

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ УЗЛОВ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

При проектировании энергоэффективных систем управления тяговым электроприводом (ЭСУ ТЭП), независимо от концепции построения тягового электропривода автомобиля (с однотипной энергоустановкой (ОЭУ) либо комбинированной энергоустановкой (КЭУ), со структурой построения привода переменного-постоянного тока либо переменного тока) необходимо решать две следующие задачи [1]:

- обеспечение в определенном смысле оптимального режима работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС);
- наиболее эффективное использование (механической, электрической) энергии, вырабатываемой ДВС.

Структурная схема ТЭП большегрузного автомобиля с ОЭУ переменного-постоянного представлена на рис. 1.

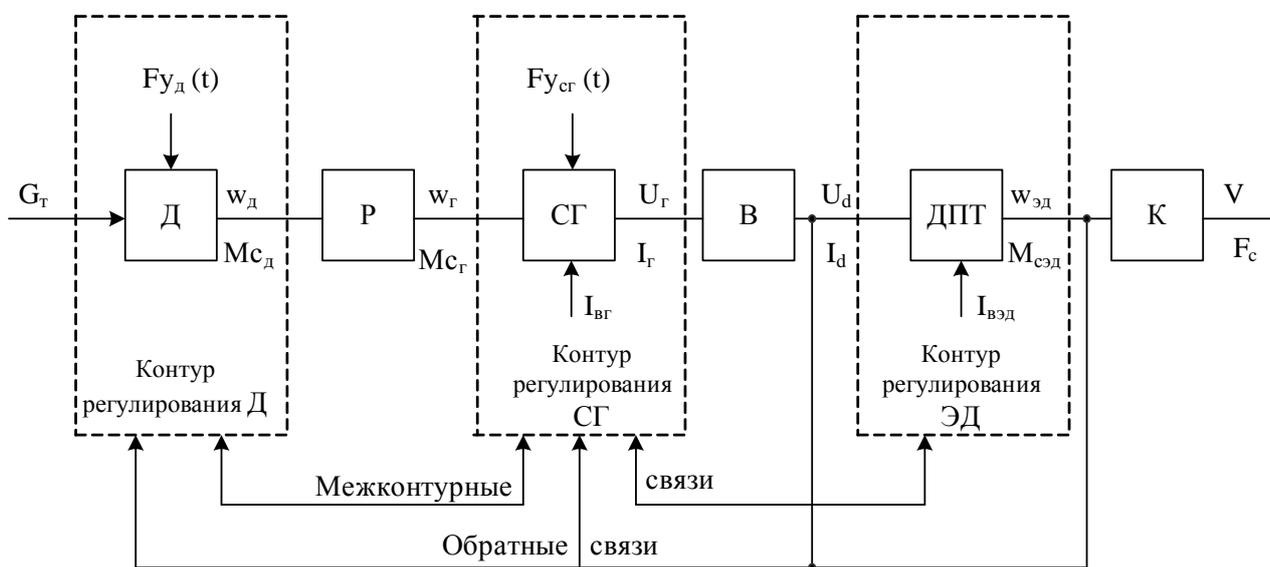


Рис. 1 – Структурная схема ТЭП с ОЭУ переменного-постоянного тока

Структура ТЭП рассматривается в упрощенном виде и отражает порядок преобразования энергии от ДВС до колеса с указанием основных воздействий на звенья и связей между ними. Для элементов силовых цепей структурной схемы приняты следующие обозначения: Д – дизельный двигатель; Р – редуктор; СГ – синхронный генератор; В – выпрямитель; ДПТ – тяговый двигатель постоянного тока; К – колесо автомобиля.

Основными элементами системы электропривода мотор-колес для передвижения карьерного самосвала при моделировании являются: синхронный генератор, неуправляемый выпрямитель, тяговый электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением.

Математическое моделирование проводилось с помощью пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB, а именно Simulink – графической среды имитационного моделирования, которая позволяет при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели. В ней можно использовать уже готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени.

