

Моделирование электропускковой системы автомобиля при ограничении пускового тока

И. С. Одинцов¹, В.В. Королев²

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

¹odintsovis@hotmail.com, ²vvkorolev@etu.ru

Аннотация. Базовой электрической машиной в системе интегрированного исполнения стартера и генератора автомобиля является синхронная машина с возбуждением от постоянных магнитов. В режиме электропуска она представлена как бесконтактный двигатель постоянного тока. В данной статье представлена модель двухконтурной системы автоматического регулирования в пусковом режиме при ограничении пускового тока.

Ключевые слова: стартер; генератор; синхронная машина; моделирование

Рассмотрены вопросы моделирования работы электропускковой системы автомобиля на базе интегрированного стартер-генератора. Стартер-генератор рассматривается на основе синхронной машины с возбуждением от постоянных магнитов (СМПМ). В стартерном режиме СМПМ с системой управления представляет собой бесконтактный двигатель постоянного тока (БДПТ). Предложено создать структуру управления двигателем и модель, обеспечивающую ограничение пускового тока.

При синтезе регулятора скорости математическое описание бесконтактного двигателя постоянного тока упрощается, заменяя его эквивалентным двигателем постоянного тока. Система уравнений, описывающая двигатель постоянного тока будет иметь вид:

$$\begin{cases} U_s = L_s \frac{di_s}{dt} + i_s R_s + e_a \\ J \frac{d\omega_m}{dt} = M - M_n \\ \frac{d\theta}{dt} = \omega_m \\ e_a = K_e \omega_m; M = K_M i_s \end{cases} \quad (1)$$

где U_s , i_s – напряжение и ток статора; L , R , Φ , J , p – параметры двигателя, которые вводятся в поля окна настройки параметров БДПТ, m – число фаз, равное 3, M_n – электромагнитный момент, M – момент нагрузки.

Данные двигателя для рассматриваемого интегрированного стартер-генератора:

$$L_s = 160 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}; \Phi_o = 1.1 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}; J = 5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ p = 6; M_n = 130 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В соответствии с системой уравнений (1) построена структурная схема БДПТ. Структурная схема БДПТ приведена на рис. 1:

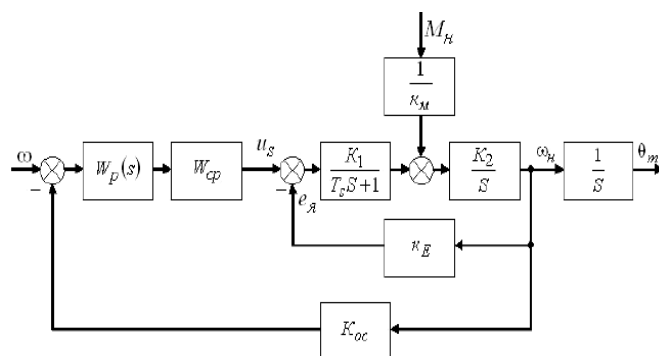


Рис. 1. Структурная схема системы управления БДПТ

Двигатель постоянного тока управляется от инвертора, представленного звеном W_{cp} . Инвертор, питающий статорные обмотки БДПТ управляется от РС с передаточной функцией $W_p(s)$.

Постоянная времени T_2 регулятора выбирается так, чтобы компенсировать наибольшую постоянную времени объекта. (T_2)

$$W_p(s) = \frac{T_2 s + 1}{T_2 s} = k_p + \frac{k_p}{T_2 s} = k_{II} + \frac{k_{II}}{s}$$

Передаточная функция разомкнутой системы будет равна:

$$W_{раз}(s) = \frac{(T_2 s + 1) k_{cp} k_p k_{oc}}{T_2 s} \cdot \frac{1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$$

$$W_{раз}(s) = \frac{k_{cp} k_p k_{oc}}{T_2 s (T_1 s + 1) k_e}$$

Оптимум по модулю для этой ПФ будет соответствовать выражению:

$$\frac{T_2 k_e}{k_{cp} k_p k_{oc}} = 2 T_1$$

Из последнего выражения находятся коэффициенты передачи пропорциональной и интегральной части регулятора.

