к ТАБ требований по заданному запасу

хода необходимо определить требуемую емкость ТАБ. Другое условие, устанавливающее взаимосвязь емкости батареи и ее массы, определяет нелинейный характер зависимости запаса хода от емкости батареи. Такая зависимость с учетом влияния массы ТАБ на путевой расход электроэнергии может быть определена по количеству потребляемой энергии в зависимости от динамических параметров работы электродвигателя, работающего в тяговом режиме:

$$E_i = \left(\frac{M_{ei} \cdot \omega_i}{\eta_m \cdot \eta_{em}} - P_{pi} \right) dt + E_{i-1}, \quad (2)$$

где E_i – текущее значение энергии; E_{i-1} – значение энергии в предыдущий момент; dt – шаг времени; M_{ei} – момент на валу, создаваемый электродвигателем, либо прикладываемый к нему; η_m – КПД электродвигателя в тяговом режиме; η_{em} – КПД инвертора электродвигателя; P_{pi} – мощность, идущая на работу дополнительных потребителей энергии.

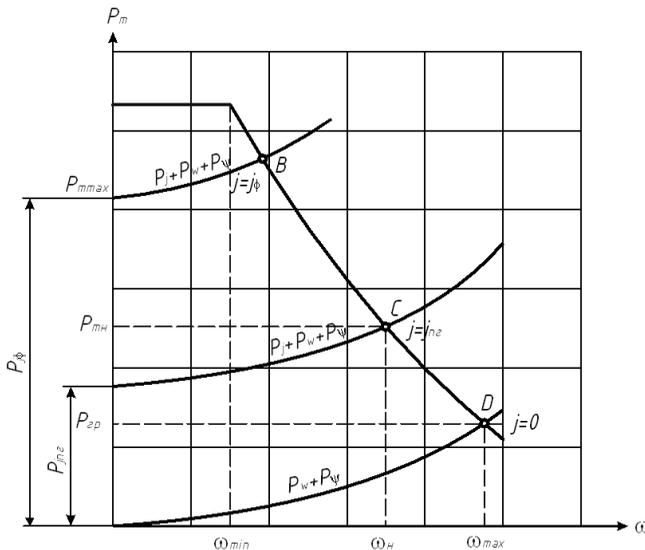


Рисунок 1 – Характеристика тягового баланса ЭТС

К дополнительным потребителям энергии отнесены электрооборудование ЭТС, оборудование, связанное с системой термостатирования батареи и питания климатической установки.

Момент на валу электродвигателя определяется из формулы (1) в зависимости от заданных условий движения и зависит от величины G_a , которая включает вес G_6 батареи. Таким образом, зависимость запаса хода ЭТС от емкости ТАБ (с учетом прямой зависимости массы от емкости) будет иметь вид, представленный на рис. 2.

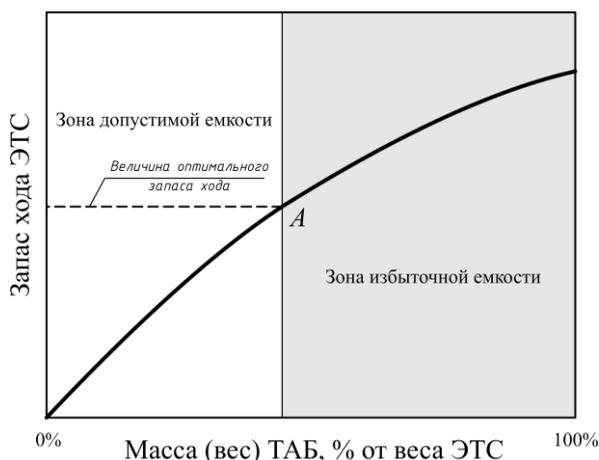


Рисунок 2 – Зависимость запаса хода ЭТС от емкости ТАБ

На рис. 2 отмечен уровень оптимального запаса хода, соответствующий искомой емкости ТАБ. Ее положение найдено как точка «А» заметного перегиба кривой, т.е. там, где характер зависимости начинает существенно отклоняться от линейного. Положение точки «А», главным образом, зависит от типа ТАБ, удельной мощности двигателя $N_{уд}$ и условий эксплуатации ЭТС.

Удельная мощность двигателя $N_{уд}$, равная отношению мощности двигателя к массе ЭТС влияет, прежде всего, на его разгонные свойства и может быть ограничена условиями комфортного разгона $1,0...1,2 \text{ м/с}^2$ для городского транспорта и $1,2...1,5 \text{ м/с}^2$ – для пригородного и междугороднего.

Тип батареи характеризуется своим значением удельной емкости $C_{уд}$, которое определяется отношением емкости ТАБ к ее массе.

Например, для литиевых батарей $C_{уд} = 0,20 \dots 0,22$ кВт·ч/кг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Найденное значение емкости для конкретного ЭТС, соответствующее точке «А» (рис. 2) по описанной методике следует считать предельной по условиям утяжеления ЭТС.

Для окончательного выбора типа и емкости ТАБ для заданного ЭТС не менее важно учитывать экономические показатели, на которые влияют срок службы (количество циклов заряда-разряда) и стоимость ТАБ, что требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скундин А.М., Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов / А.М. Скундин, О.Н. Ефимов, О.В. Ярмоленко // Успехи химии. – 2002 - №71 (4) С.378.

2. R Deshpande. Battery Cycle Life Prediction with Coupled Chemical Degradation and Fatigue Mechanics/Journal of The Electrochemical Society, 159 (10) A1730-A1738 (2012).

3. Каневский Л.С., Деградация литий-ионного аккумулятора и методы борьбы с ней/ Л.С. Каневский В.С.Дубасова // Электрохимия. – 2005. – том 41. №1, с.3-19.

4. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989.— 240 с.: ил.