

## ОЦЕНКА ТИПОВ ТРАНСМИССИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

*Ботов М.Е.*

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону*

**Ключевые слова:** электромобиль, трансмиссия, односкоростная трансмиссия, двухскоростная трансмиссия, многоскоростная трансмиссия, бесступенчатая трансмиссия.

**Аннотация.** Цель данной статьи – дать рекомендации по выбору типа трансмиссии для электромобилей в соответствии с требованиями заказчика. Выбор рекомендуется делать путем сравнения различных систем трансмиссии со стратегиями управления, существующими для электромобилей. В процессе сравнительной оценки учитываются различные параметры системы трансмиссии, такие как сложность, крутящий момент, эффективность, качество переключения, масса и стоимость.

## EVALUATION OF DRIVETRAIN TYPES FOR ELECTRIC VEHICLES

*Botov M.E.*

*Don State Technical University, Rostov-on-Don*

**Keywords:** electric vehicle, transmission, single speed transmission, two speed transmission, multi-speed transmission, continuously variable transmission.

**Abstract.** The purpose of this paper is to provide recommendations on how to select the type of drivetrain for electric vehicles according to customer requirements. The selection is recommended by comparing different drivetrain systems with the control strategies available for electric vehicles. Various parameters of the drivetrain system such as complexity, torque, efficiency, shifting quality, weight and cost are considered in the comparative evaluation process.

На протяжении десятилетий влияние двигателей внутреннего сгорания побудило автомобильную промышленность усовершенствовать свои трансмиссии для получения большего крутящего момента, чтобы соответствовать требованиям, предъявляемым к автомобилю на дороге. В настоящее время экологические проблемы и строгое государственное законодательство, а также стимулы к покупке, представили электромобили покупателям как возможный вариант, который соответствует современной глобальной перспективе устойчивого развития. В настоящее время в России разрабатываются электромобильные трансмиссии с легкими промежуточными редукторами и электрическим приводом переключения передач, которые позволяют использовать более компактные электродвигатели. Наиболее важным преимуществом электродвигателя является его способность создавать максимальный крутящий момент на низких скоростях, а затем регулировать максимальную доступную мощность по мере увеличения скорости. Другой важной особенностью является то, что трансмиссия электромобиля не имеет сцепления, которое часто встречается в автомобилях с двигателем внутреннего сгорания. Трансмиссии электромобилей также повышают ускорение за счет максимально возможного сохранения низших передач, обеспечивая оптимальную мощность и производительность двигателя, а также работая на более высоких скоростях, чем обычные трансмиссии двигателей внутреннего сгорания.

Однокоростная трансмиссия, многоскоростная трансмиссия и бесступенчатая трансмиссия (CVT) являются наиболее распространенными видами трансмиссии, используемыми в электромобилях.

Однокоростная трансмиссия имеет одну понижающую передачу и передачу заднего хода. Функция понижающей передачи заключается в снижении оборотов двигателя, увеличивая тем самым крутящий момент. Однокоростная коробка передач положительно отличается от традиционной, так как не требует переключения передач и сцепления, а также занимает меньше места в силовой установке электромобиля. Передаточное число также устанавливается и может быть отрегулировано при проектировании трансмиссии. Эта трансмиссия развивает максимальный крутящий момент с самого начала и остается постоянным во всем диапазоне скоростей. Этот диапазон скоростей очень широк и позволяет легко и безопасно развивать обороты до 20 000 об/мин. При таком широком рабочем диапазоне одно передаточное число обеспечивает необходимый крутящий момент и скорость. Оно обеспечивает очень хорошую производительность в сочетании с двигателем, который имеет большую номинальную мощность [1]. Благодаря легкости и улучшенной эффективности, эта трансмиссия обеспечивает увеличенный радиус действия аккумулятора, что, в свою очередь, снижает требуемую мощность батареи и таким образом, обеспечивается устойчивая производительность. Схема однокоростной трансмиссии, используемой в электромобилях, показана на рисунке 1.