$$k_{II} = k_p = T_2 k_e / 2 T_1 k_{cp} k_{oc}$$

$$k_{II} = k_p / T_2$$

Дальше приведены формулы расчёта параметров структурной схемы БДПТ:

$$K_1 = 1 / R_s$$

$$K_M = k_o \omega_a \rho \frac{m}{2} \Phi_o$$

$$K_2 = K_M / J$$

$$K_M = k_o \omega_a \rho \Phi_o$$

$$T_s = L_s / R_s$$

Модель starter-генератора представлена двухконтурной системой автоматического регулирования на рис. 2:

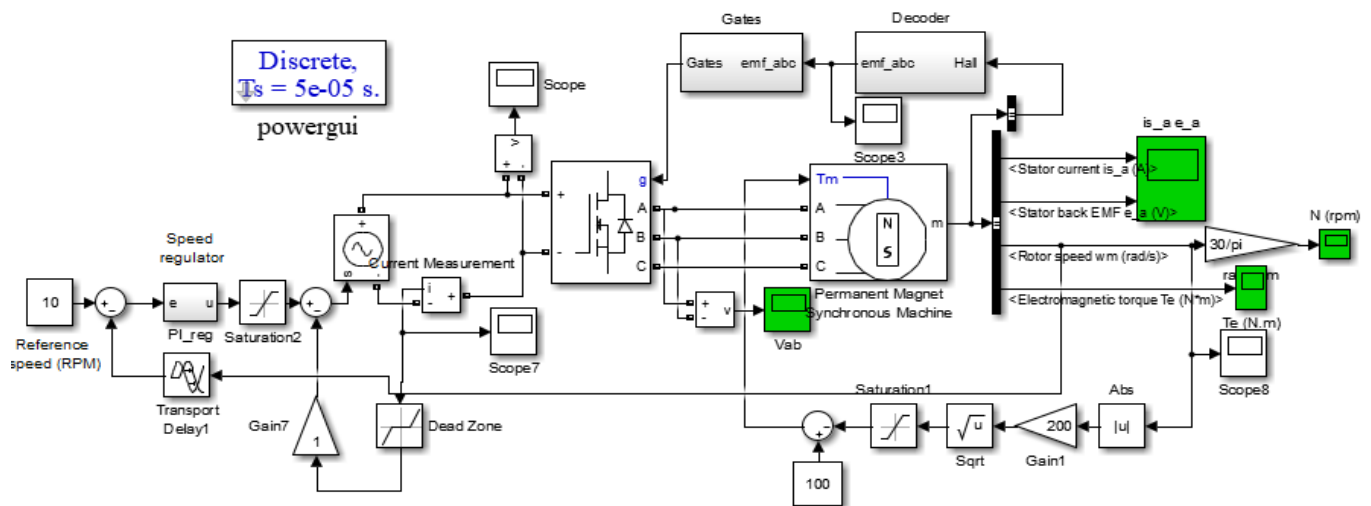


Рис. 2. Модель starter-генератора в стартерном режиме

Динамические характеристики представлены на рис. 3, 4 и 5:

