

REVIEW AND ANALYSIS OF MECHANICAL GEARS OF MECHATRONIC TRANSMISSIONS FOR TRUCKS AND BUSES EQUIPPED WITH ELECTRIC ENERGY STORAGE DEVICES

K. P. Sorokin ^a, N. V. Buzunov ^b, A. B. Kartashov ^c, R. L. Gazizullin ^d

Bauman Moscow State Technical University (National Research University) (MSTU)

^a sorokinkp@bmstu.ru, ^b buzunovnv@bmstu.ru, ^c kartashov@bmstu.ru, ^d rlgazizullin@bmstu.ru

Submitted 2022, October 29

Abstract. Ground vehicles on traction batteries (TABs) are currently of significant scientific interest in various fields of science, and existing vehicles on traction batteries are starting to compete with vehicles with an internal combustion engine (ICE) and traditional transmission schemes. The use of a traction electric drive on these vehicles makes it possible to effectively solve problems that are difficult to achieve for vehicles with internal combustion engines. The modern level of development of the electric drive allows it to be assembled in previously inaccessible ways – an active study of mechatronic transmissions is underway. A mechatronic transmission should be understood as a product in the body of which an electric motor, a gearbox and a propulsion drive are combined. While electric motors have more options than ICEs, they also require a transmission. Most often it is a gearbox with two gear ratios. Depending on the layout, the tasks assigned to the vehicle and the number of electric motors, there are many options for the gearbox. Based on a variety of sources, it can be argued that a number of technical solutions for the design of mechatronic transmissions for the given requirements have already been formed.

Keywords: mechatronic transmission; gearbox; electric drive; power take-off; spur gear; planetary gear.

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ МЕХАТРОННЫХ ТРАНСМИССИЙ ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ, ОСНАЩЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

К. П. Сорокин ^a, Н. В. Бузунов ^b, А. Б. Карташов ^c, Р. Л. Газизуллин ^d

*ФГБОУ-ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)» (МГТУ)*

^a sorokinkp@bmstu.ru, ^b buzunovnv@bmstu.ru, ^c kartashov@bmstu.ru, ^d rlgazizullin@bmstu.ru

Поступила в редакцию 29.10.2022

Аннотация. Наземные транспортные средства на тяговых аккумуляторных батареях (ТАБ) в настоящее время представляют собой значительный научный интерес в различных отраслях науки, а существующие транспортные средства на ТАБ начинают конкурировать с автомобилями

с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и традиционными схемами трансмиссии. Применение тягового электропривода на указанных транспортных средствах позволяет эффективно решать задачи, которые труднодостижимы для автомобилей с ДВС. Современный уровень развития электропривода позволяет компоновать его недоступными ранее способами – ведется активное исследование мехатронных трансмиссий. Под мехатронной трансмиссией следует понимать изделие, в корпусе которого объединены электродвигатель, редуктор и привод движителей. Несмотря на более широкие возможности использования электродвигателей по сравнению с ДВС, им также необходима трансмиссия. Чаще всего она представляет собой редуктор с двумя передаточными отношениями. В зависимости от компоновки, поставленных задач перед транспортным средством и количества электродвигателей существует множество вариантов исполнения редуктора. На основании множества источников можно утверждать, что уже образован ряд технических решений для проектирования мехатронных трансмиссий под заданные требования.

Ключевые слова: мехатронная трансмиссия; коробка передач; электропривод; коробка отбора мощности; цилиндрическая передача; планетарная передача.

ВВЕДЕНИЕ

Современное направление развития трансмиссий грузовых автомобилей и автобусов с электрическими накопителями энергии направлено на отказ от традиционной механической трансмиссии. В рассматриваемых транспортных средствах в качестве силового агрегата, передающего мощность на движитель, применяется тяговый электродвигатель. Данное направление разработки трансмиссий транспортных средств предполагает уменьшение количества механических передач, что приводит к снижению потерь мощности [1]. Подобный подход позволяет перераспределить место в пространстве проектирования по сравнению с традиционными механическими схемами трансмиссии.

Уменьшение массогабаритных показателей применяемых в составе объектов колесной техники узлов и агрегатов является одной из приоритетных задач, позволяющей улучшить динамику транспортного средства [2]. Интеграция тягового привода в конструкцию ведущего моста позволяет освободить место на шасси и использовать дополнительное пространство для обеспечения необходимого объема грузового пространства или пассажирского салона. Данное решение также позволяет избавиться от элементов трансмиссии, характерных для объектов с ДВС (карданных валов и соответствующих промежуточных опор), что также приводит к увеличению допустимого для размещения компонентов пространства. Поскольку рассматриваемые объекты относятся к транспортным средствам на тяговых аккумуляторных батареях, то дополнительные объемы также можно использовать для размещения различных преобразователей и коммутационных устройств.

