

Кулагин Дмитрий Александрович – к.т.н., доцент Запорожского национального технического университета (г. Запорожье, Украина)

РЕАЛИЗАЦИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ВЕДЕНИЯ МОТОРВАГОННЫХ АВТОНОМНЫХ ПОЕЗДОВ ПО НАКЛОННЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ПРОФИЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Аннотация

Проанализированы способы ведения моторвагонных автономных поездов по уклонам для достижения экономии первичных энергоресурсов за счет использования кинетической энергии подвижного состава, на основании которых возможно построение подсистемы автоведения поезда.

***Ключевые слова:** моторвагонный поезд, алгоритм ведения, кинетическая энергия, наклонный элемент профиля, экономия, автоведение.*

Постановка проблемы. Сложность реализации рациональных алгоритмов ведения моторвагонных автономных поездов заключается в том, что кроме учета электрических и электромагнитных процессов в тяговой электропередаче моторвагонного поезда для полноценного управления тяговым асинхронным двигателем нужно учитывать характеристики всей силовой установки поезда и условия его движения:

- характеристики дизель-генератора;
- характеристики тягового электрического генератора;
- законы сопротивления движению железнодорожного состава;
- ограничения, которые возникают по условиям сцепления колеса с рельсами;
- ограничения по максимальным ускорению, рывку и скорости.

Постановка задачи. Целью данного исследования является определение рациональных алгоритмов ведения моторвагонного автономного поезда переменного тока по наклонным элементам профиля пути, на основании которых возможно построение подсистемы автоведения моторвагонного поезда для достижения экономии первичных энергоресурсов за счет использования кинетической энергии поезда.

Анализ исследований по теме. На практике, по исследованиям многих ученых [1-6], является нецелесообразным и почти невозможным учет всех существующих ограничений и факторов, действующих на подвижной состав в одном функционале оптимального управления. В большинстве случаев является рациональным решение отдельных задач управления с ограниченным количеством факторов управления, которые имеют влияние на определенный функционал и дальнейшее объединение таких задач управления в единую структуру на основе системы автоведения подвижного состава [1-4]. При выборе рациональных режимов ведения моторвагонного поезда, в случае перехода со спуска на подъем, возможным является использование в качестве

базовых алгоритмов изменения скорости подвижного состава, заложенные в работе [1] алгоритмы ведения по уклонам тепловозов.

Изложение основного материала исследования. Исходным вопросом в задаче рационального управления тяговой электропередачей моторвагонного поезда является определение предельного значения скорости движения поезда, которой он должен достичь для прохождения соответствующего участка пути (зачастую она достигается непосредственным изменением значения модуля вектора потокосцепления тягового асинхронного двигателя). Это нужно для определения нижнего граничного уровня регулирования магнитного состояния тягового асинхронного двигателя.

Согласно первому возможному алгоритму движения моторвагонного поезда по наклонному участку железнодорожного пути, при переходе со спуска на подъем, показанного на рис. 1, перед приближением к окончанию спуска и переходом на подъем машинист должен перевести моторвагонный поезд в режим набора скорости, что отвечает участку BC , относительно предыдущего режима движения по спуску со скоростью, которая отвечала участку AB , к предельно возможному уровню, который задан участком CD , где скорость определяется рядом граничных условий. После этого моторвагонный поезд входит в зону подъема железнодорожного пути, вследствие чего его скорость будет меняться согласно с участком DE , с постепенным изменением до определенной средней скорости движения по перегону, что показано на участках EF и FG соответственно.

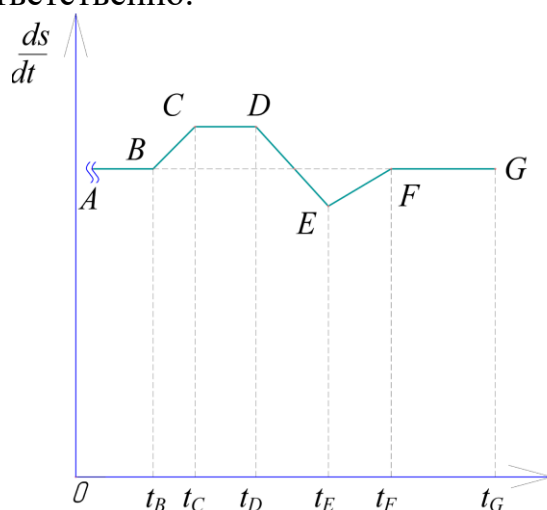


Рисунок 1 - Графическая интерпретация первого возможного алгоритма движения моторвагонного поезда по наклонному участку железнодорожного пути

