

УДК 629.017

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Чжан Ланьчунь¹, доктор технических наук, профессор
Лю Сэнь^{2,3}, аспирант группы Маа-252, 1-го года обучения
Ащеулов А.С.³, к.т.н., доцент

¹Цзянсуский университет технологий,
г. Чанчжоу

²Сучжоуский промышленный профессионально-технический колледж
г. Сучжоу

³Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

На фоне усугубляющегося глобального энергетического кризиса и экологической загрязнённости в автомобильной отрасли активно проводится электрификация традиционных автомобилей с целью снижения энергопотребления и выбросов в атмосферу. Гибридные электромобили (Hybrid Electric Vehicle, HEV) представляют собой идеальный переходной продукт: их технологический путь более зрелый, что позволяет эффективно снижать расход топлива и выбросы загрязняющих веществ. Обычные гибридные автомобили объединяют двигатель внутреннего сгорания с одним или несколькими электродвигателями и аккумуляторным блоком, поэтому ключевым вопросом становится оптимизация распределения энергии между различными источниками мощности. В связи с этим исследователи предложили метод управления на основе стратегии управления энергопотреблением (Energy Management Strategy, EMS). Эффективные стратегии управления энергопотреблением играют важную роль в повышении экономичности использования энергии как двигателей внутреннего сгорания, так и электродвигателей, позволяя достичь оптимального баланса между эффективностью, производительностью и сокращением выбросов.

Основные типы гибридных автомобилей и их характеристики.

Гибридные автомобили объединяют большой запас хода традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания и высокую эффективность использования энергии электрических автомобилей, что делает их наиболее распространённым типом новых энергетических автомобилей. Гибридный автомобиль — это автомобиль с двумя или более источниками движения, при этом по меньшей мере один из них обеспечивает электрическую энергию. В зависимости от конструкции силовой установки гибридные автомобили обычно делятся на три категории: гибридные электромобили с последовательным соединением компонентов (Series Hybrid Electrical

Vehicles, SHEV), гибридные электромобили с параллельным соединением компонентов (Parallel Hybrid Electrical Vehicles, PHEV) и гибридные электромобили с комбинированным (параллельно-последовательным) соединением компонентов (Series-Parallel Hybrid Electrical Vehicles, SPHEV).

Последовательно соединённые гибридные автомобили.

В конструкцию последовательных гибридных автомобилей входят следующие компоненты: двигатель внутреннего сгорания, генератор, аккумуляторная батарея, преобразователь напряжения, электродвигатель. Принципиальная схема последовательной гибридной системы приведена на рисунке 1.

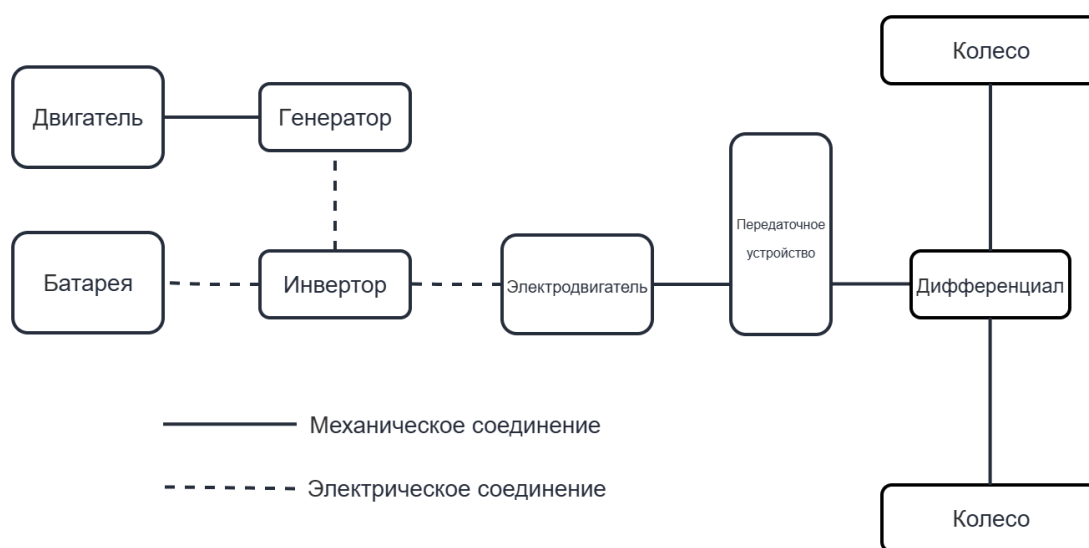


Рисунок 1. Схема последовательной гибридной системы

В автомобилях с последовательной схемой управления, как в полностью электрических автомобилях электродвигатель напрямую связан с ведущей осью, при этом передавая весь крутящий момент.

