

УДК 62.83

**АНАЛИЗ ТОРМОЗНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

И.П. Волков, М.В. Савин, П.И. Розкаряка
Донецкий национальный технический университет

В статье рассмотрена Simulink-модель модель тягового электропривода с автономным источником питания. Система позволяет плавно регулировать ток и скорость двигателя, а также обеспечивает режим рекуперации энергии. Для обеспечения тока заряда аккумулятора в допустимых пределах в систему вводится промежуточный накопитель энергии на основе суперконденсатора.

Одним из основных потребителей нефтяных ресурсов является автомобильный транспорт. В связи с бурным ростом количества автомобилей запасы этих ресурсов исчерпываются [1-6]. По прогнозам, при нынешних темпах потребления существующих запасов нефти хватит на 30-50 лет. Кроме этого, не менее важным является экологический аспект, поскольку двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются основными источниками вредных выбросов. К другим важным недостаткам можно отнести то, что КПД ДВС не достигает 30%, необходимый крутящий момент достигается в узком диапазоне скорости вращения. Поэтому весьма перспективной альтернативой ДВС является привод на базе электрического двигателя. Электромобили приобретают все большую популярность, имеют много преимуществ по сравнению с «традиционными» автомобилями и в ближайшем будущем будут продолжать завоевывать эту сферу транспорта. Поэтому исследования, связанные с режимами работы электромобилей – электромеханических систем транспортных средств – являются актуальными.

В исследованиях за основу принята система электропривода инвалидной коляски с автономным источником питания, двигателем постоянного тока независимого возбуждения, системой управления на базе IGBT-транзисторов и тиристором в узле рекуперации энергии. Это выбор связан с наличием указанного оборудования в лаборатории кафедры ЭАПУ. Параметры мотор-колес коляски, используемые для моделируемого двигателя:

- Номинальное напряжение, $U_{ном} = 24$ В;
- Номинальный ток, $I_{ном} = 80$ А;

- Номинальная мощность, $P_{\text{ном}} = 0,35$ кВт;
- Номинальная скорость двигателя, $\omega_{\text{ном}} = 4000$ об/мин;
- Сопротивление обмотки якоря, $R_a = 0,09$ Ом;
- Индуктивность обмотки якоря, $L_a = 0,0045$ Гн;
- Сопротивления обмотки возбуждения, $R_f = 84$ Ом;
- Индуктивность обмотки возбуждения, $L_f = 46$ Гн;

Была разработана Simulink-модель модель тягового электропривода с автономным источником питания. Модель представлена на рис. 1. Процесс моделирования был разделен на несколько относительно простых этапов для анализа результатов каждого режима.

Источник питания в данной модели представлен подсистемой (Battery), включающей в себя два последовательно соединенных аккумулятора напряжением 24В и ёмкостью 40Ач. Для управления двигателем используется подсистема Chopper, состоящая из управляемых ключей на основе IGBT-транзисторов с обратными диодами. Такая система позволяет плавно регулировать ток и скорость двигателя, а также обеспечивает режим рекуперации энергии. Для обеспечения тока заряда аккумулятора в допустимых пределах в систему вводится промежуточный накопитель энергии на основе суперконденсатора.

На первом этапе рассмотрен плавный разгон двигателя до номинальной скорости и генераторное торможение (см. рис. 2). Графики изменения напряжения и тока аккумуляторной батареи (АКБ) приведены на рис. 3 и 4 соответственно. Анализ графика тока аккумулятора показывает, что при заряде через АКБ протекает ток, превышающий номинальный. Это может привести к закипанию электролита и повреждению АКБ взрывом. Таким образом, в режиме рекуперативного торможения выделяется энергия, которая не может быть напрямую воспринята источником питания. Для отвода энергии рекуперации предлагается используется суперконденсатор [1,4-6], подключаемый на время торможения. На рис. 5 представлен график тока, протекающего через суперконденсатор. Ток аккумулятора в модели с ионистором представлен на рис. 6.

В приведенной модели присутствуют два дополнительных ключа для отдельного управления током аккумулятора и ионистора. Управляющий сигнал для ключей формируется полярностью тока двигателя. При разгоне и вращении с установившейся скоростью ключ аккумулятора открыт, а ионистора – закрыт. В момент торможения ключ ионистора открывается, а аккумулятора закрывается. Таким образом, энергия рекуперации переходит в ионистор, предохраняя АКБ от повреждения большим током.