Для моделирования тягового генератора используется блок-модель шестифазной синхронной машины. Увеличение количества обмоток синхронных машин позволяет уменьшить потери энергии от высших временных гармонических составляющих фазных токов, поскольку ряд гармонических составляющих взаимно компенсируется в магнитном поле. Статорная обмотка, состоит из двух электрически не связанных между собой трехфазных обмоток, каждая из которых соединена в звезду с внутренней общей нейтральной точкой. Машина смоделирована в осях $d-q$ относительно роторного контура. Данная блок-модель может работать в режиме генератора или двигателя, в зависимости от закона механической мощности (положительный для режима генератора, отрицательный для режима двигателя). Модель учитывает динамику обмоток статора, возбуждения и демпфера. Все параметры ротора и электрические величины рассматриваются со стороны статора. Они определяются первичными (номинальными) параметрами. Так же эта блок-модель учитывает токи, протекающие в обмотки статора. Измеренные токи статора, возвращаемые блоком синхронной машины, являются токами, вытекающими из машины.

При моделировании неуправляемого выпрямителя (НУВ) ввиду необходимости обслуживания и редактирования модели в будущем, используется поэлементная структура, построенная на диодах. На рис. 2 представлена математическая модель неуправляемого выпрямителя в составе с синхронным генератором. На рис. 3 приведен график выпрямленного напряжения на нагрузке при моделировании неуправляемого выпрямителя и синхронного генератора.

В предложенной модели используются два электродвигателя постоянного тока с последовательным возбуждением (ДПТ ПВ), которые встроены в ступицы мотор-колес. Эти двигатели имеют хорошие пусковые качества (большой пусковой момент), возможность плавного регулирования частоты вращения и широко применимы двигателей на электротранспорте [2]. Обмотка возбуждения ДПТ ПВ включается последовательно с обмоткой якоря, ток в которой может быстро изменяться. Следовательно, может быстро изменяться и магнитный поток, наводя в полюсах и массивных частях станины вихревые токи, которые будут оказывать влияние на магнитный поток. При моделировании учитываются

данные физические процессы. Также математическая модель дополнена механическим звеном и обратной связью по скорости. Помимо этого, в модель добавлен блок для имитации насыщения магнитной цепи машины. На рис. 4 представлена структурная схема математической модели ДПТ с НВ.

