



АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОВЕДЕНИЯ ПОЕЗДОВ

ЛЕОНИД ЖЕБРАК, К. Т. Н.

zhebrak@smartwiz.ru

В статье рассматривается возможность снизить расходы операторов подвижного состава на энергию для тяги поездов с помощью адаптивной системы автоведения и предлагается новая модель продаж для железнодорожного транспорта на основе EPC (Energy Performance Contract).

Системы автоведения, управляющие подвижным составом железнодорожного транспорта в автоматическом режиме, подобно автопилоту самолета, начали разрабатываться и внедряться в СССР еще в 60-х гг. прошлого века, прежде всего для экономии энергии. Предполагалось, что применение в системах автоведения вычислительных средств при расчете энергооптимального управления должно обеспечить преимущество перед машинистами в расходе энергии.

Расходы собственников подвижного состава и операторов железных дорог на энергию для тяги поездов составляют значительную долю суммарных затрат. Так, в ОАО «РЖД» в 2013 г. затраты на топливо для тяги поездов составили 81,3 млрд руб., а на электроэнергию — 111,9 млрд руб. [1]. Суммарно доля расходов на энергию для тяги поездов составила 17% общих расходов компании [1]. Доля расходов на тягу поездов компаний — собственников локомотивной тяги, в чьи затраты не входит инфраструктура, может достигать

40%. Очевидно, что для компаний, стремящихся увеличить эффективность своей деятельности, снижение расходов на энергию для тяги поездов должно быть приоритетной задачей.

Возможность значительного снижения расходов на тягу поездов кроется в эксплуатации более экономичного подвижного состава и применении энергоэффективных приемов вождения поездов.

Так, после модернизации дизельных локомотивов «Железной дороги Якутии» [2] расход топлива на тягу поездов сократился до 35%. Удельный расход электроэнергии современных электровозов 2ЭС10 «Гранит» ниже, чем у электровозов ВЛ11 [3], до 30%. Конечно, столь существенная разница в экономии достигается лишь в случае относительно устаревших локомотивов, которые разрабатывались полвека назад.

Если сравнить электровоз 2ЭС10 и современный, но чуть более старый 2ЭС6, оказывается, что расход энергии у 2ЭС10 ниже на 8–10% при двукратной разнице в цене

локомотивов: 2ЭС6 стоит 94 млн руб., а 2ЭС10 — 190 млн руб. Получается, что экономия 10% обходится приблизительно в 100 млн руб. для каждого локомотива. При годовом потреблении электровозом электроэнергии стоимостью примерно 70 млн руб. и при экономии в 10% разница в цене локомотивов окупится примерно через 25 лет. И это без учета стоимости инвестиций.

Другим направлением снижения затрат на энергию для тяги поездов является использование экономичных приемов вождения. Разница в расходе энергии у опытных и начинающих машинистов может быть больше, чем 25%. Однако, как известно, все не могут быть лучшими. Чтобы меньше зависеть от человеческого фактора, можно использовать системы автоведения поездов.

Система автоведения использует:

- информацию о параметрах железнодорожного состава (вес, количество вагонов, их тяговые и тормозные характеристики и др.);
- расписание движения поездов;

- информацию о плане и профиле железнодорожного пути;
- информацию об ограничениях скорости на маршруте движения и сигналах путевой сигнализации.

Владея этими данными, система рассчитывает и реализует такое управление тяговым приводом локомотива или его тормозной системой, при котором будет минимизирован расход энергии на поездную работу, исполнено расписание и соблюдены требования безопасности.

Изначально такие системы устанавливались на пригородные поезда и занимали несколько объемных шкафов с аппаратурой, затем их стали применять в пассажирских и грузовых локомотивах. Системы автоведения электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 интегрированы в систему управления локомотива МПСУиД и вообще не содержат аппаратной части. Наибольшее распространение в России системы автоведения получили в пригородном и пассажирском движении, а за рубежом — в городском рельсовом транспорте.

Грузовые локомотивы используются для перевозки значительно более тяжелых составов и им требуется намного больше энергии, чем пассажирским локомотивам и электропоездам. Поэтому было бы логичным использовать системы автоведения прежде всего в грузовом движении. Что же этому препятствует?

В грузовом движении, в отличие от пассажирского и пригородного, существенную роль приобретают следующие факторы:

- длина состава грузового поезда, как правило, значительно больше пассажирского;
- вес грузового состава, зачастую неравномерно распределенный между вагонами, тоже намного больше пассажирского;
- параметры конкретного грузового состава могут значительно отличаться от обобщенных, используемых при расчете оптимального управления.

Пренебрежение возможными динамическими реакциями в составе поезда, которые зависят от режима движения, расположения состава на элементах профиля пути и распределения веса между вагонами, может привести к аварийным ситуациям — разрыву состава или выдавливанию вагонов.

При расчете энергооптимального управления [4] необходимо знать параметры поезда и среды его функционирования:

- тяговые характеристики локомотива;
- тормозные характеристики поезда;
- сопротивление движению поезда;
- состояние пути;
- вес поезда;
- поездную обстановку.

Неопределенность тяговых характеристик обусловлена наличием допускаемых отклонений при производстве двигателей, изменением их характеристик в процессе эксплуатации, а также отличием двигателей, установленных на электровозе. Причем отличие фактических тяговых характеристик от расчетных, используемых системой управления, может достигать 10%. Тормозные характеристики зависят от состояния тормозного оборудования подвижного состава и погодных условий, которые также влияют и на сопротивление движению. Однако в большей степени на сопротивлении движению сказываются свойства самого состава и состояние железнодорожного пути. По различным оценкам, величина сопротивления движению может отличаться от расчетных значений до 20%. Неопределенность состояния пути проявляется в изменении сцепных свойств, которые также изменяются в значительных пределах (более чем на 50%). Отклонение фактического веса поезда от его расчетного значения также вносит неточность. Неопределенность поездной обстановки, а именно неопределенность движения на впереди лежащем участке, приводит к неверному расчету управляющего воздействия и, как следствие, перерасходу энергии.

