

С.Г. БУРЯКОВСКИЙ, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»;
О.Ю. ТКАЧЕВ, студент НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ НА БАЗЕ DAEWOO LANOS

Проведено исследование динамических свойств электромотобила Daewoo Lanos на математической модели с применением вентильно-индукторного реактивного двигателя с редуктором. Исследовано целесообразность и эффективность применения электрической тяги, как альтернативного источника механической энергии. Получены скоростные характеристики электромотобила при использовании электрического привода.

Проведено дослідження динамічних властивостей електромотобила Daewoo Lanos на математичній моделі із застосуванням вентильно-індукторного реактивного двигуна з редуктором. Досліджено доцільність та ефективність застосування електричної тяги, як альтернативного джерела механічної енергії. Отримані швидкісні характеристики електромотобила при використанні електричного привода.

Research of dynamic properties of electric car of Daewoo Lanos is conducted on a mathematical model with the use of valve-inductor ramjet with a reducing gear. Expedience and efficiency of application of electric traction is investigational, as an alternative mechanical energy source. Speed descriptions of electric car are got at the use of electric drive.

Постановка проблемы. Экологическая ситуация в больших городах мира в последние годы значительно ухудшается. В ряде стран вводятся жесткие нормы выбросов вредных веществ автомобилей. Это в первую очередь касается США, стран Западной Европы, Японии. Из года в год ухудшается экологическая обстановка и в Украине. Например, ежегодный прирост выбросов вредных веществ от автомобилей, эксплуатируемых в г. Харькове, за последние 5-6 лет составил около 9%, а их валовой вклад в загрязнение окружающей среды превышает 87%. Кроме этого автомобильный транспорт является основным источником шума и создает 80% всех зон акустического дискомфорта.

Электромотобили в значительной мере могут решить указанные выше проблемы. Однако на пути их создания возникают большие технические и экономические трудности. Успех в решении этой задачи зависит от правильного выбора критерия эффективности работы электромотобила. Исследования могут быть осуществлены как на основе экспериментальных данных, так и с помощью математического моделирования, что наиболее рационально и экономически целесообразно.

Цель статьи – разработка математической модели и исследование на ней скоростных характеристик электромотобила на базе Daewoo Lanos с использованием ВИРД.

Исследование применения вентильно-индукторных реактивных двигателей в электроприводах электромобилей является актуальной задачей.

Практически все ведущие автомобилестроительные компании мира ведут работы по созданию электромобиля. Наибольшие успехи достигнуты в области энергетических систем электромобилей. Это стало возможным благодаря улучшению характеристик, как емкостных накопителей энергии, так и импульсных аккумуляторных батарей, позволяющих осуществлять быстрый заряд и разряд при высоком к.п.д.

Наиболее рациональным для привода электромобиля есть вариант электромеханического преобразователя реактивного типа (без обмотки на роторе). Вентильно-индукторный реактивный двигатель - это мехатронная система, которая состоит минимум из электромеханического преобразователя (ЭМП), датчика положения ротора (ДПР) произвольного типа и электронного коммутатора (ЭК). Преимущественно, ЭК используют для регулировки вращения вала и момента. Поэтому в базовой структурной схеме ВИРД целесообразно включить и систему управления (СУ) (рис.1). Силовой полупроводниковый преобразователь состоит из группы электронных ключей, в данном случае тиристоров, открытое или закрытое состояние которых определяется положением пассивного ротора, фиксированного специальным бесконтактным датчиком положения ротора, и сигналами блока управления, благодаря чему формируются необходимые токи в обмотках двигателя.

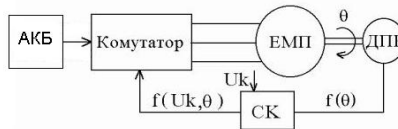


Рисунок 1 – Структурная схема ВИРД

Для создания математической модели электромобиля были использованы следующие дифференциальные уравнения:

- дифференциальные уравнения вентильного коммутатора:

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \frac{U_n}{4} + \frac{U_n}{2} \cos\left(\frac{\pi}{2}\gamma\right) + \frac{U_n}{4} \cos(\pi\gamma), \\
 U_2 &= \frac{U_n}{4} + \frac{U_n}{2} \sin\left(\frac{\pi}{2}\gamma\right) - \frac{U_n}{4} \cos(\pi\gamma), \\
 U_3 &= \frac{U_n}{4} - \frac{U_n}{2} \cos\left(\frac{\pi}{2}\gamma\right) + \frac{U_n}{4} \cos(\pi\gamma), \\
 U_4 &= \frac{U_n}{4} - \frac{U_n}{2} \sin\left(\frac{\pi}{2}\gamma\right) - \frac{U_n}{4} \cos(\pi\gamma),
 \end{aligned}$$

- дифференциальные уравнения фазных токов:

