

Гибридные системы тягового привода компании Voith

Возрастающие экологические требования и повышение цен на топливо привлекают внимание общественности к вопросу эффективности использования энергоресурсов. Решение таких проблем, как снижение уровня шума, уменьшение объема выбросов CO₂, окислов азота и сажи, а также уменьшение расхода топлива, играет важную роль в дальнейшем развитии общественного транспорта. Это относится как к городским автобусам, так и к рельсовому транспорту.

Современные системы передачи мощности в отношении эффективности использования энергоресурсов оптимизированы таким образом, что обеспечивают взаимодействие с дизельным двигателем в диапазоне хороших показателей по удельному расходу топлива. В эксплуатации нагрузки могут резко изменяться в зависимости от характеристики участков и графиков движения, поэтому лишь в редких случаях можно получить общие оптимальные показатели по расходу топлива и вредным выбросам.

Чтобы добиться как можно более высоких показателей по снижению расхода топлива и вредных выбросов, необходимо наряду с дальнейшей оптимизацией традиционных видов привода форсировать разработки, обеспечивающие возможность накопления кинетиче-

ской энергии подвижного состава. На поездах местного и регионального сообщения, а также на промышленном и маневровом подвижном составе, условия эксплуатации которого отличаются повышенной цикличностью работы, рекуперация тормозной энергии обещает особенно большие выгоды с точки зрения снижения расхода топлива и уменьшения объема выбросов CO₂.

В то же время повысить эффективность позволяет также утилизация других видов неиспользованной энергии. Так, дизели, устанавливаемые на современных дизель-поездах и отвечающие высокому уровню технического прогресса, позволяют лишь около 35% энергии потребляемого топлива преобразовывать в крутящий момент на коленчатом валу. Большая часть энергии не используется и отводится в виде теп-

ла с отработавшими газами и охлаждающей водой. Элементы передачи, генераторы и насосы также вырабатывают тепло, которое бесполезно рассеивается или отводится системами охлаждения. Для утилизации этой энергии компания Voith разработала систему Steam Drive.

Новое законодательство по охране окружающей среды требует дальнейшего снижения содержания вредных веществ в отработавших газах, что приведет к еще большему ухудшению КПД системы тягового привода.

Традиционные тормозные системы необратимо превращают в бесполезное тепло кинетическую энергию подвижного состава, величина которой зависит от скорости движения. С помощью динамических тормозных устройств (гидродинамических замедлителей и пр.), конечно, можно уменьшить износ тормозов, но энергия при этом не накапливается и, следовательно, не может быть рекуперирована. Чтобы решить эту проблему, компания Voith Turbo разработала для железнодорожного дизельного подвижного состава гидростатические и электрические гибридные системы.

Voith Turbo выпускает системы параллельного гибридного привода для железнодорожного тягового подвижного состава в трех вариантах (рис. 1).

Гидростатическая система рекуперации

Система, основанная на гидростатическом принципе накопления энергии, получила название Hydrobrid. С помощью испытанных и хорошо зарекомендовавших себя на железнодорожном подвижном составе гидростатических систем передачи мощности часть кинетической энергии в процессе торможения накапливается. Для этого включенный параллельно обычной системе передачи мощности гидравлический агрегат закачивает масло

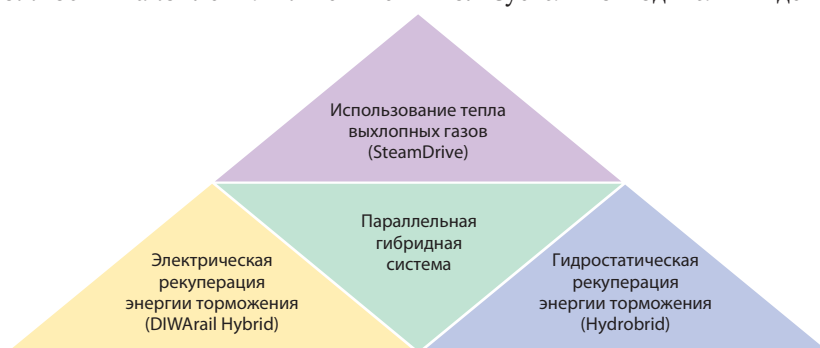


Рис. 1. Гибридные системы компании Voith для дизельного подвижного состава

из масляного резервуара в гидроаккумулятор. В гидроаккумуляторе с помощью поршня производится работа по изменению объема отделившейся от масла сжимаемой рабочей среды (газа, например азота). При этом за счет сжатия газа происходит накопление энергии (рис. 2).

Отличительными чертами этой системы являются высокие показатели по удельной мощности и необходимые для эксплуатации на железнодорожном транспорте надежность и долговечность используемых гидростатических компонентов.

На рис. 3 представлены возможные варианты использования энергии торможения. В поддерживающем режиме (Boost-Modus) рекуперируемая мощность в системе передачи суммируется с мощностью дизеля. Достижимое увеличение силы тяги при трогании и связанное с этим повышение ускорения положительно сказываются на динамических характеристиках подвижного состава. В первую очередь такая добавленная мощность полезна для подвижного состава с низкой мощностью дизеля для разгона до 50 км/ч.