Двигатель с генератором связан механически. Генератор преобразует механическую энергию двигателя в электрическую, которая обеспечивает все потребители автомобиля. Такая система конструкции гибридной установки позволит увеличить запас хода автомобиля. Если при движении автомобиля запас энергии аккумуляторной батареи становится малым, двигатель внутреннего сгорания запускается. Генератор начинает вырабатывать энергию для зарядки батареи. Во время торможения электродвигатель через инвертор восполняет часть энергии.

Преимущества последовательной схемы управления гибридных автомобилей:

1) За счет того, что двигатель работает не постоянно, а только в режиме заряда аккумуляторного блока, снижается расход топлива. Что в свою очередь улучшает экологические показатели автомобиля.

2) В последовательной схеме подключения двигатель не имеет прямой связи с ведущими колесами, таким образом, динамические нагрузки со

стороны трансмиссии не снижают ресурс двигателя. Кроме того такая конструкция позволяет более гибко подходить к вопросу размещения узлов и агрегатов на автомобиле.

3) Также как и в полностью электрических автомобилях появляется возможность даже на малых скоростях движения выдавать максимальных крутящий момент, что улучшает тягово-скоростные характеристики транспортного средства.

Недостатки механизма тягового привода в серии гибридных систем:

1) Низкий коэффициент использования энергии двигателем. Химическая энергия топлива, поступающего в двигатель, передается на приводные колеса только после нескольких этапов преобразования.

2) В случае автомобилей с гибридной системой привода, в которых используется только один приводной двигатель, необходимо выбирать двигатель с высокой мощностью, что приводит к увеличению его размеров.

Системы гибридного привода с последовательным соединением компонентов чаще всего используются в автобусах и крупногабаритных пассажирских автомобилях. Они обладают очевидными преимуществами при частых запусках двигателя и движении по склонным дорогам; при работе в полностью электрическом режиме такие автомобили демонстрируют высокую эффективность и экономию энергии.

Параллельные гибридные автомобили.

Параллельно соединённые гибридные автомобили состоят из таких основных компонентов, как двигатель, аккумуляторная батарея, инвертор и приводной электродвигатель. Схема силовой установки параллельно соединённого гибридного автомобиля представлена на рисунке 2.

Параллельно работающие гибридные автомобили оснащены двумя системами привода: двигатель и электродвигатель могут вырабатывать крутящий момент отдельно для движения автомобиля или совместно — для обеспечения общего крутящего момента, необходимого для полного привода. Оба источника мощности механически соединены с ведущей осью и могут функционировать в различных режимах работы. Когда приводной электродвигатель работает автономно, автомобиль переходит в режим чистого электропривода, энергия поступает от аккумуляторной батареи, и автомобиль работает с нулевыми выбросами.