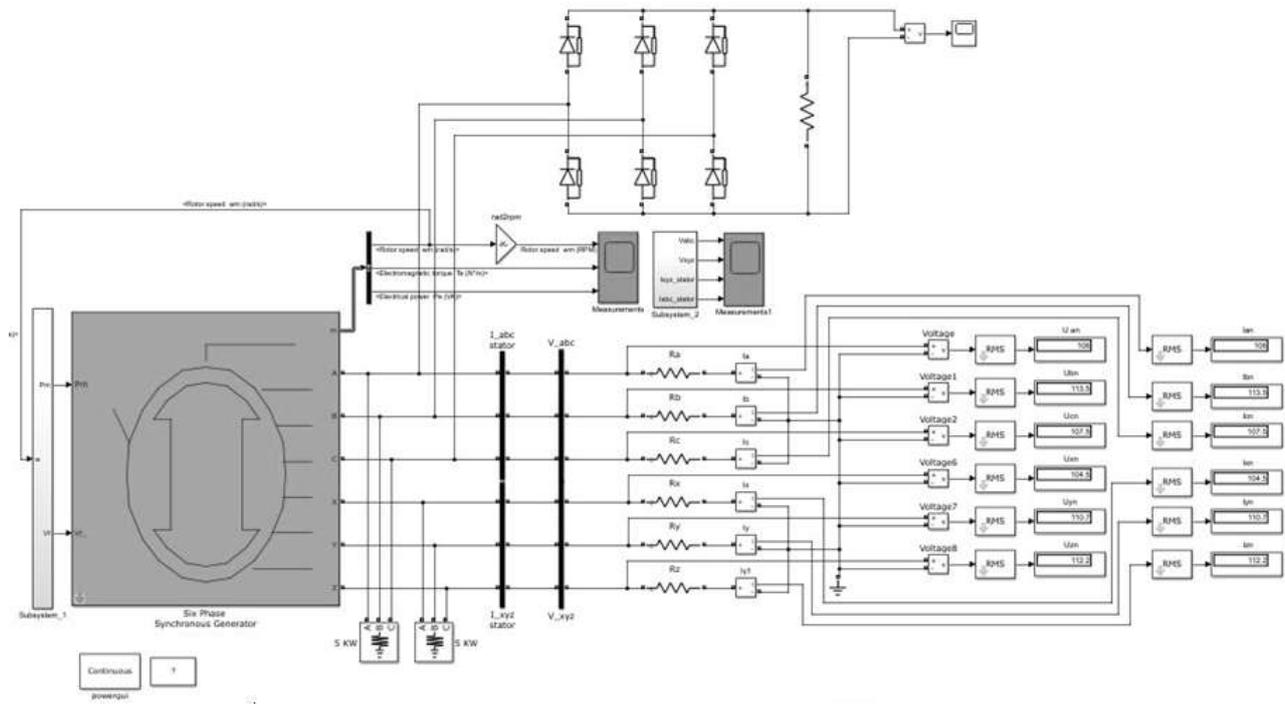


Рис.2 – Математическая модель неуправляемого выпрямителя в составе с синхронным генератором

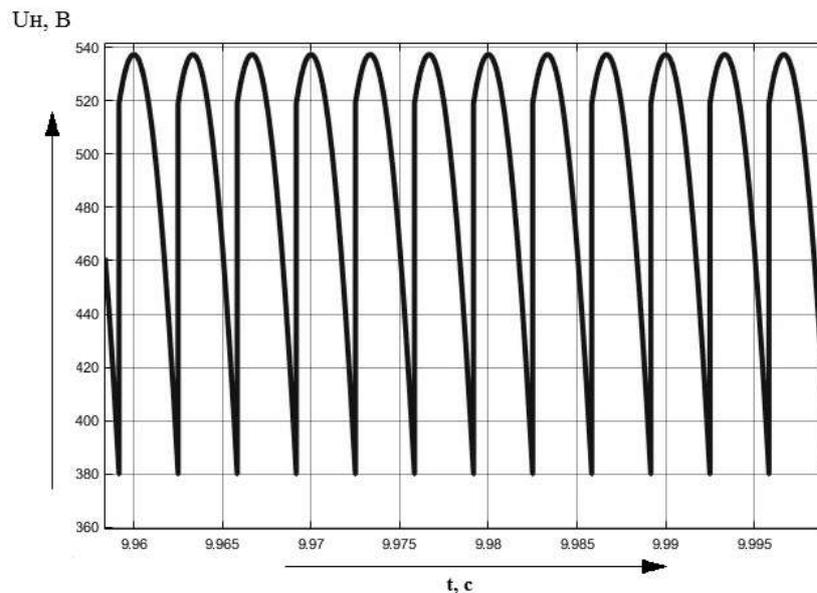


Рис. 3 – График выпрямленного напряжения на нагрузке при моделировании неуправляемого выпрямителя и синхронного генератора