Использование тягового электропривода дает определенные преимущества перед двигателем внутреннего сгорания. Одним из них является большая мощность при тех же габаритных параметрах, а также, как правило, больший рабочий диапазон оборотов электродвигателя и более высокий коэффициент полезного действия. В то же время возможно увеличить скорости движения или уменьшить время изменения режима движения транспортного средства, что эффективнее при использовании электромеханической трансмиссии [3]. Также стоит учесть характеристику мощности электродвигателя, которая ближе к кривой постоянной мощности

по сравнению с двигателем внутреннего сгорания (рис. 5), что в свою очередь накладывает иные требования на трансмиссию транспортного средства [4, 5].

Таким образом, современное направление развития трансмиссий грузовых автомобилей и автобусов с электрическими накопителями энергии сводится к разработке мехатронной трансмиссии, которая подразумевает под собой расположение в одном корпусе электродвигателя, редуктора и приводов колес. Такая конструкция концентрирует в себе все узлы, отвечающие за тягово-скоростные свойства транспортного средства.

Несмотря на широкий диапазон частот вращения тягового электропривода и возможность реализации значительного момента на малых оборотах в отдельных случаях в составе мехатронной трансмиссии требуется применение многоступенчатого редуктора. Наличие редуктора позволяет реализовать различные варианты исполнения всей трансмиссии, а также дает возможность установить коробку отбора мощности, что расширяет функциональные возможности трансмиссии. Анализ патентов мехатронных трансмиссий позволил определить несколько основных путей развития по используемым механическим передачам в редукторах мехатронных трансмиссий.

Подавляющее большинство редукторов имеют два передаточных отношения, что в настоящее время является достаточным для движения транспортного средства во всем диапазоне скоростей. Тип редуктора выбирается, исходя из результатов тягового расчета, текущих компоновочных возможностей и технологического оснащения.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПОНОВКИ ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ В ЕДИНОМ КОРПУСЕ

Мехатронные трансмиссии, в которых электродвигатель интегрируется в корпус ведущего моста, позволяют достигнуть минимально возможных габаритных размеров. Большинство патентов описывают соосную схему трансмиссии [6–12]. Для большегрузных транспортных средств рационально использование цилиндрических колесных редукторов.

Под интеграцией электродвигателя в корпус моста следует понимать доработку корпуса электродвигателя таким образом, чтобы он выполнял функции несущей конструкции для остальных компонентов трансмиссии. В патентах [7, 9, 10, 12] описывается конструкция с электродвигателем, распложенным соосно, в то время как в ряде других патентов [13, 17, 18] описывается параллельное расположение и иногда поперечное расположение электродвигателя [14–16].

Классическим исполнением мехатронной трансмиссии с соосным расположением электродвигателя можно считать исполнение, описанное в патенте WO 2014145515A2 [7] и представленное на рис. 1. Описана конструкция с двумя электродвигателями без межколесного дифференциала. К каждому электромотору через двух- или трехступенчатый планетарный редуктор и шарнир равных угловых скоростей подключено колесо. На каждом электромоторе установлен инвертор. Между электромоторами установлен охлаждающий коллектор. Зубчатый венец планетарного редуктора фиксируется ленточным тормозом с дополнительным электроприводом, что позволяет соединять или разъединять электромотор с соответствующим колесом. Дополнительно в двойную планетарную передачу установлена муфта. Управление муфтой и ленточным тормозом делают двойную планетарную передачу двухскоростной. Дополнительно рассмотрен вариант с тремя планетарными передачами, обеспечивающий возможность переключения трех скоростей.