В подпитывающем (дублирующем) режиме (Backup-Modus) реализуется постоянная сила тяги. Снижение мощности дизеля на величину мощности системы Hydrobride дает заметную экономию топлива и снижает выбросы вредных веществ.

В настоящее время все более настоятельными становятся требования о максимальном снижении уровня шума, излучаемого прибывающими на станцию и отправляющимися поездами. Особенно большие расходы связаны с защитой от шума и вентиляцией закрытых пассажирских платформ. В режиме работы без вредных выбросов (NoEmission-Modus) подвижной состав может с выключенным дизелем, т. е. без выброса вредных веществ и шума, двигаться со скоростью до 30 км/ч и поддерживать эту скорость до выезда со станции.

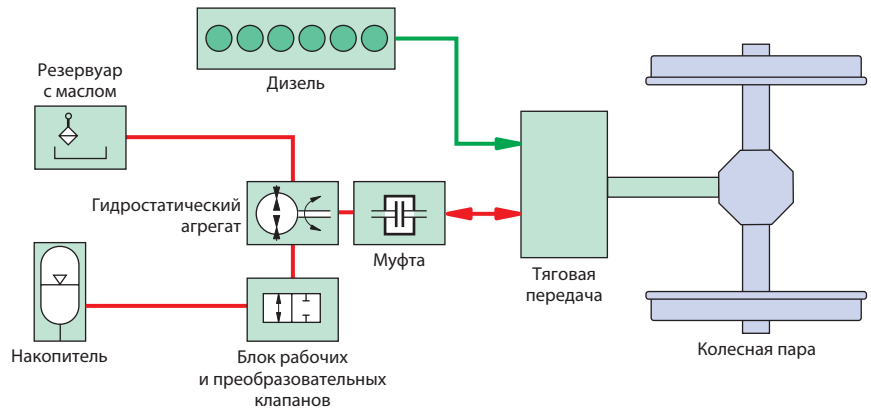


Рис. 2. Принцип работы гидростатической системы рекуперации энергии торможения

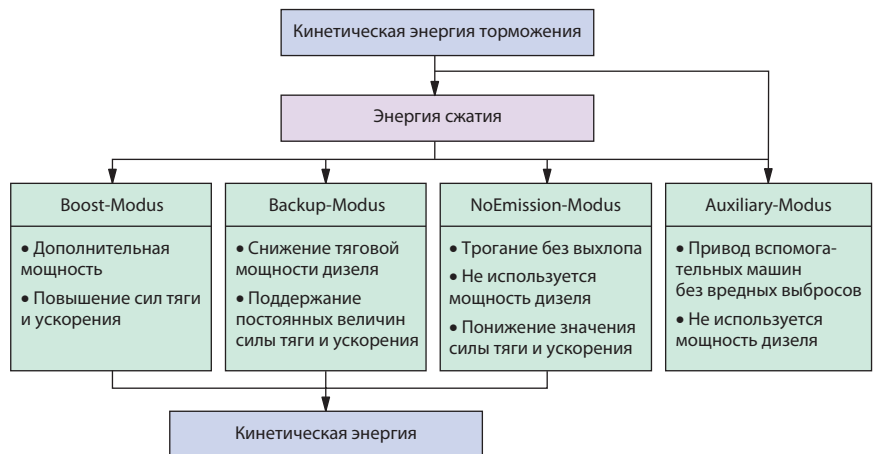


Рис. 3. Схема возможных вариантов использования энергии торможения

Другую возможность снижения шума и вредных выбросов дает вспомогательный режим (Auxiliary-Modus). На остановках дизель выключается, а питание необходимого вспомогательного оборудования (такого, например, как системы кондиционирования воздуха и бортового электроснабжения) осуществляется от накопителя энергии.

Для оценки потенциальных возможностей системы были разработаны специальные модели, которые отображают в том числе поведение реального газа в гидроаккумуляторе. Результаты моделирования проверялись и уточнялись с помощью испытаний на стенде.

На рис. 4 в качестве примера показаны кривые, отражающие изменение силы тяги и скорости в функции времени при наличии гибри-

дной тяги в режиме Boost-Modus и без нее. За счет получения дополнительной силы тяги подвижной состав с гибридной системой может

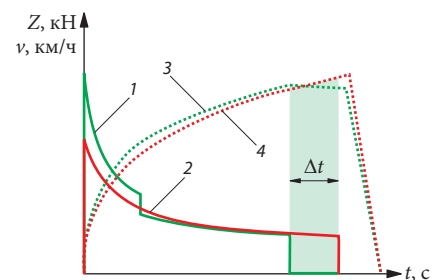


Рис. 4. Сравнение кривых силы тяги и скорости для подвижного состава с гибридной системой и без нее: Z — сила тяги; v — скорость; t — время; 1 — сила тяги с гибридным приводом; 2 — сила тяги без гибридного привода; 3 — скорость с гибридным приводом; 4 — скорость без гибридного привода; Δt — разница во времени движения на выбеге

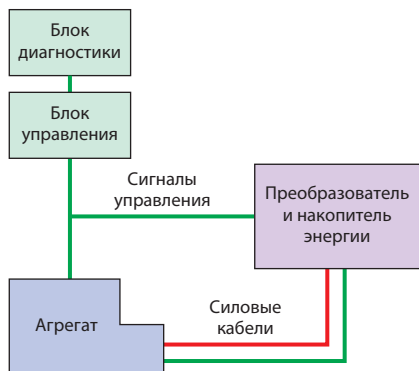


Рис. 5. Схема системы DIWA rail Hybrid

быстрее достичь заданной скорости. При движении в соответствии с графиком можно увеличить долю выбега, сократить ненужные разгоны и получить значительную экономию топлива.