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{U_1 + z_2 \omega L_M \sin(z_2 \Theta) i_1 - R_1 i_1}{L_0 + L_M \cos(z_2 \Theta)},$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{U_2 - z_2 \omega L_M \cos(z_2 \Theta) i_2 - R_2 i_2}{L_0 + L_M \sin(z_2 \Theta)},$$

$$\frac{di_3}{dt} = \frac{U_3 - z_2 \omega L_M \sin(z_2 \Theta) i_3 - R_3 i_3}{L_0 - L_M \cos(z_2 \Theta)},$$

$$\frac{di_4}{dt} = \frac{U_4 + z_2 \omega L_M \cos(z_2 \Theta) i_4 - R_4 i_4}{L_0 - L_M \sin(z_2 \Theta)},$$

- уравнение момента:

$$M = -\frac{z_2}{2} L_M [(i_1^2 - i_3^2) \sin(z_2 \Theta) - (i_2^2 - i_4^2) \cos(z_2 \Theta)]$$

- дифференциальные уравнения частоты вращения и угла поворота:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M - M_{on}),$$

$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega.$$

Приведенные выше уравнения ВИРД является основой для построения модели в программном пакете Matlab Simulink.

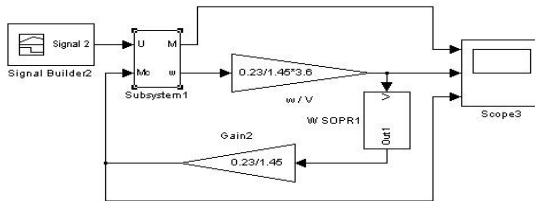


Рисунок 2 – Математическая модель электрического привода электромобиля с ВИРД

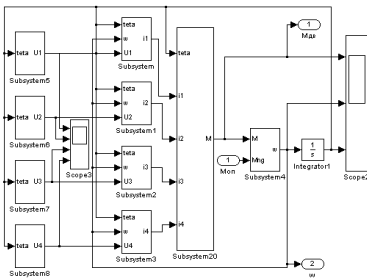


Рисунок 3 – Модель ВИРД

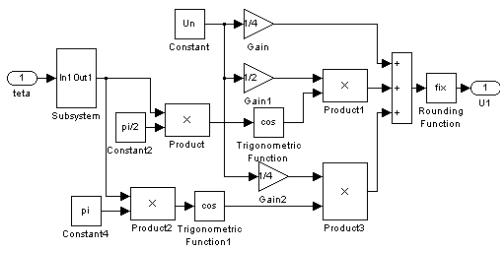


Рисунок 4 – Модель блока, реализующего фазное напряжение U_1

Результаты моделирования приведены ниже.

Для определения наиболее пригодных для городского цикла динамических показателей электромобиля были проведены исследования

математической модели, с применением различных сигналов питающего напряжения.

Таблица – Применяемые сигналы

Обозначение сигнала питания	U, В	Время нарастания напряжения, сек
Сигнал №1	270	8
Сигнал №2		9
Сигнал №3		10

Построим три графика с применением вышеуказанных сигналов.