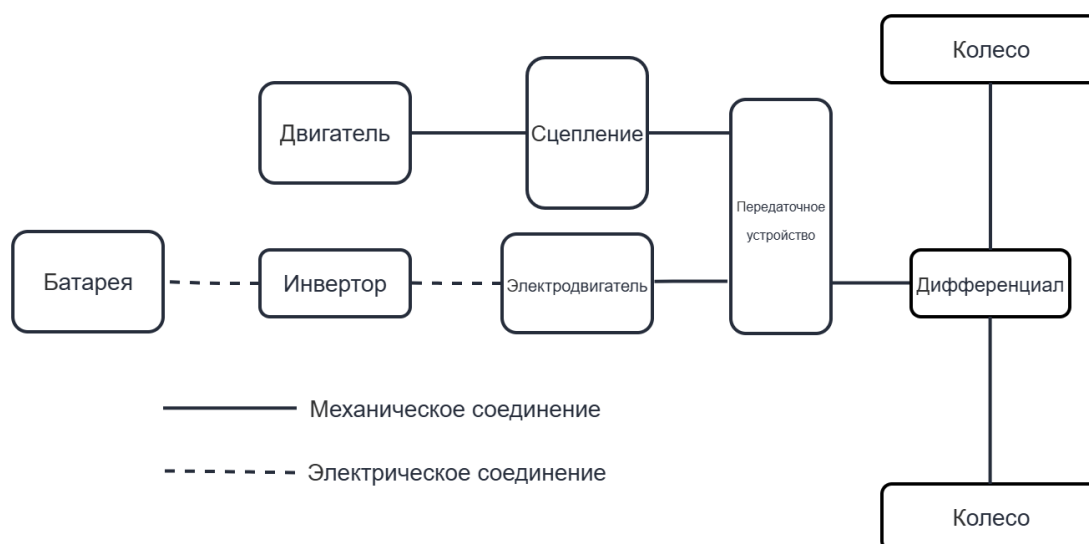


Рисунок 2. Схема параллельной гибридной системы

При работе двигателя в одиночку автомобиль переходит в режим чистого двигателя — традиционный режим работы двигателя внутреннего сгорания, при котором двигатель самостоятельно вырабатывает крутящий момент для удовлетворения потребностей всего автомобиля. Если двигатель и приводной электродвигатель работают совместно, автомобиль переходит в режим гибридного привода: крутящий момент для полного автомобиля формируется механическим суммированием усилий от электродвигателя и двигателя. Поэтому в параллельных гибридных автомобилях требуются сложные стратегии управления для рациональной регулировки крутящего момента от электродвигателя и двигателя, чтобы двигатель работал максимально эффективно.

Преимущества конструкции параллельной гибридной системы:

1) Механическое соединение между двигателем и приводной осью позволяет повысить эффективность использования выдаваемой энергии.

2) Двигательная система оснащена двумя источниками привода, что, соответственно, снижает требования к мощности двигателя и приводного электродвигателя; поэтому можно использовать двигатели и приводные электродвигатели меньших размеров.

3) И двигатель внутреннего сгорания и электрический двигатель могут выступать как самостоятельные источники энергии для движения. В зависимости от скоростного режима движения система определяет режим работы, что позволяет наиболее оптимально использовать энергию двигателя.

Недостатки параллельной конструкции гибридной системы

1) Режим работы двигателя внутреннего сгорания при параллельном подключении очень сильно зависит от условий движения автомобиля. Чаще всего он эксплуатируется при низкой эффективности, что в свою очередь приводит к увеличению токсичности выбросов отработавших газов.

2) Механическое соединение двигателя и трансмиссии ограничивает варианты размещения узлов и агрегатов на транспортном средстве.

Подводя итог по параллельной схеме подключения гибридной установки, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективно такая схема применима на малогабаритных городских автомобилях, при этом достигается наилучшая топливная экономичность при стабильном движении. При отсутствии прорывов в технологиях аккумуляторов такая система станет основным направлением развития автомобильной промышленности в будущем.

Гибридная система с комбинированным типом подключения (hybrid system with combined connection type)

Гибридная система с комбинированным подключением объединяет преимущества последовательной и параллельной силовых установок и способна в зависимости от фактического режима работы транспортного средства гибко переключаться между параллельным, последовательным и комбинированным режимами, что значительно повышает производительность и топливную экономичность автомобиля в различных условиях вождения. Такие системы делятся на две конфигурации: гибридные с последовательно-параллельным подключением (Series Parallel, SP) и гибридные с распределением мощности (Power Split, PS), структурные схемы которых представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

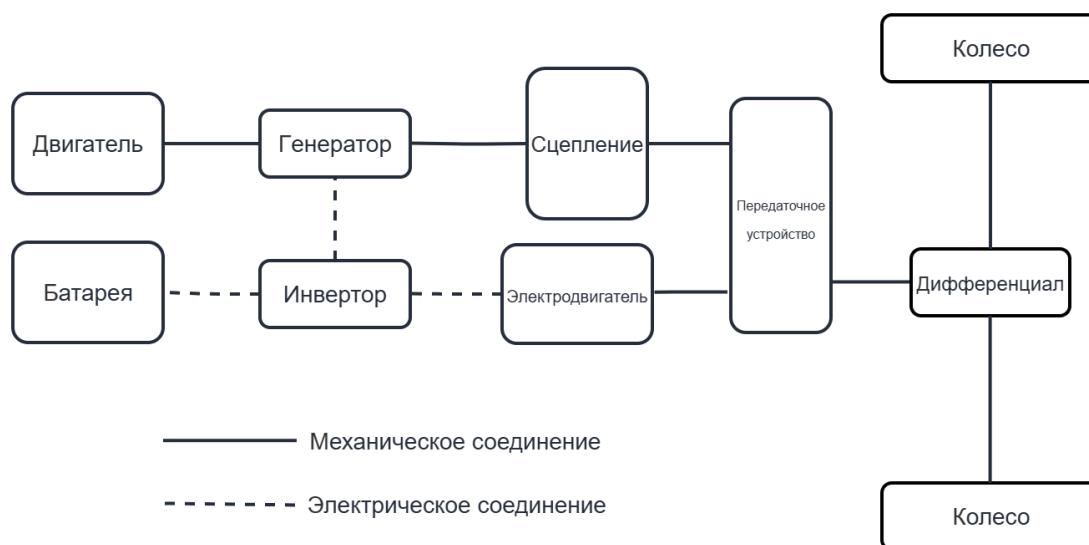


Рисунок 3. Структура гибридной системы с последовательно-параллельным соединением

Серийно-параллельная гибридная система объединяет преимущества как последовательной, так и параллельной конфигураций. При включении сцепления передача отделяется от двигателя, что позволяет осуществлять полное электрическое приведение; при закрытии сцепления двигатель напрямую приводит в движение весь автомобиль через параллельную связь.