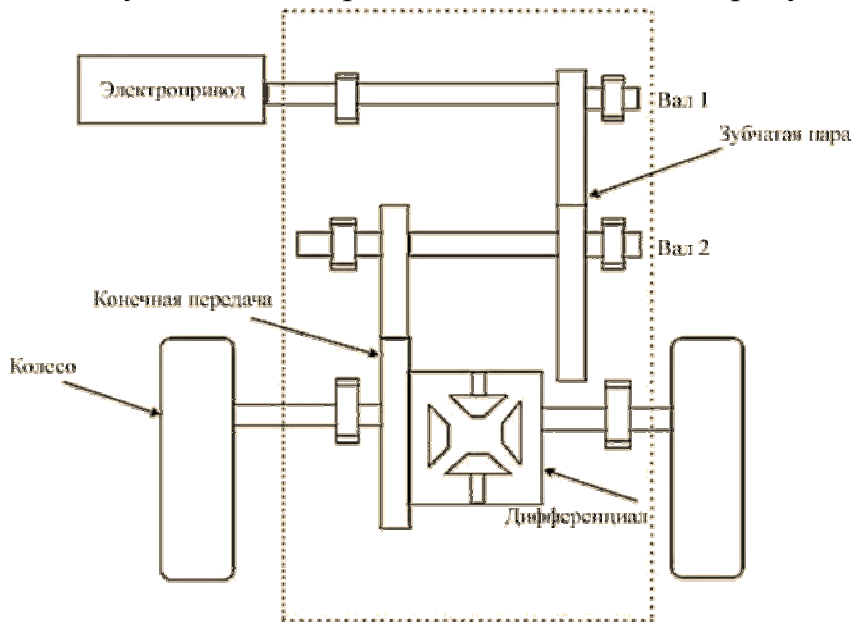


Рис. 1. Схема однокоростной трансмиссии

Двухскоростная трансмиссия имеет две передние и одну заднюю передачи, нейтральное положение и возможность полуавтоматического переключения передач. Двухскоростные коробки передач энергоэффективнее, поскольку позволяют двигателю работать при максимальном диапазоне мощности. Двухскоростные трансмиссии бывают разных типов. Среди них широко используются планетарные редукторы, поскольку они обладают высокой удельной мощностью за счет распределения крутящего момента по многим шестерням, что позволяет создать легкую и компактную конструкцию. Типичная

конструкция двухскоростной трансмиссии в электромобилях наглядно представлена на рисунке 2.

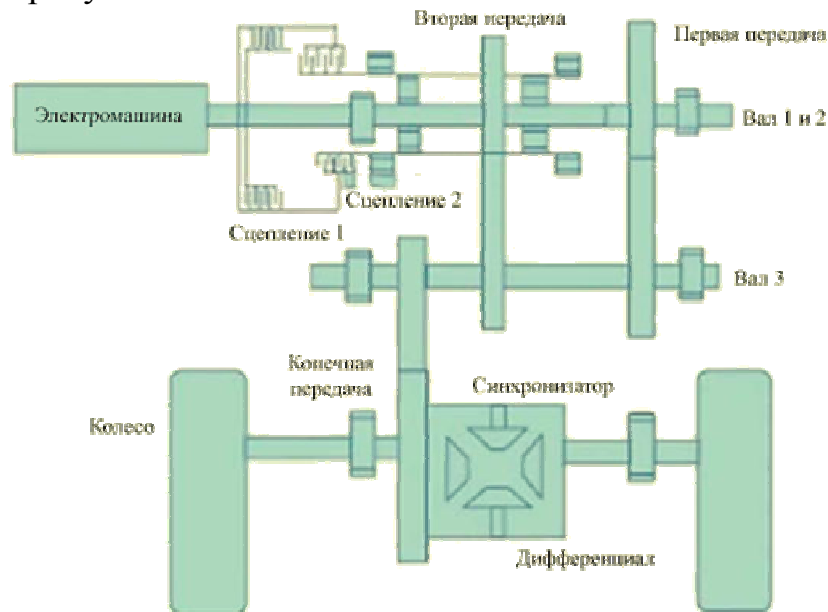


Рис. 2. Конструкция двухскоростной трансмиссии в электромобилях

Они обладают отличными динамическими характеристиками и могут работать в высокоэффективных областях благодаря правильному переключению передач с использованием высоких и низких передаточных чисел в низко- и высокоскоростных областях. С точки зрения экономии топлива, дальности хода и стоимости двухмоторная трансмиссия превосходит одномоторный аналог [2]. Двухскоростная трансмиссия – это идеальный баланс между преимуществами многоскоростной трансмиссии и компактностью, универсальностью легкой трансмиссии.

Многоскоростная автоматическая коробка передач включает в себя входной и выходной элементы, несколько комплектов планетарных шестерен, соединительные элементы и устройства передачи крутящего момента [3]. Множественные передаточные числа с электронным управлением позволяют двигателю оставаться наиболее эффективным в течение гораздо большего времени, что позволяет значительно увеличить запас хода, а также благодаря ним можно добиться лучшей тяги и увеличения максимальной тяги и максимальной скорости без увеличения размера силового агрегата. В отличие от других трансмиссий электродвигателей, использующих один двигатель, многоскоростная трансмиссия работает с двумя моторами, каждый из которых находится на независимом валу. Несмотря на то, что многоступенчатая трансмиссия сложнее односкоростной трансмиссии, его стоимость и вес сравнимы с традиционной коробкой передач, поскольку он не нуждается в сцеплении или синхронизаторе, при этом обеспечивается меньшее потребление энергии и большая надежность за счет меньшего количества операций. Схема многоскоростной трансмиссии в электромобиле показана на рисунке 3.