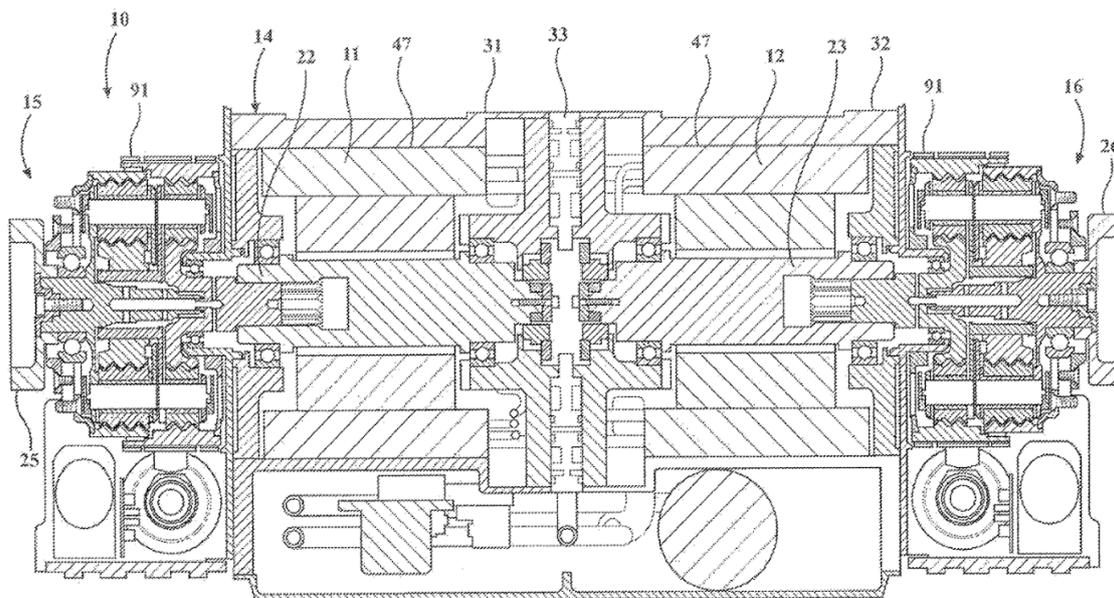


Рис. 1. Схема двухскоростной оси с электроприводом

Среди схем с поперечным расположением электродвигателя особенно стоит выделить патент EP 3446906A1 [15], где картер моста и корпус электродвигателя выполнены единой деталью, при этом диаметр корпуса с электродвигателем не превышает габаритного размера части корпуса с гипоидной передачей. Изображение представлено на рис. 2. Промежуточный вал установлен на подвижном шлицевом соединении с валом-шестерней главной передачи. В одном положении промежуточный вал входит в зубчатое зацепление с приводным валом планетарного ряда, который жестко связан с электродвигателем, образуя прямую передачу. Во втором положении промежуточный вал смещается вдоль оси вала-шестерни, образуя зубчатое зацепление с водилом планетарного ряда (одновременно с этим размыкая связь с приводным валом планетарного ряда). Эпициклическая шестерня связана с неподвижным корпусом. В данной схеме трансмиссии часто используются планетарные передачи в качестве первой ступени, а вторая передача реализована за счет блокировки этого планетарного ряда.

Для грузовых автомобилей и автобусов редуктор имеет, как правило, еще две ступени: две цилиндрических или одну цилиндрическую и одну коническую передачи – в зависимости от компоновки трансмиссии. Поскольку поперечное расположение электродвигателя при данной компоновке используется редко, то наиболее часто встречаются две цилиндрические или планетарные передачи. Одним из ограничений при проектировании трансмиссии с соосным расположением электродвигателя является габаритный размер электродвигателя, соблюдение которого положительно сказывается на компоновке транспортного средства. Однако это ограничение вынуждает использовать многоступенчатые редуктора, в то же время габаритная ширина транспортного средства зачастую не позволяет реализовать более четырех ступеней в редукторе.

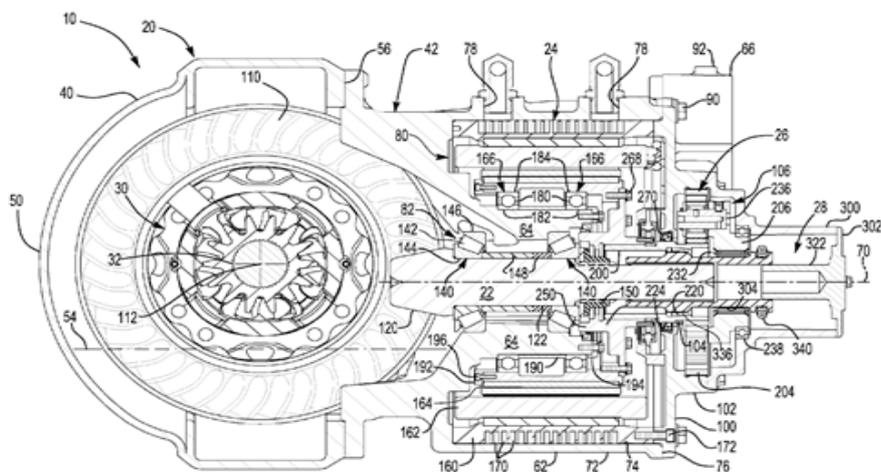


Рис. 2. Схема двухскоростного электропривода

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПОНОВКИ ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ

Одним из основных направлений развития мехатронных трансмиссий является совершенствование компоновки при использовании модульной конструкции, подразумевающей использование электродвигателя из стандартного модельного ряда производителя, где корпус электродвигателя не выполняет несущей функции. В данном случае наиболее распространены схемы с параллельным расположением электродвигателя [19–29]. Такое расположение значительно упрощает установку электродвигателя и увеличивает вариативность редукторов. Как правило, первая ступень таких редукторов цилиндрическая, а последующие – планетарные. Отличия редукторов определяются количеством цилиндрических и планетарных зубчатых передач, при этом общее количество ступеней во всех рассмотренных редукторах не превышает четырех. В случае преобладания цилиндрических зубчатых передач в редукторе их можно разделять по количеству промежуточных валов, а отличия в компоновочных решениях обусловлены использованием полых валов или их взаимным расположением относительно друг друга, т.е. не используются схемы исключительно с горизонтальным или с вертикальным редуктором. Во всех случаях при наличии межколесного дифференциала используется конический дифференциал.