Более распространенным способом управления, согласно рекомендациям [7-10], является следующий, проиллюстрированный рис. 2, согласно которому перед приближением к окончанию спуска и переходом на подъем машинист должен перевести моторвагонный поезд в режим набора скорости, которая будет отвечать участку BC относительно предыдущего режима движения по спуску со скоростью, которая отвечала участку AB , до предельно возможного уровня на данном спуске. Причем данный уровень скорости достигается

непосредственно в конце спуска, со следующим моментальным переходом моторвагонного поезда в зону подъема железнодорожного пути, вследствие чего его скорость будет меняться согласно участку CD , с постепенным изменением до определенной средней скорости движения по перегону, что показано на участках DE и EF соответственно.

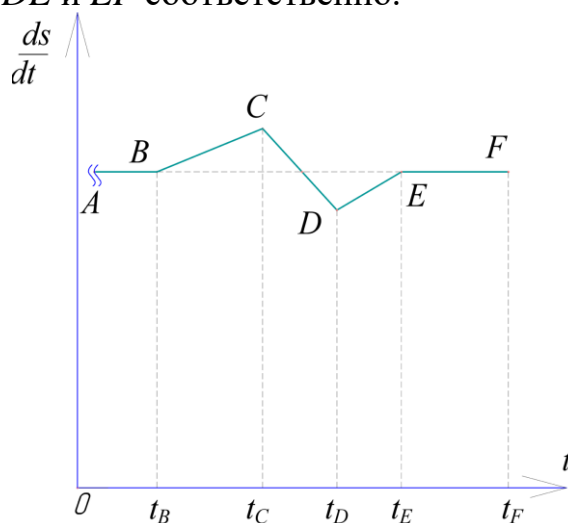


Рисунок 2 - Графическая интерпретация второго возможного алгоритма движения моторвагонного поезда по наклонному участку железнодорожного пути

Рассмотрим следующий алгоритм, проиллюстрированный рис. 3.

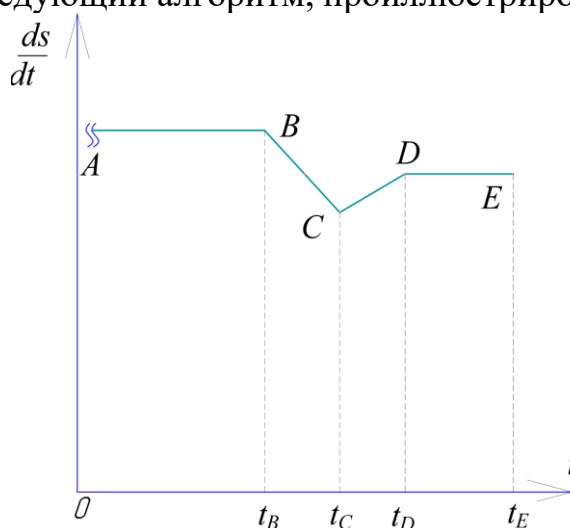


Рисунок 3 - Графическая интерпретация третьего возможного алгоритма движения моторвагонного поезда по наклонному участку железнодорожного пути

В данном алгоритме моторвагонный поезд набирает скорость, большую необходимой средней скорости движения по перегону, что отвечает участку AB , со следующим переходом моторвагонного поезда в зону подъема железнодорожного пути. Вследствие этого скорость поезда будет изменяться согласно участку BC , с постепенным изменением до определенной средней скорости движения по перегону, что показано на участках CD и DE соответственно.

С точки зрения рациональности выбора режима ведения моторвагонного поезда, согласно рекомендациям [7-10], наименее приемлемым, но допустимым, является случай, проиллюстрированный на рис. 4.

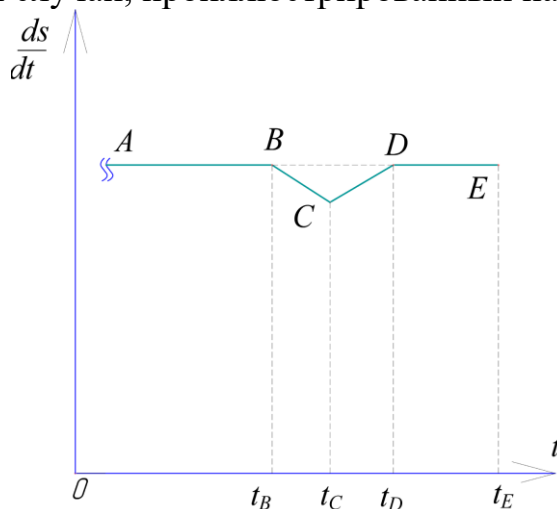


Рисунок 4 - Графическая интерпретация четвертого возможного алгоритма движения моторвагонного поезда по наклонному участку железнодорожного пути