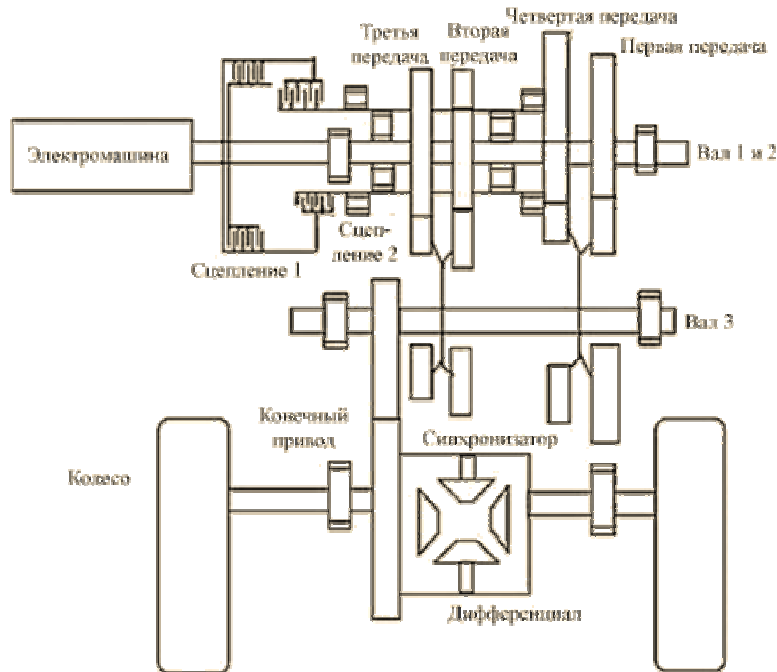


Рис. 3. Схема многоскоростной трансмиссии

Система бесступенчатой трансмиссии (CVT) – это один из типов трансмиссионных систем, демонстрирующих улучшенные производительность в автомобилях [4]. Наглядное представление CVT в автомобилях представлено на рисунке 4.

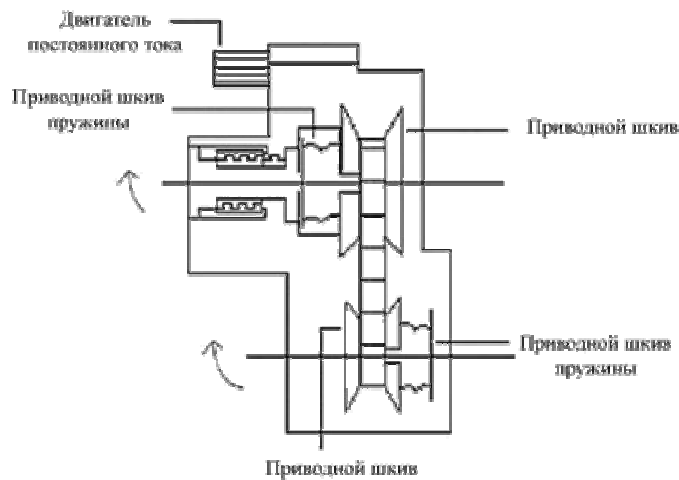


Рис. 4. Схема CVT

CVT включает в себя ведущий и ведомый шкивы, которые работают на пружинах для изменения передаточного числа. Существует особый тип CVT, известный как электронный CVT (e-CVT), в котором планетарные редукторы могут регулировать крутящий момент двигателя с помощью электродвигателей. Это, в свою очередь, значительно улучшает экономию топлива и смягчает работу двигателя. Рекуперативное торможение – одна из привлекательных особенностей, которая наблюдается в электродвигателях, оснащенных CVT. Это уникальная техника, которая улучшает общее функционирование автомобиля особенно в городских районах и городах с интенсивным движением. Рекуперация энергии при рекуперативном торможении достигается за счет накопления энергии

торможения в компоненте накопителя энергии. Сравнение различных типов трансмиссии, доступных для электромобилей, представлено на рисунке 5.

| Факторы                                    | Одно-<br>скоростная | Двух-<br>скоростная | Много-<br>скоростная | CVT |
|--|---------------------|---------------------|----------------------|-----|
| Масса                                      | ***                 | **                  | *                    | **  |
| Эффективность                              | *                   | **                  | **                   | *** |
| Энерго-<br>потребление                     | *                   | *                   | **                   | *** |
| Качество<br>переключения                   | *                   | *                   | **                   | *** |
| * - низкий    ** - средний    *** - лучший |                     |                     |                      |     |

Рис. 5. Сравнение типов трансмиссии

### Список литературы

1. Spanoudakis P., Moschopoulos G., Stefanoulis T., Sarantinoudis N., Papadokokolakis E., Ioannou I., Piperidis S., Doitsidis L., Tsourveloudis N.C., Efficient gear ratio selection of a single-speed drivetrain for improved electric vehicle energy consumption, Sustainability. 2020, vol. 12, no. 21, p. 9254.
2. Wei Du, Shengdun Zhao, Liying Jin, Jingzhou Gao, and Zhenhao Zheng, Optimization design and performance comparison of different powertrains of electric vehicles // Mechanism and Machine Theory. 2021, vol. 156. doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.104143.
3. Roozegar M., Setiawan Y.D., Angeles J. Design, modelling and estimation of a novel modular multi-speed transmission system for electric vehicles // Journal of Mechatronics. 2017, vol. 45, pp. 119-129. doi.org/10.1016/j.mechatronics.2017.06.002.
4. Parker R.J., Loewenthal S.H., Fischer G.K., Design studies of continuously variable transmissions for electric vehicles, SAE transactions. 1981, pp. 1570-1580.

### Сведения об авторе:

*Ботов Михаил Евгеньевич* – студент.