Классическим исполнением мехатронной трансмиссии с параллельным расположением электродвигателя можно считать исполнение, описанное в патенте US9409477B2 [22], представленное на рис. 3. Трансмиссия включает в себя коробку передач, которая обеспечивает различное передаточное отношение между приводным двигателем и ведущими колесами во время движения электромобиля, дифференциал, и две колесные оси. Коробка передач имеет корпус, который соединен с рамой транспортного средства электромобиля через универсальную муфту. Коробка передач представляет из себя трехступенчатый цилиндрический редуктор.

В двухмоторных схемах, как правило, используются разнесенные передачи: двухступенчатый редуктор, установленный с электродвигателем, а также колесный редуктор. В двухмоторных схемах также преобладает индивидуальный привод колес, т.е. в составе трансмиссии физически отсутствует межколесный дифференциал.

Схемы с соосным расположением электродвигателя, при котором рационально использовать редуктор планетарного типа [30–34], также встречаются. Как правило, указанные редуктора имеют три планетарных ряда. Большое количество планетарных рядов является сложной задачей ввиду ограниченной габаритной ширины транспортного средства.

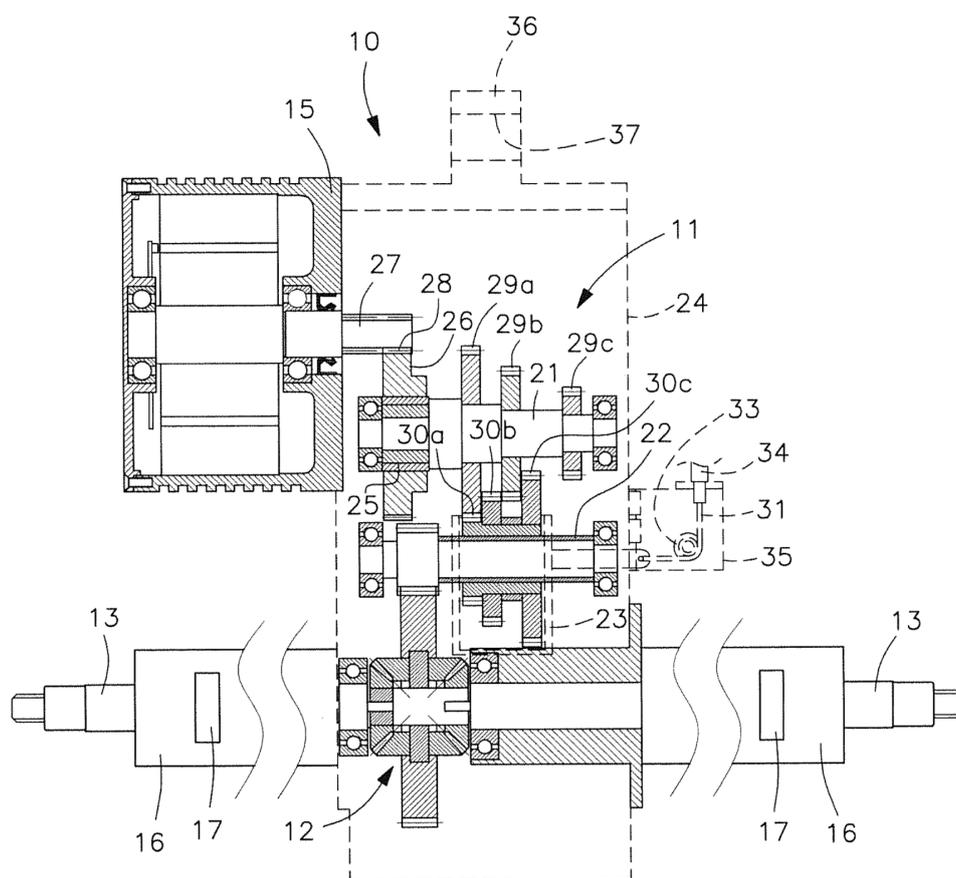


Рис. 3. Схема трансмиссии с цилиндрическим трехступенчатым редуктором

СОВМЕЩЕНИЕ ФУНКЦИЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Коробка отбора мощности является важной частью для вспомогательного оборудования, устанавливаемого на транспортное средство. В настоящее время встречаются реализации, где для привода вспомогательного оборудования используется электродвигатель, устанавливаемый на шасси, однако такое решение не позволяет одновременно осуществлять отбор мощности для вспомогательного оборудования и движение объекта. Мехатронная трансмиссия, использующая электродвигатели, является оптимальным сочетанием существующих способов привода вспомогательного оборудования транспортного средства [35, 36].