Данная схема компоновки элементов позволяет избавиться от недостатков параллельной конструкции, а именно невозможность разделения

двигателя и трансмиссии, в результате улучшается энергоэффективность и снижается токсичность выбросов.

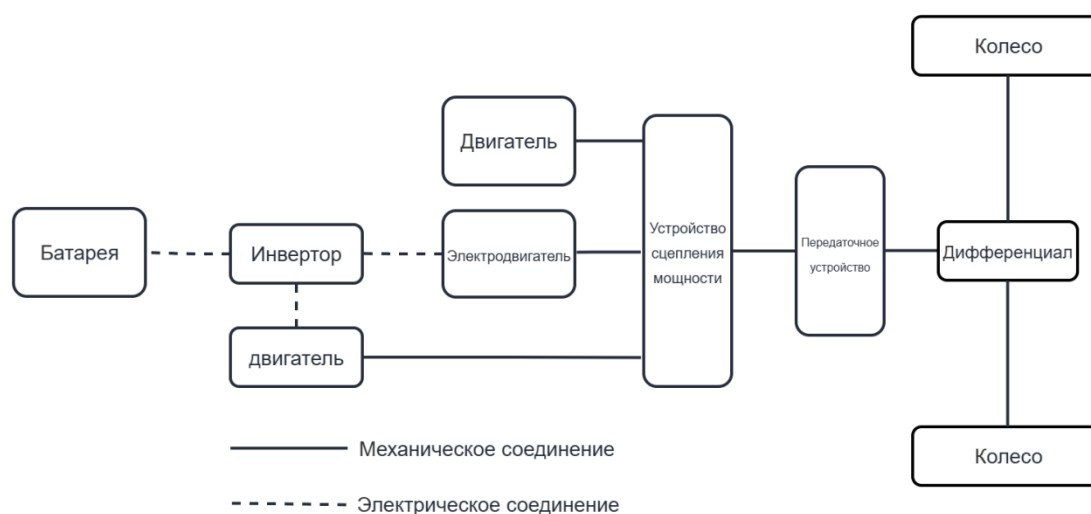


Рисунок 4. Схема гибридной системы с распределением мощности

Основным элементом конструкции гибридной системы с распределением мощности является планетарная передача, которая обеспечивает разделение скорости и крутящего момента между двигателем и ведущими колесами. Такая конструкция обладает лучшей топливной экономичностью по сравнению с гибридными автомобилями с параллельной и последовательной схемами, в особенности в городском цикле движения.

Основные преимущества гибридной схемы с распределением мощности:

1) Система имеет двигателем внутреннего сгорания, двумя электродвигателями, как итог 3 источника движения, что позволяет наиболее рационально подбирать режимы работы гибридной схемы в зависимости от условий.

2) Большой диапазон работы схемы способствует снижению расхода топлива, и в свою очередь улучшить экологические показатели автомобиля.

Недостатки гибридной установки с распределением мощности:

1) Большое количество источников движения приводит к усложнению конструкции, и затруднению в размещении узлов и агрегатов.

2) В связи с большим количеством элементов и различных режимов работы, затрудняется контроль и управлением ими.

Список литературы:

1. Раков, В. А. Оценка эффективности эксплуатации автомобилей с комбинированной энергоустановкой малой электрической мощности «Мягкий гибрид» / В. А. Раков // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(20). – С. 66-69. – EDN VDKIPD.

2. Раков, В. А. Оценка экологической безопасности и энергоэффективности гибридных автомобилей / В. А. Раков // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 1(80). – С. 63-71. – EDN DTDJZW.

3. Панкратов, Д. Д. История возникновения гибридных автомобилей, типы гибридных автомобилей и схемы взаимодействия электродвигателя и ДВС / Д. Д. Панкратов, В. Д. Панкратов, Р. Т. Насибуллин // XI Международная научно-практическая заочная конференция "ЭТАП-2024", посвященная 220-летию КФУ, Набережные Челны, 14 ноября 2024 года. – Набережные Челны: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024. – С. 855-865. – EDN ROSQLT.

4. Раков, В. А. Критерии оценки эффективности использования гибридных автомобилей / В. А. Раков // Двигателестроение. – 2025. – № 4(302). – С. 3-15. – EDN SXPMZR.