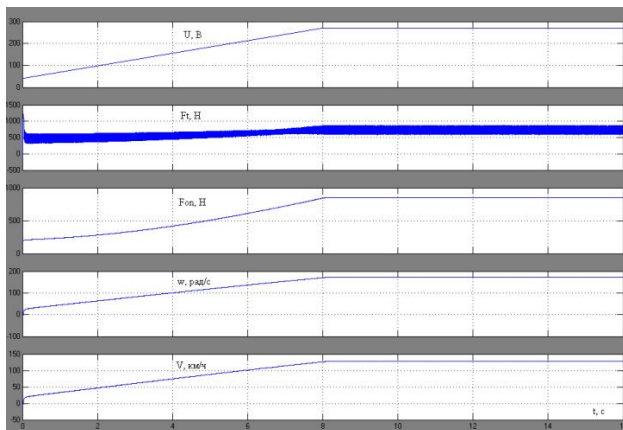


Рисунок 5 – Результаты расчетов при сигнале питания №1

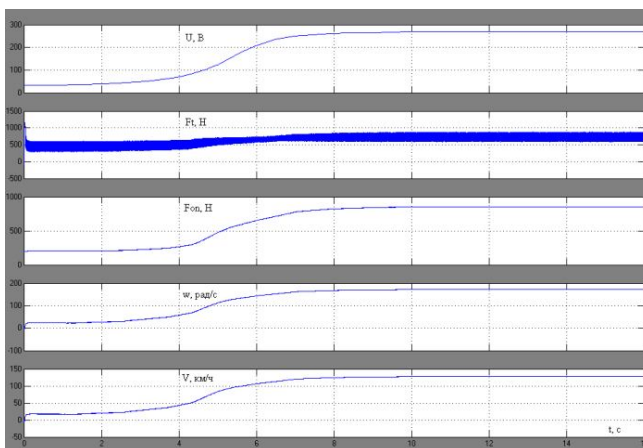


Рисунок 6 – Результаты расчетов при сигнале питания №2

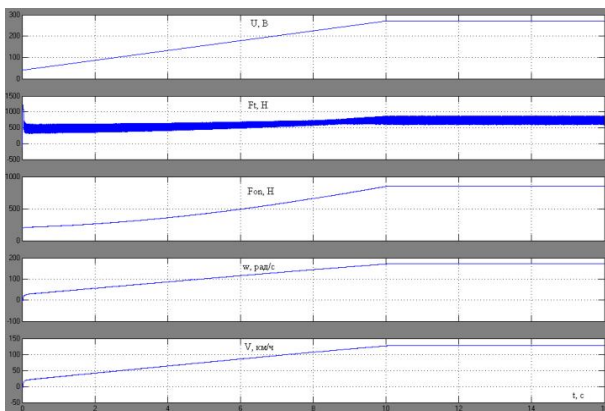


Рисунок 7 – Результаты расчетов при сигнале питания №3

Рис.5, рис.6 – линейно нарастающие сигналы, рис.7 – s-образная задача сигнала.

Проведя анализ вышеуказанных результатов расчетов, было определено, что при применении сигнала питания №3 электромобиль будет иметь наиболее оптимальные динамические характеристики для городского цикла движения. Самая главная проблема электромобиля – это трогание с места, так как при нем возникает буксование. Для того чтобы его предотвратить сознательно затягиваем процесс трогания, зато ускоряемся в середине и потом в конце плавно выходим на линейный участок, т.е. для трогания убираем эффект буксования и трогаемся с минимизацией потерь по аккумулятору и по буксованию.

На рис.8 приведены дополнительные координаты, которые не были приведены на рис.7, характеризующие динамику электромобиля.

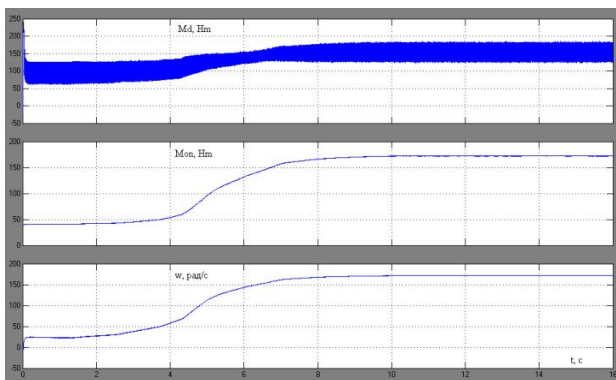


Рисунок 8 – Динамические показатели двигателя при сигнале №3

Также была разработана в среде SolidWorks 3D модель электромобиля на базе Daewoo Lanos с ВИРД и редуктором.

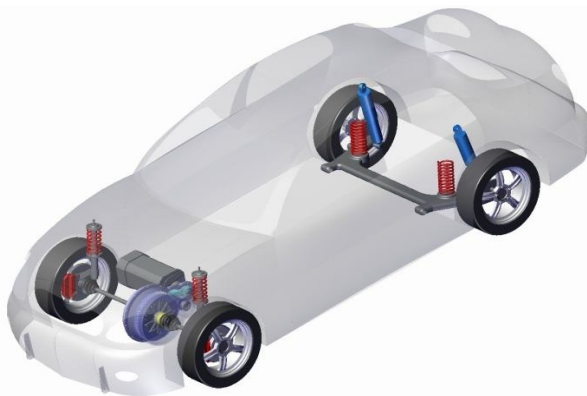


Рисунок 9 – 3D визуализация электромобиля на базе Daewoo Lanos

Результаты. Было проведено исследование на математической модели режимов разгона с применением вышеописанных сигналов питающего напряжения электромобиля на базе Daewoo Lanos с ВИРД. Получены графики разгона электромобиля.

Выводы. Проведенное исследование показало, что электромобиль с ВИРД при использовании характеристик сигнала питания №2 разгоняется до скорости в 100 км/ч за 5,8 сек. Интенсивность разгона можно регулировать в широком диапазоне и она ограничивается лишь условиями срыва в буксование и глубиной разряда АКБ.

Список литературы: 1. Вентильные индукторно-реактивные двигатели / Ю.А. Голландцев. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ «Электроприбор», 2003.-148с. 2.Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с., ил. 3. Свириденко П.А. и Шмелев А.Н. Основы автоматизированного электропривода. Учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматизация и комплексная механизация процессов легкой и текстильной промышленности». М., «Высш. школа», 1970. 392 с. с илл. 4. Москаленко В.В. Электрический привод. М., «Высш. школа», 1991. 423 с.

Поступила в редколлегию 03.04.2012