Указанные патенты являются обширными и описывают конструкцию как с одним, так и с двумя электродвигателями, вся мощность которых может переключаться на оборудование, установленное на шасси. В патентах представлено описание трансмиссии с независимым приводом колес, однако привод на вспомогательные системы осуществлялся только с одного

тягового двигателя. Такое решение наиболее целесообразно для транспортных средств, у которых вспомогательное оборудование требует установки их на выдвигающихся опорах, в частности, крановая установка или самосвальная техника.

В патенте WO 2020058111A1 [36] описана конструкция с применением двух электродвигателей, которые имеют возможность переключаться на привод вспомогательного оборудования. Второй электродвигатель может оставаться механически связанным с ведущими колесами. Подвижность транспортного средства сохраняется, однако его тяговые свойства могут быть снижены. Схема трансмиссии представлена на рис. 4.

Предложена схема трансмиссии, состоящая из двух электродвигателей, передающих крутящий момент посредством планетарной передачи на межколесный дифференциал. Оси ротора электродвигателей расположены параллельно оси моста. За счет переключения зубчатых муфт возможна передача всего крутящего момента от электродвигателей на валы отбора мощности. Также предусмотрен разрыв потока мощности между электродвигателями и приводными колесами, что позволит буксировать автомобиль без каких-либо последствий для привода.

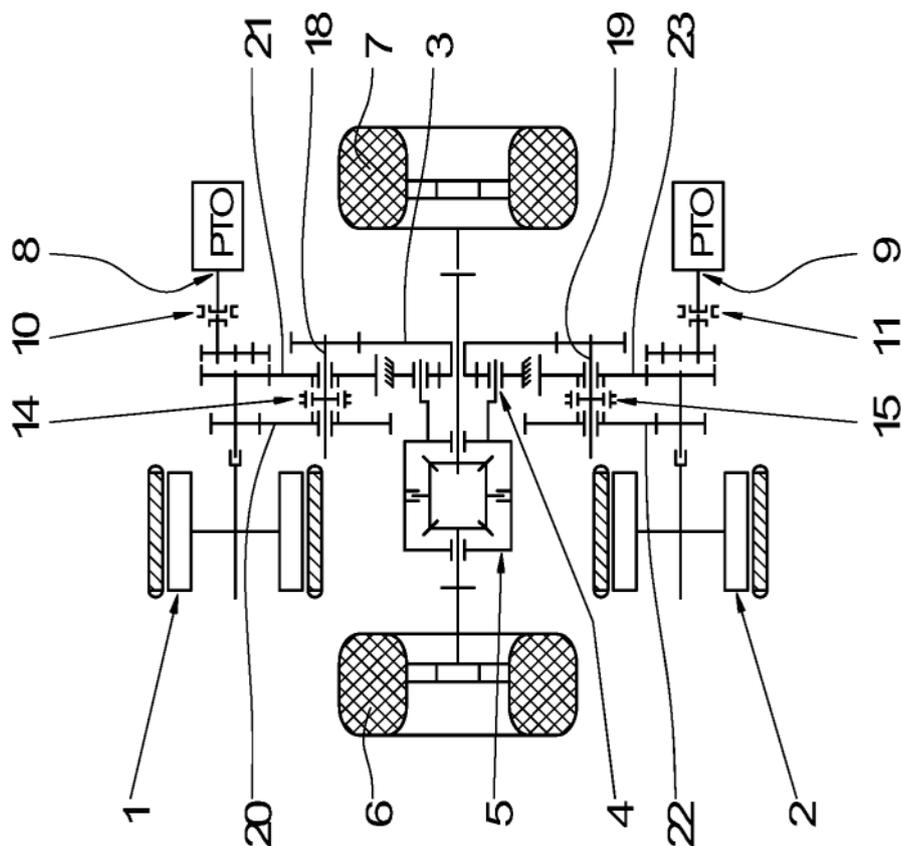


Рис. 4. Схема ведущего моста с двумя электродвигателями

Такое решение может найти широкое применение в дорожно-строительной технике в городской среде, где скорость движения низкая и достаточно мощности одного тягового электродвигателя.