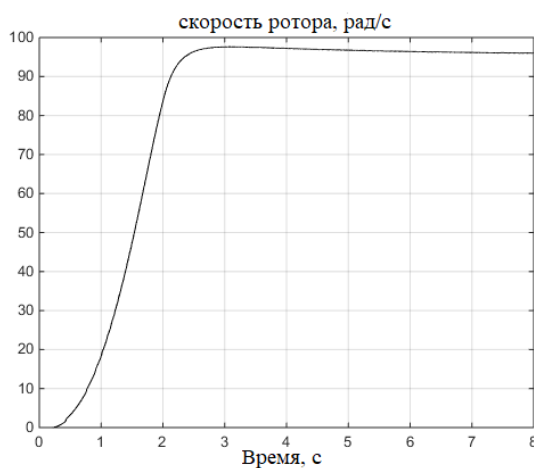


Рис. 3. Временная диаграмма скорости

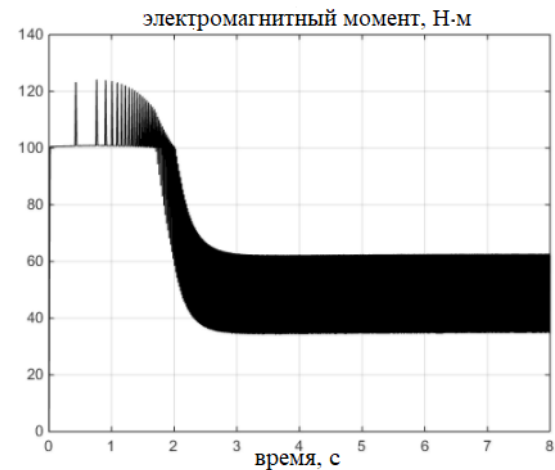


Рис. 4. Временная диаграмма момента

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Моделирование работы электропусковой системы автомобиля на базе интегрированного стартер-генератора / Мигунов А.Л., Кауров С.Ю. // Вестник транспорта Поволжья. 2013. № 1. С. 50-57.
- [2] Автомобильный асинхронный стартер-генератор / Анисимов В.М., Грачев П.Ю., Ежова Е.В. // Материалы международного симпозиума «Электроника и электрооборудование транспорта», Суздаль, 2005. С. 21-23.
- [3] Оценка стабильности технических характеристик автомобильного электростартера на этапе проектирования / Козловский В.Н., Королев В.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Спец. выпуск: Технологии управления организацией. Качество продукции и услуг. 2006. Вып. 2. С. 280-283.
- [4] Исследования переходных процессов при ресурсных форсированных испытаниях автомобильных стартеров / Северин А.А., Королев В.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2006. № S3. С. 181-187.
- [5] Оценка стабильности характеристики регулятора напряжения на основе методов имитационного моделирования / Козловский В.Н., Королев В.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Спец. выпуск: Технологии управления организацией. Качество продукции и услуг. 2007. Вып. 3. С. 185-188.

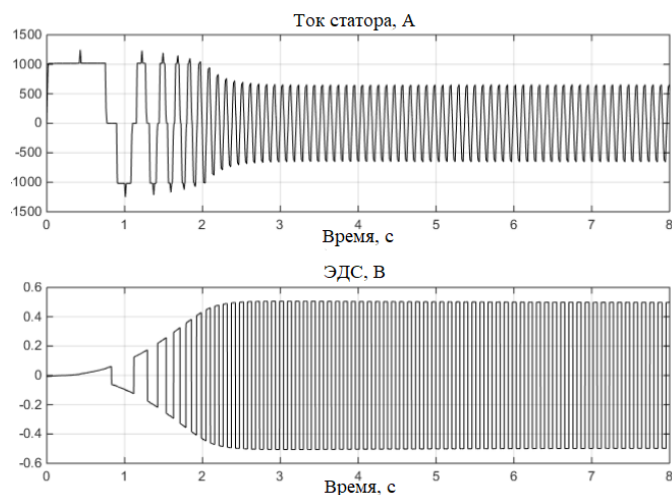


Рис. 5. Временная диаграмма тока статора и ЭДС

Полученные результаты подтверждают работоспособность предложенного алгоритма управления электрической машины в стартерном режиме. Так же приведено математическое описание двигателя и системы управления. Функциональность алгоритма проверена на математической модели, а полученные характеристики соответствуют теоретическим ожиданиям.