

*Л.П. ГАЛАЙКО*, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ"

## **АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОМ ДВИГАТЕЛЕ В РЕЖИМЕ ПУСКА**

В статье рассматривается вопрос анализа влияния закона изменения управляющих параметров на характер переходных процессов в режиме пуска в вентильно-индукторном двигателе рудничного электровоза с помощью разработанных моделей для программы Simulink пакета программ Matlab. Приведены результаты расчетов на этих моделях для двигателя мощностью 27 кВт и частотой вращения 1215 об/мин.

**Ключевые слова:** вентильно-индукционный двигатель, переходные режимы работы, анализ, SIMULINK, режим пуска.

**Введение.** Режим пуска вентильно-индукторного двигателя (ВИД) рудничного электровоза качественно анализируется в работе [1]. Здесь основное внимание уделено проблеме снижения пульсаций момента в этом режиме. Авторы приводят достигнутый результат в решении этой проблемы – 9 %, однако, они не объясняют, каким образом он достигнут. Кроме того, отсутствуют графики переходных процессов, иллюстрирующие этот результат. В работе [2] автор данной статьи приводит результаты расчета переходного процесса пуска ВИД мощностью 27 кВт и частотой вращения 1215 об/мин. В процессе пуска для выхода на установившийся режим углы включения  $\theta_{on}$  и отключения  $\theta_{off}$  изменялись ступенями (3 ступени). Расчет проведен по программе на языке Паскаль. Однако и в этой работе отсутствует анализ пульсаций момента, так как на графиках приведены значения среднего момента.

Достижения в области микропроцессорной техники обеспечивают в современных регулируемых электроприводах получение требуемых динамических характеристик за счет применения все более сложных алгоритмов управления, реализуемых программно в микроконтроллерах. Хорошим тренажером для отладки этих программ является имитационное моделирование в программе Simulink пакета программ Matlab. В работе [3] приведено описание разработанной автором этой статьи модели для программы Simulink для анализа переходных процессов в ВИД. С целью оценки адекватности этой модели проведен расчет нерегулируемого процесса пуска, и результаты расчета на модели сравнивались с результатами расчета по программе на языке Паскаль.

**Цель работы.** Разработать дополнительные субмодели к модели, описанной в работе [3], для анализа влияния закона изменения управляющих параметров на характер переходных процессов в режиме пуска. Провести расчеты переходных процессов пуска вентильно-индукторного двигателя при разных законах изменения управляющих параметров с целью определения законов, обеспечивающих минимальные пульсации мгновенного значения момента.

**Описание расчетного эксперимента.** Исследования проведены на примере четырехфазного ВИД мощностью 27 кВт, частотой вращения 1215 об/мин, спроектированного для привода рудничного электровоза на базе двигателя постоянного тока, который выпускается серийно.

Основными управляющими параметрами (УП) в ВИД являются:

- 1) угол включения  $\theta_{on}$ , угол между полюсами ротора и статора, при котором происходит подача напряжения на катушки фазы;
- 2) угол отключения  $\theta_{off}$ , угол между полюсами ротора и статора, при котором отключают напряжение;
- 3) релейное регулирование величины тока (задание  $I_{max}$  и  $I_{min}$ );
- 4) величина питающего напряжения.

В данной работе проведен анализ влияния 1, 2 и 3 УП.

На рис. 1, 2, 3 приведены графики, иллюстрирующие результаты одного из экспериментов. Исходные данные эксперимента: напряжение 200 В, момент сопротивления 200 Н·м,  $\theta_{on} = 22^\circ$ ,  $\theta_{off} = 7,4^\circ$ ,  $I_{max} = 220$  А,  $I_{min} = 200$  А. Во время переходного процесса углы  $\theta_{on}$  и  $\theta_{off}$  непрерывно изменялись по закону, заданному в блоке *Look-up Table*. В конце переходного процесса получено:  $\theta_{on} = 30,2^\circ$ ,  $\theta_{off} = 11,45^\circ$ , угловая скорость – 119 рад/с, пульсации момента – 15 %. В переходном процессе пульсации момента постепенно уменьшались от 70 % вначале до 15 % в конце. Непрерывное изменение углов включения предполагает использование либо бездатчиковой системы управления, либо комбинированной системы – использование датчиков положения ротора и программного определения углов.