Во всех случаях трансмиссия рассмотренных вариантов идентична описанным выше, а именно: два передаточных отношения, три ступени – отличительной особенностью является

наличие синхронизаторов, отключающих один или два электродвигателя от трансмиссии и включающих соответствующий электродвигатель на привод вспомогательного оборудования. В большинстве случаев используется соосная схема расположения электродвигателей, а отбор мощности осуществляется через дополнительную цилиндрическую зубчатую передачу.

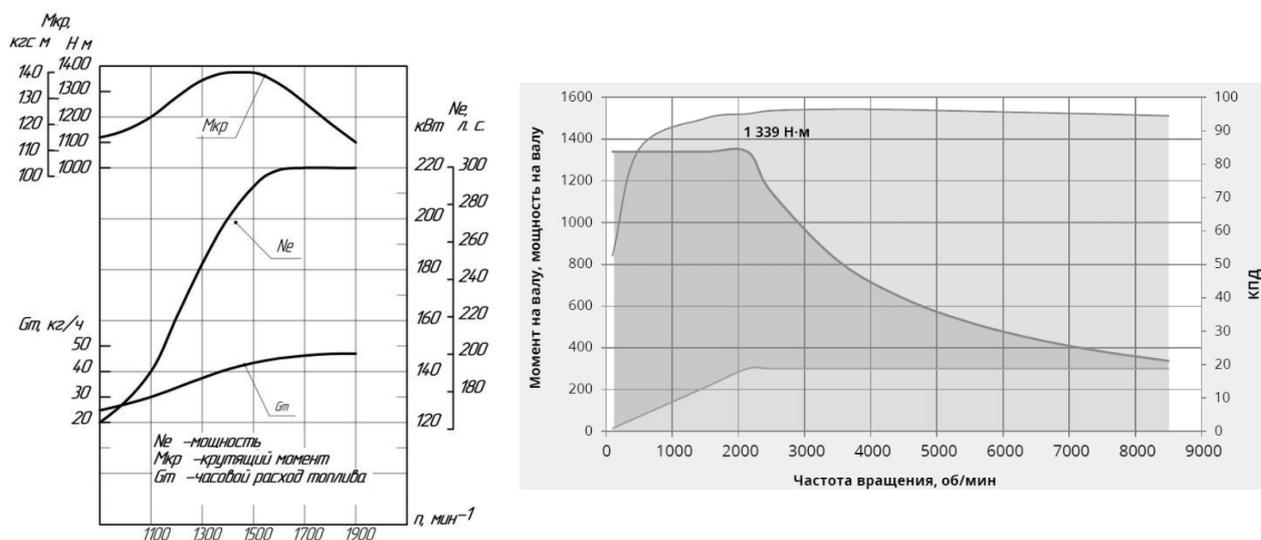


Рис. 5. Пример типовых характеристик дизельного двигателя внутреннего сгорания и тягового электропривода

В соответствии с представленной выше информацией можно отметить, что исполнение трансмиссии транспортных средств на тяговых аккумуляторных батареях (ТАБ) значительно отличается от традиционных реализаций. Ввиду существенной разницы характеристик ДВС и тягового электропривода (рис. 5 – характеристики ДВС [37] и характеристики синхронного электродвигателя [38]) результаты тяговых расчетов для батарейных транспортных средств и автомобилей с ДВС будут в значительной мере отличаться. Таким образом, при проектировании трансмиссий электромобилей в части выбора передаточных чисел и количества передач не всегда представляется возможным использовать подходы, применяемые для автомобилей с ДВС ввиду различных диапазонов частот вращения силовых агрегатов и отличия в характеристиках крутящего момента. Разработка узлов трансмиссии транспортных средств с ТАБ должна осуществляться с учетом особенностей функционирования тягового привода, требований по компоновке и размещению агрегатов, а также с учетом повышения энергоэффективности объекта и увеличения запаса хода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие мехатронные трансмиссии преимущественно имеют две передачи. Патенты, описывающие коробки передач с большим количеством скоростей, также представлены, однако практической реализации рассматриваемые в них схемы в настоящий момент не получили. В настоящее время наиболее исследуемыми остаются трансмиссии с двумя передачами.

Важным направлением развития является использование индивидуального привода колес, что позволяет улучшить проходимость и управляемость транспортного средства, но существенно усложняют и переразмеривают конструкцию. Кроме того, в конструкциях с индивидуальным приводом колес появляется проблема с недостатком реализуемого тягового усилия, возникающая при движении на крутой подъем или в сложных дорожных условиях с вывешиванием части колес или осей.

На текущий момент, две передачи в мехатронных трансмиссиях являются оптимальным решением с точки зрения обеспечения необходимых тягово-динамических характеристик. Наличие третьей и более передач преобразования крутящего момента обусловлено, в первую очередь, особыми требованиями по проходимости транспортного средства, или требования по скоростям движения транспортного средства, или требованиями энергоэффективности.