Необходимо также учитывать взаимосвязь параметров подвижного состава. Отклонение веса поезда от расчетного значения оказывает непосредственное влияние на величины сопротивления движения, а состояние пути ограничивает возможность использования тяговых свойств электровоза.

Кроме того, скорость изменения различных характеристик не одинакова. Тяговые и тормозные характеристики, вес поезда в процессе движения практически не изменяются. А вот сопротивление движению,

поездная обстановка и состояние пути могут меняться весьма значительно.

Очевидно, отклонения реальных характеристик от используемых системой автоведения при расчетах значительно снижают ее эффективность и безопасность. Также, если водитель при управлении автомобилем не обратит внимания на скользкое дорожное покрытие, это в лучшем случае приведет к перерасходу топлива.

Таким образом, в настоящее время основными причинами весьма ограниченного использования систем автоведения, прежде всего в грузовом движении, являются их недостаточная энергоэффективность — на 7,1% ниже, чем у лучших машинистов [5], — и динамические реакции в составе поезда, вынуждающие машинистов в целях безопасности отключать систему автоведения.

Для решения прежде всего проблем энергоэффективности и безопасности компанией SmartWIZ была разработана система автоведения SATO™, использующая уникальную технологию EAD-tech™, которая при расчете энергооптимального управления использует актуальные характеристики подвижного состава, определяемые в процессе движения без какого-либо дополнительного оборудования. Алгоритмы расчета энергооптимального управления построены таким образом, чтобы динамические реакции, возникающие в составе поезда, оставались бы на минимально возможном и безопасном уровне.

SATO представляет собой программный продукт, встраиваемый в цифровую систему управления тягового подвижного состава (локомотива, дизельного или электропоезда) и взаимодействующий с его системами безопасности, в том числе и с ETCS (рис. 1). Вся информация, необходимая для управления, SATO может получать от систем локомотива. Если же такой возможности нет, информация может храниться непосредственно в SATO.

Адаптивность к изменению характеристик позволяет достичь до 20% экономии потребляемой на тягу поездов энергии. Что это значит?

Грузовой локомотив потребляет на тягу поездов дизельное топливо или электроэнергию стоимостью от 750 тысяч долларов в год, а более

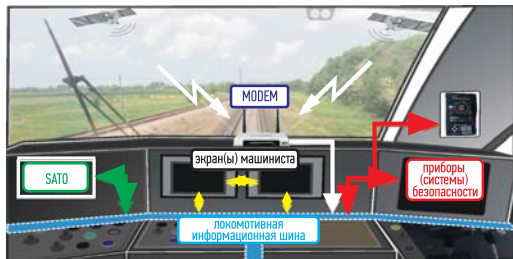


РИС. 1. ▲
Взаимодействие SATO
с системами локомотива

мощные электровозы — до 1 млн 200 тысяч долларов в год для каждого локомотива. Таким образом, экономический эффект применения SATO может достигать от 150 тысяч долларов до 240 тысяч долларов в год.

Максимальная эффективность может быть достигнута только тогда, когда машинисты будут активно пользоваться системой, не опасаясь аварийных ситуаций, собственники локомотивной тяги будут заинтересованы в экономии энергии, а разработчики — в постоянном развитии системы и удовлетворении пожеланий машинистов.

Существующие модели продаж все риски, связанные с низкой эффективностью системы и неу-

добством использования, после продажи переключаются на покупателей, так как не предусматривают эффективных экономических механизмов мотивации разработчика систем автоведения в ее совершенствовании и устранении недостатков, так или иначе препятствующих ее широкому использованию.

Модель продаж SATO предусматривает получение оплаты из средств, полученных от экономии энергии в результате ее использования. В этом случае в максимальной энергоэффективности оказываются заинтересованы и покупатели, и разработчики: чем более энергоэффективна система, чем быстрее и качественнее удовлетворяются пожелания машинистов, тем больше она будет использоваться тем большую плату будет получать разработчик и тем большую экономию — собственник локомотивов.

Таким образом, производительность вычислительных средств, применение цифровых систем управления в современном подвижном составе железнодорожного транспорта и использование

уникальных технологий адаптивного управления EAD-tech в системе автоведения SATO позволяет добиться существенного снижения расхода энергии на тягу поездов и предложить новую модель продаж, обеспечивающую заинтересованность в повышении эффективности системы автоведения в процессе эксплуатации операторов тягового подвижного состава, разработчиков системы автоведения и тысяч машинистов. ●

ЛИТЕРАТУРА:

1. Годовой отчет ОАО «РЖД» за 2013 год. С. 111.
2. Шимохин В. В. Методы модернизации российских тепловозов (на примере республики Саха (Якутия)). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук в форме научного доклада: 05.02.22 — Организация производства. Москва, 2011.
3. Гапанович В. А. Инновационная деятельность «Российских железных дорог» // Евразия. Вести. 2013. №VIII.
4. Жебран Л. М., Елисеев И. А. Постановка задачи оперативного уточнения действующей на поезд силы тяги в процессе движения // Перспективные задачи развития железнодорожного транспорта. С. 35-39.
5. Коротких А. В., Гусев А. Н., Донской А. Л., Завьялов Е. Е. Система автоведения работает успешно // Локомотив. 2006. №2. С. 33-35.