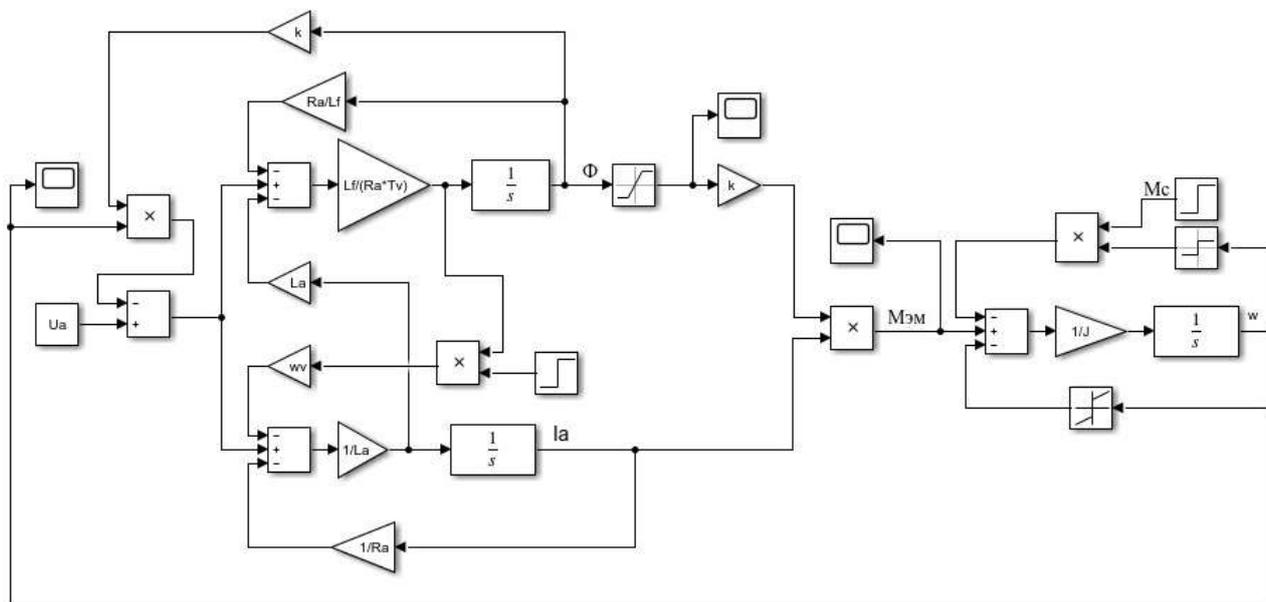


Рис.4 – Структурная схема математической модели ДПТ НВ

На рис. 5 приведены графики формирования скорости установки СГ-НУВ-ДПТ НВ полученные в результате моделирования для режимов пуска на холостом ходу и наброса нагрузки.

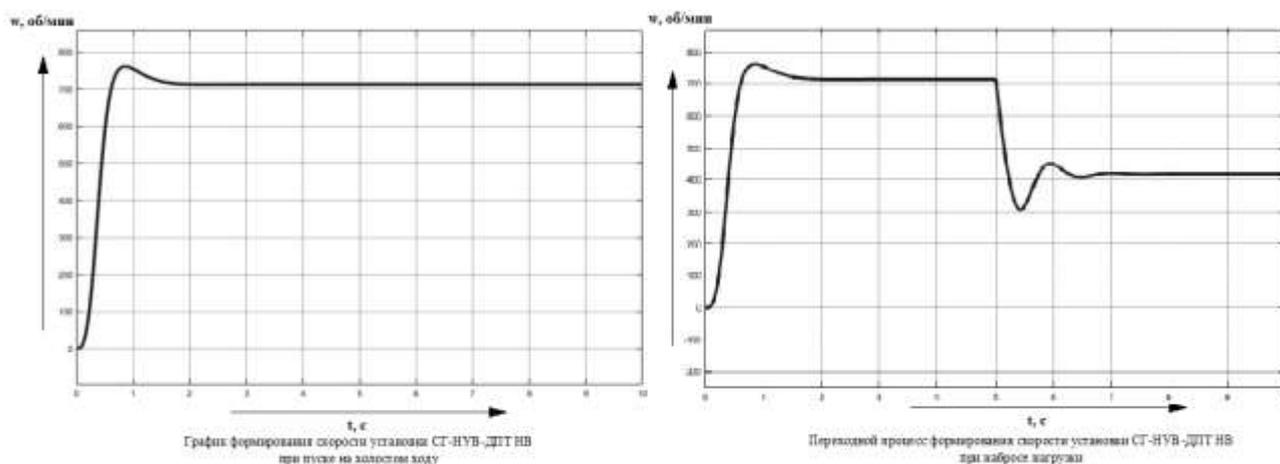


Рис. 5 – Графики формирования скорости установки СГ-НУВ-ДПТ НВ для режимов пуска на холостом ходу и наброса нагрузки

Литература

1. Куликов И.А. Совершенствование средств создания и исследования автомобилей с комбинированными энергоустановками с помощью технологий виртуально-физических испытаний: дис. канд. техн. наук – ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», Москва, 2016 – 205 с.
2. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Теория электропривода Мн.: ЗАО «Теноперспектива» - 526с.