Как правило, при соосном расположении электродвигателя используется планетарный редуктор, а при параллельном расположении используется цилиндрический редуктор с возможным сочетанием с планетарным редуктором. Чаще всего главной передачей является цилиндрическая зубчатая передача; это означает, что расположение электродвигателя наиболее часто осуществляется параллельно оси приводного вала. Следует отметить наличие в некоторых патентах межколесного дифференциала цилиндрического типа, который занимает меньше пространства от ширины транспортного средства по сравнению с коническим дифференциалом.

Также следует отметить, что методы разработки узлов и агрегатов трансмиссии транспортных средств на ТАБ должны быть скорректированы относительно применяемых на сегодняшний день подходов к проектированию традиционных схем трансмиссий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2022-015 от 07.04.2022 г. с ПАО «КАМАЗ» по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства мехатронных трансмиссий перспективных грузовых автомобилей и автобусов КАМАЗ с электрическими накопителями энергии и водородными топливными элементами» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Gusev A. S., Zinchenko L. V., Starodubtseva S. A.** Statistical Dynamics and Reliability of Mechanical Systems with Kinematic, Power, and Parametric Impacts // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020. Vol. 49. Pp. 382-388. DOI: 10.3103/S1052618820050064.
2. **Selection** of the required deceleration for high-mobility wheeled vehicles with wear resistant brake systems / G. O. Kotiev, et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 819. Article number 012030. DOI: 10.1088/1757-899X/819/1/012030.
3. **Kartashov A. B., Skotnikov G. I.** Simulation based feasibility confirmation of using hybrid powertrain system in unmanned dump trucks // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Article number 012010. DOI: 10.1088/1757-899X/819/1/012010.
4. **Selection** of the torque – speed curves for the units of a wear-resistant brake system of high-mobility wheeled vehicles / G. O. Kotiev, et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 819. Article number 012031. DOI: 10.1088/1757-899X/819/1/012031.
5. **A method** for selecting parameters of the electromechanical transmission of an industrial tractor / B. Padalkin, et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Article number 012032. DOI: 10.1088/1757-899X/820/1/012032.
6. **Smetana T.** Electric axle for a vehicle // Patents No. WO2013178458A1. Publ. 05.12.2013.
7. **Hybrid** axle assembly for a motor vehicle / Falls B., et al. // Patents No. WO2014145515A2. Publ. 18.09.2014.
8. **Rossey M. P., Vaughan E. A.** Direct drive transmission decoupler // Patents No. WO2014074586A1. Publ. 15.05.2014.
9. **Scharr S., Dusdal A.** Transmission arrangement // Patents No. WO2016055322A1. Publ. 14.04.2016.
10. **Transmission** and differential gearing and engine and gearing unit / R. Petersen, et al. // Patents No. WO2014095345A1. Publ. 26.06.2014.
11. **Devreese T. G., Galoppin W. W.** Electric drive axle powerpath & the drive axle made therewith // Patents No. WO2018045027A1. Publ. 08.03.2018.
12. Система привода электрического транспортного средства / Нагахана Тэруо [и др.] // Патент РФ № 2543608. Опубл. 10.03.2015. Бюл. № 7. [Teruo Nagakhama, et al., "Drive system of electric transport vehicle", Patent RF 2543608, 2015.]
13. **Electric** drive for a vehicle / G. Allnoch, et al. // Patents No. WO2021089468A1. Publ. 14.05.2021.
14. **Keeney C., Smith M. C.** Axle assembly having an electric motor module // Patents No. US8858379B2. Publ. 14.10.2014.
15. **Axle** assembly having an electric motor module and a gear reduction module / P. Garcia, et al. // Patents No. EP3446906A1. Publ. 27.02.2019.

