

УДК 629.3

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ В СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С. Н. ПОДДУБКО, Н. Н. ИШИН, А. М. ГОМАН,
А. С. СКОРОХОДОВ, В. В. ШПОРТЬКО

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Решение проблемы увеличения запаса хода на одной зарядке электромобиля состоит в выборе рациональной структурной схемы электромеханической силовой установки для получения высокой ее энергоэффективности независимо от условий эксплуатации. Значительное число выпускаемых сегодня электромобилей либо не содержат коробок передач, либо содержат односкоростные редукторы. Применение многоскоростной коробки передач решает задачу адаптации рабочих процессов тягового электродвигателя к нагрузочным условиям, максимально приближая его КПД к диапазону высокоэффективных значений. Особенно значительный эффект снижения энергопотребления автотранспортного средства достигается в городских условиях эксплуатации.

Метод оценки эффективности использования коробок передач в электромобилях строится на сравнительной оценке затрат энергии электромобиля для различных вариантов конструкций коробок передач на основе рассмотрения стандартного испытательного ездового цикла, например европейского цикла NEDC [1], и использования карт КПД тягового электродвигателя посредством введения в расчетные зависимости [2] на каждом временном промежутке $[t_i; t_{i+1}]$ соответствующих значений КПД электродвигателя $\eta_{эди}$ в тяговом режиме и $\eta_{реки}$ в режиме рекуперации энергии (рис. 1).

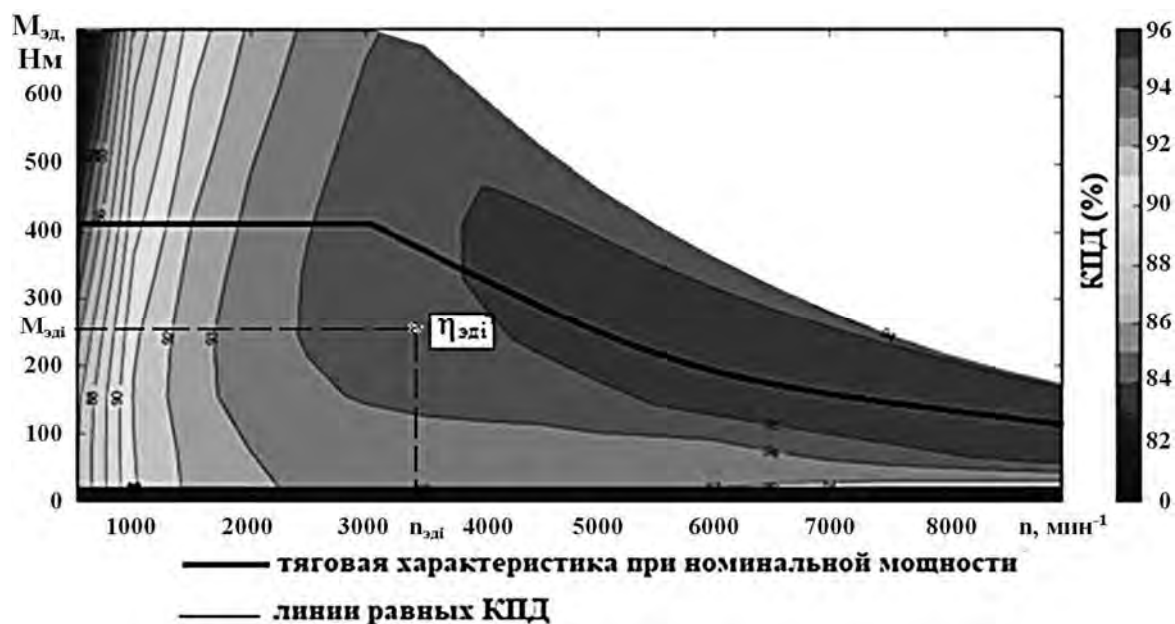


Рис. 1. Карта КПД асинхронного электродвигателя ТАЕМ-130W грузового автомобиля МАЗ-4381ЕЕ

Как видно из этого рисунка, наиболее эффективная зона КПД, в пределах которой должен варьироваться крутящий момент нагрузки, находится в интервале от 50 % до 100 % номинального значения момента. При этом частота вращения вала электродвигателя должна быть не менее 2000 мин⁻¹. При меньшей частоте вращения практически во всем диапазоне изменения величины крутящего момента эффективность работы двигателя резко снижается.

В зоне низкой эффективности скорость автомобиля v изменяется в пределах

$$0 \leq v \leq v^* = \frac{3,6 \cdot 2000 \cdot r_k}{9,55 u_{кп} u_{гп}}, \quad (1)$$

где r_k – радиус колеса; $u_{кп}$ – передаточное число коробки передач; $u_{гп}$ – передаточное число главной передачи.

При отсутствии коробки передач ($u_{кп} = 1$) в электрогрузовике и значениях параметров $u_{гп} = 3,2$; $r_k = 0,392$ м граничное значение скорости v^* автомобиля, соответствующее зоне пониженных значений КПД электродвигателя,

$$v^* = \frac{3,6 \cdot 2000 \cdot r_k}{9,55 u_{кп} u_{гп}} = \frac{3,6 \cdot 2000 \cdot 0,392}{9,55 \cdot 1 \cdot 3,2} = 92,4 \text{ км/ч.}$$

Таким образом, без коробки передач в городских условиях эксплуатации, которые характеризуются относительно низкой скоростью движения и частым режимом разгона, электродвигатель грузового автомобиля будет работать в зоне низкого КПД, неэффективно используя энергию аккумуляторной батареи.

В случае применения в силовом электроприводе электрогрузовика односкоростного понижающего редуктора его передаточное число u_p определяется из кинематического критерия – достижения электрогрузовиком максимальной скорости $v_{max} = 90$ км/ч (25 м/с) при частоте вращения вала электродвигателя $n_{max} = 9000$ мин⁻¹. Величина передаточного числа $u_p = 4,62$; граничное значение скорости движения автомобиля в зоне пониженных значений КПД $v_p^* = 20$ км/ч.

Разработанный метод оценки эффективности использования коробок передач в автомобиле на основе анализа карт КПД тягового электродвигателя позволяет при проектировании коробок передач выбрать рациональные варианты, существенно увеличивающие запас хода автомобиля на одной зарядке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ЕН 1986-1-2011 (EN 1986-1:1997, IDT). Автомобили с электрической тягой. Измерение энергетических характеристик. Ч. 1: Электроавтомобили. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
2. Применение коробок передач в силовых приводах электротранспорта / С. Н. Поддубко [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. – 2020. – № 3 (52). – С. 5–11.