Электрическая система рекуперации энергии

По аналогии с ранее разработанной для автобусов гидромеханической передачей DIWA ее усиленный вариант DIWA rail Hybrid был внедрен на железных дорогах. Автомобильная передача DIWA была дополнена асинхронной машиной, которая поддерживает дизельный двигатель при трогании и разгоне. Основными составными частями этой системы являются преобразователь и накопитель энергии. Накопитель обеспечивает стабильность баланса энергии. В параллельной

гибридной системе использованы элементы автобусной передачи: вспомогательный замедлитель, испытанная электронная система управления E 300 и диагностическая программа Aladin (рис. 5).

Система для использования тепловых потерь SteamDrive/SteamTrac

При сжигании жидкого или газообразного топлива в двигателях внутреннего сгорания в настоящее время более 60% выделяемой топливом энергии остается неиспользованной. Неиспользованная энергия отводится в виде тепловых потерь с отработавшими газами и охлаждающей водой. В связи с этим одним из важных путей повышения эффективности работы силовых установок является техническое использование отходящего тепла, для чего могут применяться термоэлектрические системы или тепловые замкнутые циклы (двигатель Стерлинга, циклы Ренкина или Джоуля). Из соображений эффективности в сочетании с компактностью исполнения компания Voith Turbo разрабатывает свои системы на основе цикла Ренкина (цикл паросиловой установки). Получаемая за счет этого дополнительная мощность может использоваться либо для тяги (SteamTrac), либо для привода вспомогательного оборудования (SteamDrive).

В зависимости от источников тепла и вида теплоотвода выбирают нужное рабочее тело и соответствующий технологический процесс, дающие максимальную экономию при реальных режимах движения подвижного состава.

Для современных дизелей железнодорожного подвижного состава, характеризующихся высокой степенью наддува и рециркуляцией отработавших газов (AGR) при высоких температурах, рассматриваются рабочие среды на основе воды, которые подходят для непосредственного испарения в охладителе AGR. За счет использования тепла, отходящего из системы охлаждения AGR, разгружается система охлаждения самого дизеля, которая в противном случае нагружалась бы сильнее системой охлаждения AGR.

Для циклических режимов работы привода дизель-поездов с большой составной частью режима холостого хода и с постоянными переходами от длительных фаз разгона при полной нагрузке к режиму выбега с низкой нагрузкой дизеля необходим расширительный элемент схемы, который позволял бы работать при больших диапазонах колебаний частоты вращения, так и давления пара. Для этих целей Voith Turbo разработала поршневой экспандер нового типа. На рис. 6 показан замкнутый паровой цикл с основными составляющими частями системы.

Питающий насос подает рабочее тело из резервуара в испаритель, который не занимает дополнительного места, так как он устанавливается в глушителе выпускной системы. Затем перегретое рабочее тело расширяется в экспандере и отдает в результате этого свою энергию в виде крутящего момента на коленчатом валу. В конденсаторе рабочее тело снова превращается в жидкость и возвращается в резервуар.

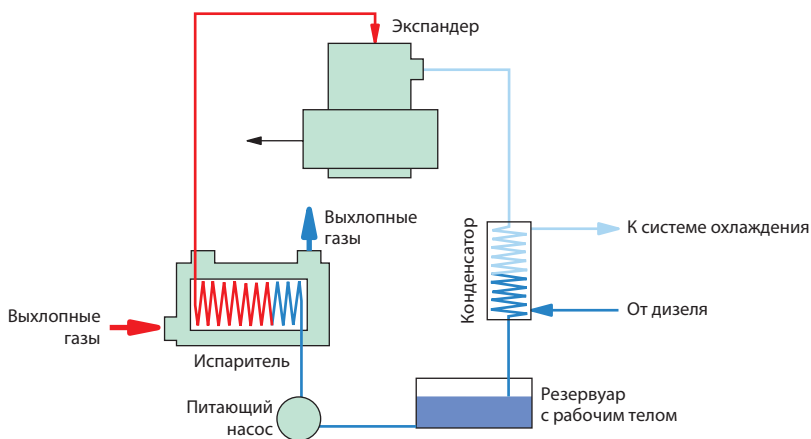


Рис. 6. Замкнутый паровой цикл системы Voith SteamTrac

По материалам компании Voith Turbo (<http://www.voithturbo.com>); Eisenbahningenieur, 2010, № 3, S. 38–41.