16. **Ziech J. F.** Single electric motor drive axle with multiple ratios // Patents No. WO2017172614A1. Publ. 05.10.2017.
17. **Engerman E. M.** Electric drive axle in a vehicle // Patents No. US20210138885A1. Publ. 13.05.2021.
18. **Electric** axle drive for a vehicle / T. Wehlen, et al. // Patents No. WO2012159789A1. Publ. 13.05.2021.
19. **Pure** electric mining truck and power transmission system thereof / Lei Lee, et al. // Patents No. CN213261963U. Publ. 25.05.2021.
20. **Power** transmission device for electric truck / H. Matsumoto, et al. // Patents No. JP2018016126A. Publ. 01.02.2018.
21. **Transmission** gearbox for truck electric drive axle / T. Barillot, et al. // Patents No. WO2021093973A1. Publ. 20.05.2021.
22. **Wang C.-F.** Transmission system for an electric vehicle // Patents No. US9409477B2. Publ. 09.08.2016.
23. **Truck** having an electrically driven front axle / S. Sattler, et al. // Patents No. WO2021180499A1. Publ. 19.07.2021.
24. **Kucharski C.** Axle assembly for a vehicle // Patents No. US11247556B2. Publ. 15.02.2022.
25. **Kucharski C.** Axle assembly with electric motor // Patents No. EP3452323B1. Publ. 18.08.2021.
26. **Knoblauch D.** Electric axle drive for a motor vehicle // Patents No. US9855830B2. Publ. 02.01.2018.
27. **Power** drive system and vehicle having said power drive system / L. Yubo, et al. // Patents No. WO2017107848A1. Publ. 29.06.2017.
28. Baillie C. G., Mephah Sh. Electric motor for an axle assembly // Patents No. WO2020069316A1. Publ. 02.04.2020.
29. **Engerman E. M.** Electric drive axle with multi-speed gearbox // Patents No. WO2019152065A1. Publ. 08.08.2019.
30. **Valente P. J., Hibbler J. C., Downs J. P.** Electric drive axle with traction and distribution capabilities // Patents No. DE102017130778A1. Publ. 21.06.2018.
31. **Engerman E. M.** Planetary gear system with disconnect and the drive axle made therewith // Patents No. WO2020028538A1. Publ. 06.02.2020.
32. **Knoblauch D., Heilfort F.** Electric portal axle for electrically driving a motor vehicle // Patents No. US9625021B2. Publ. 18.04.2017.
33. **Drive** unit for an electric vehicle and drive axle with a drive unit / J. Kaltenbach, et al. // Patents No. US11124064B2. Publ. 21.09.2021.
34. **Drive** axle for electric vehicles / J. Glockler, et al. // Patents No. US11135914B2. Publ. , 05.10.2021.
35. **Electric** drive axle for a vehicle / F. Seemann, et al. // Patents No. WO2020058103A1. Publ. 26.03.2020.
36. **Electric** drive axle for a vehicle / F. Seemann, et al. // Patents No. WO2020058111A1. Publ. 26.03.2020.
37. ОАО «Тутаевский моторный завод». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.paotmz.ru/> (дата обращения 20.09.2022). [JSC «Tutaevsky Motor Plant» (2022, Sept. 20). [Online]. Available: <https://www.paotmz.ru/>]
38. **Novomet.** [Электронный ресурс]. URL: <https://novomet.ru/> (дата обращения 20.09.2022). [Novomet (2022, Sept. 20). [Online]. Available: <https://novomet.ru/>]

ОБ АВТОРАХ

- СОРОКИН Кирилл Павлович**, асп. каф. Колесные машины. Дипл. инж. в обл. транспортных средств специального назначения (МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021). Иссл. в обл. разработки системы управления системой поддрессорования колесной техники.
- БУЗУНОВ Николай Викторович**, ст. науч. сотр. НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН». Дипл. инж. в обл. проектирования и технологии радиоэлектронных средств (МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013). Канд. техн. наук по специальности «Колесные и гусеничные машины»(МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017). Иссл. в обл. разработки бортовых систем управления объектами колесной и гусеничной техники.
- КАРТАШОВ Александр Борисович**, директор НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН». Дипл. инж. в обл. наземных транспортно-технологических ср-в (МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007). Канд. техн. наук по специальности «Колесные и гусеничные машины» (МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010). Иссл. в обл. разработки крупногабаритных колесных движителей из композиционных материалов на основе стеклопластика.
- ГАЗИЗУЛЛИН Руслан Ленарович**, асп. каф. Колесные машины. Дипл. инж. в обл. наземных транспортно-технологических ср-в (МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018). Готовит дис. о повышении энергоэффективности движения колесных машин путем применения адаптивного закона управления подводимой мощностью к движителю.
- SOROKIN, Kirill Pavlovich**, Postgrad. student, Dept. of Wheeled Vehicles. Dipl. eng. (MSTU named N. E. Bauman, 2021).
- BUZUNOV, Nikolai Viktorovich**, Senior researcher of REC "KAMAZ-BAUMAN". Dipl. eng. (MSTU named N. E. Bauman, 2013). Cand. of Tech. Sci. (MSTU named N. E. Bauman, 2017).
- KARTASHOV, Alexander Borisovich**, Director of REC "KAMAZ-BAUMAN". Dipl. eng. (MSTU named N. E. Bauman, 2007).Cand. of Tech. Sci. (MSTU named N. E. Bauman, 2010).
- GAZIZULLIN, Ruslan Lenarovich**, Postgrad. student, Dept. of Wheeled Vehicles. Dipl. eng. (MSTU named N. E. Bauman, 2018).

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 26, no. 4 (98), pp. 113-122, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).