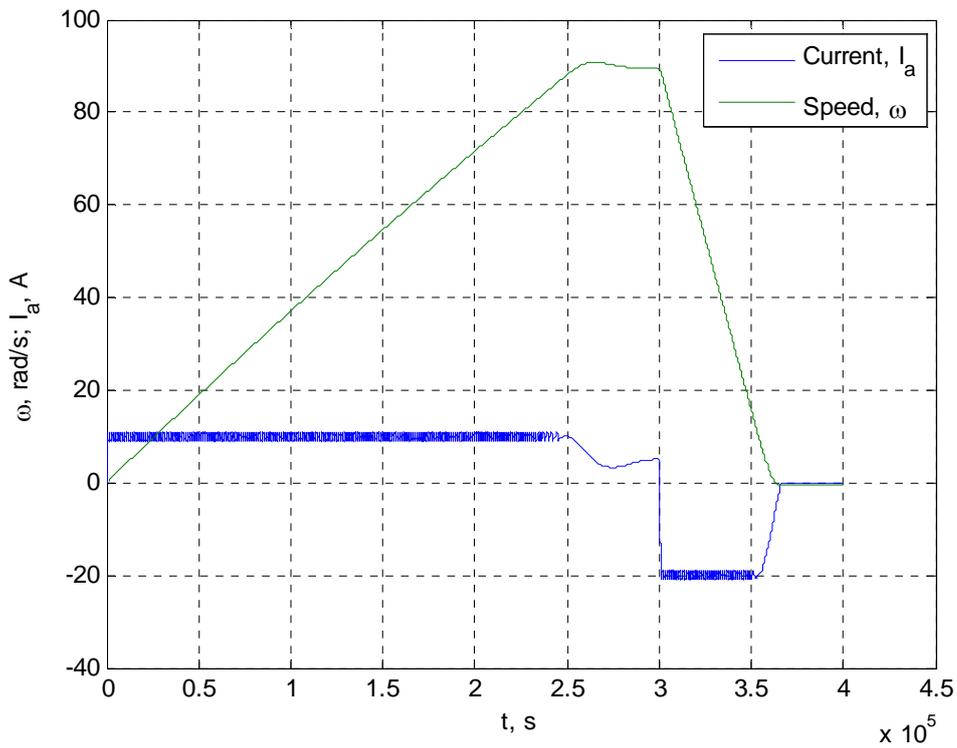


Рис.2 – Ток и скорость двигателя

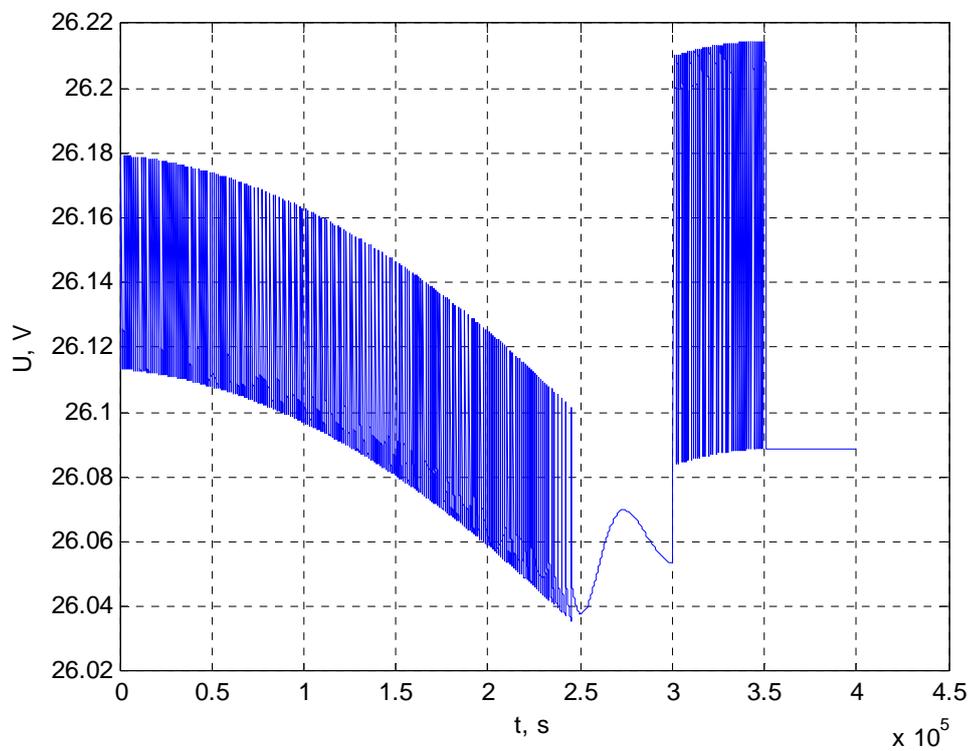


Рис.3 – Напряжение на АКБ при разгоне и торможении

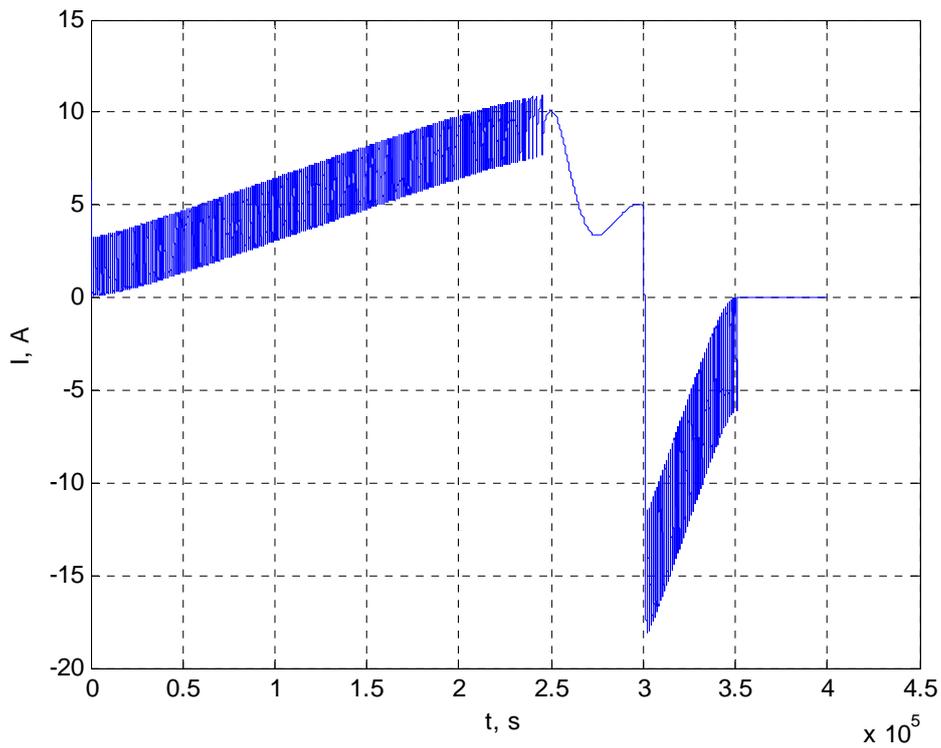


Рис.4 – Ток разряда и заряда аккумулятора

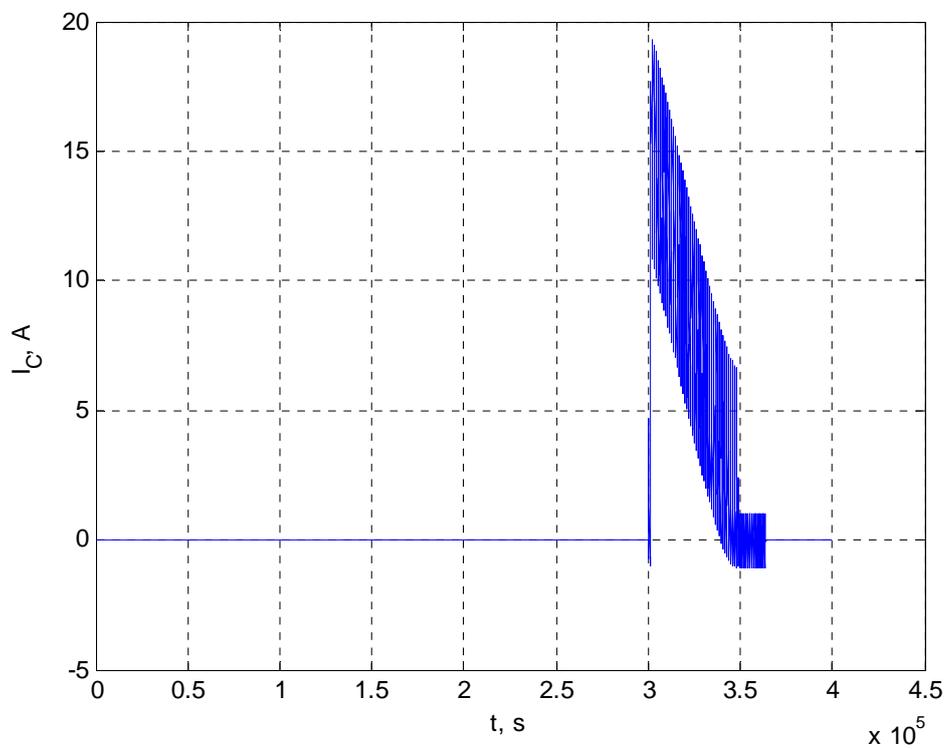


Рис.5 – Ток через суперконденсатор

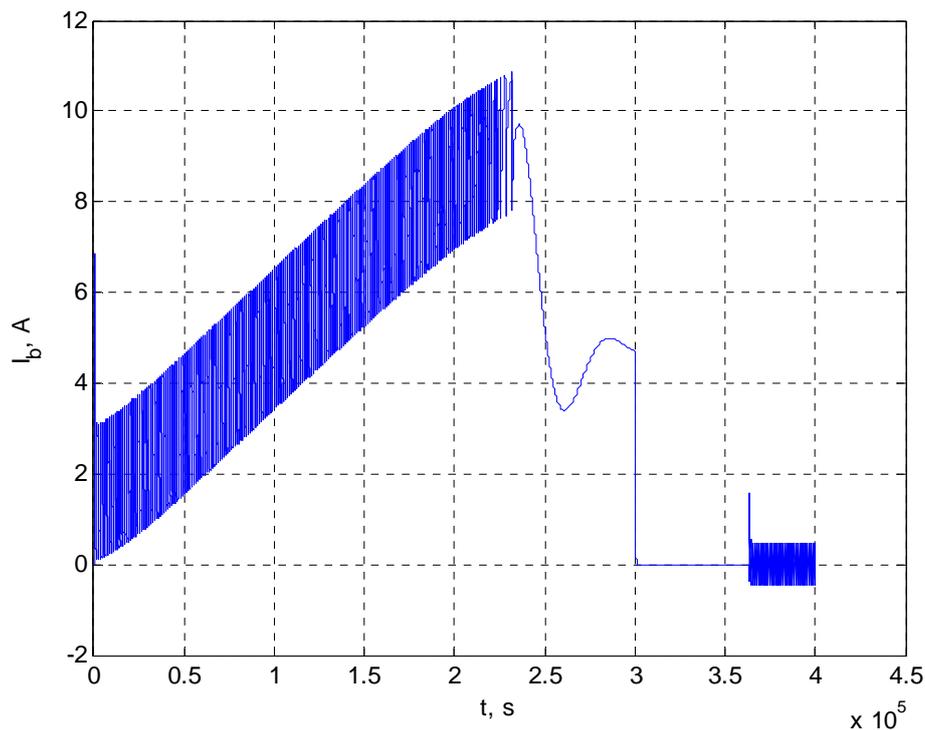


Рис.6 – Ток аккумулятора в модели с ионистором

Перечень ссылок

1. Бушер В.В. Моделирование электропривода электромобиля с системой рекуперации энергии на базе суперконденсатора / В.В. Бушер, В.Г. Герасимяк // Проблемы автоматиз. ЭП – с. 419-420.
2. Фадейкин Т.Н. Моделирование элементов тягового электропривода автономных транспортных средств / Т. Н. Фадейкин, Я. А. Бредихина // Электромех. та енергозберіг. системи – 2013, с. 336-339.
3. Клепиков В.Б. К разработке электропривода электромобиля / В.Б. Клепиков, А.С. Гончар, Е.И. Махносов // Электромеханические и компьютерные системы № 03 (79) – 2011, с. 128-130.
4. Клепиков В.Б. Лабораторные исследования электропривода электромобиля с суперконденсаторной батареей / В.Б. Клепиков, А.С. Гончар, А.Н. Моисеев, А.В. Семиков // Проблемы автоматизированного электропривода – с. 441-443.
5. Шидловский А.К., Павлов В.Б., Попов А.В. Применение суперконденсаторов в автономном аккумуляторном электротранспорте // Технічна електродинаміка. – 2008. – № 4. – с. 43–47.
6. Клепиков В.Б. Рекуперативные режимы работы электропривода электромобиля с суперконденсаторами / В.Б. Клепиков, А.С. Гончар // Електромеханічні та енергозберігаючі системи – 2012, с. 216-218.