В данном режиме моторвагонный поезд двигаясь по спуску не набирает дополнительную скорость, большую чем средняя скорость движения по перегону, что отвечает участку AB . При переходе в зону подъема железнодорожного пути его скорость будет уменьшаться согласно участку BC , с постепенным изменением до определенной средней скорости движения по перегону, что показано на участках CD и DE соответственно. Данный режим ведения не обеспечивает топливной экономии, так как уменьшение средней скорости движения по подъему компенсируется за счет работы тягового двигателя, а не за счет использования кинетической энергии.

По исследованиям [1] возможным также является следующий алгоритм, проиллюстрированный рис. 5.

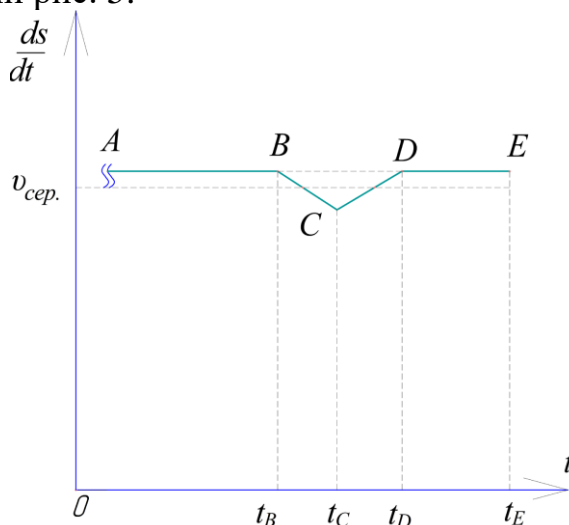


Рисунок 5 - Графическая интерпретация движения моторвагонного поезда по наклонному участку железнодорожного пути, при переходе со спуска на подъем, с предварительным набором избыточной скорости

Согласно рис. 5 машинист минует участок спуск-подъем со средней скоростью, значение которой больше, чем установленная для движения по перегону. Это позволяет компенсировать уменьшение кинетической энергии во время перехода на подъем.

Выводы. 1. Определены общие подходы обеспечения рационального алгоритма ведения моторвагонного автономного поезда переменного тока по наклонным элементам профиля пути.

2. Режим ведения моторвагонного поезда выбирается в соответствии с расписанием движения и условий, которые характеризуют определенные тягово-энергетические показатели. При этом машинист должен обязательно учесть возможность использования кинетической энергии, накопленной на спусках для движения по следующим подъемам. Кроме того, такую возможность необходимо закладывать при построении оптимальных режимных карт движения для систем автоведения.

3. На основании проведенного исследования возможно дальнейшее построение подсистемы автоведения моторвагонного поезда для достижения экономии первичных энергоресурсов за счет использования кинетической энергии поезда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Ю. П. Оптимальное управление движением транспортных средств. Библиотека по автоматике выпуск 373. – Л. : Энергия, 1969. – 96 с.
2. Петров Ю. П. Оптимальное управление электроприводом. – М., Л. : Госэнергоиздат, 1961. – 187 с.
3. Петров Ю. П. Вариационные методы теории оптимального управления. – Л. : Энергия, 1977. – 280 с.
4. Петров Ю. П. Оптимальное управление электрическим приводом с учетом ограничений по нагреву. – Л. : Энергия, 1971. – 144 с.
5. Автоматизация систем управления электрическим подвижным составом: Учеб. пособие для вузов ж-д. трансп. / Под общ. ред. А. В. Плакса. – М. : Трансжелдориздат, 1963. – 215 с.
6. Костромин А. М. Оптимизация управления локомотивом. – М. : Транспорт, 1979. – 119 с.
7. Цукало П. В. Экономия электроэнергии на электроподвижном составе. – М. : Транспорт, 1983. – 174 с.
8. Черепашенец Р. Г. Вождение поездов / Р. Г. Черепашенец, В. А. Бирюков, В. Т. Понкрашов, А. Н. Судаловский; под ред. Р. Г. Черепашенца. – М. : Транспорт, 1994. – 304 с.
9. Дубровский З. М. Электровоз. Управление и обслуживание / Дубровский З. М., Курчатова В. А., Томфельд Л. П. – М. : Транспорт, 1979. – 231 с.
10. Калько В. А. Тепловоз. Иллюстрированное пособие машинисту / Калько В. А., Медведев Г. Г., Рукавишников Ю. А. – М. : Транспорт, 1967. – 223 с.