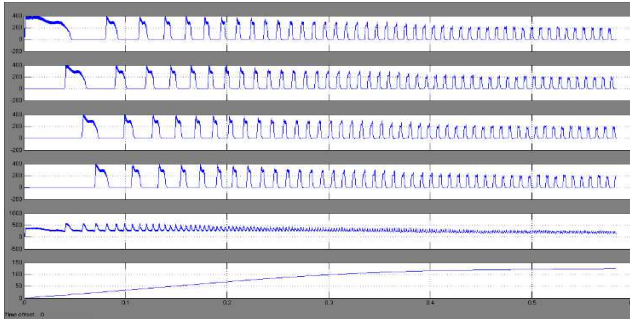


Рис. 1 – Графики изменения моментов фаз, результирующего момента и угловой скорости в переходном процессе

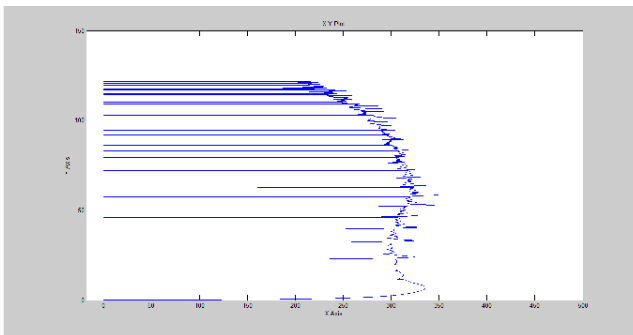


Рис. 2 – Зависимость угловой скорости от среднего значения момента в процессе пуска.

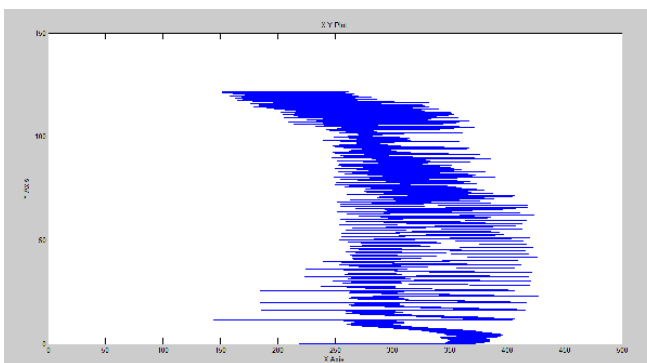


Рис. 3. – Зависимость угловой скорости от мгновенного значения момента в процессе пуска.

**Выводы.** Как показали расчеты, является возможным уменьшение пульсаций момента путем подбора закона изменения значений управляющих параметров. Требуется дальнейшее совершенствование законов регулирования с целью уменьшения пульсаций момента.

**Список литературы:** 1. Л.Ф. Коломойцев и др. Режимы работы тягового электропривода рудничного электровоза с трехфазным реактивным индукторным двигателем. / Известия вузов. Электромеханика. №2. 2002г. 2. Л.П. Галайко. Пуск вентильно-индукторного двигателя. // Вестник НТУ "ХПИ" 11'2003, с. 24-27. 3. Галайко Л.П. Имитационное моделирование вентильно-индукторного двигателя в переходных режимах. // Вестник НТУ "ХПИ" 48'2005, Харьков, 2005, с. 24-27. 4. Л.П. Галайко. Формирование механической характеристики вентильно-индукторного двигателя рудничного электровоза. Вестник НТУ "ХПИ" 44'2009. – С. 48-51. 5. Л.П. Галайко, И.А. Голосный. Исследование режима постоянной мощности вентильно-индукторного двигателя рудничного электровоза. Вестник НТУ "ХПИ" 35'2005, С. 43-46. 6. Galayko L.P. Analysis different dynamic modes in simulation model of switched reluctance motor. ABSTRACTS. ICEEE-2010. 13<sup>th</sup> International Conference on Electromechanics, Electrotechnology, Electromaterials and Components. September 19-25, 2010. Alushta, Crimea, Ukraine, P. 96.

**Bibliography (transliterated):** 1. L.F. Kolomoitsev, etc. "Operation modes of a railway drive of a mine electric locomotive with a three-phase reluctance induction motor". *Electromechanics*. No. 2. 2002. Print. 2. L.P. Galayko. "Start of a Swithed Reluctance Motor". *Visnyk NTU "HPI"*. No 11 (2003). Kharkiv: NTU "HPI". 2003. 24-27. Print. 3. Galayko L.P. "Imitation modeling of a Swithed Reluctance Motor in transients". *Visnyk NTU "HPI"*. No. 48 (2005). Kharkiv: NTU "HPI". 2005. 24-27. Print. 4. Galajko L.P. "Formirovanie mehanicheskoy harakteristiki ventil'no-induktornogo dvigatelja rudnichnogo jelektrovoza". *Vestnik NTU "HPI"* No. 44 (2009). Kharkiv: NTU "HPI". 2009. 48-51. Print. 5. Galajko L.P., Golosnyj I.A. "Issledovanie rezhima postojannoij moshhnosti ventil'no-induktornogo dvigatelja rudnichnogo jelektrovoza". *Vestnik NTU "HPI"*. No. 35 (2005). Kharkiv: NTU "HPI". 2005. 43-46. Print. 6. Galayko L.P. "Analysis different dynamic modes in simulation model of switched reluctance motor." *ICEEE-2010. 13<sup>th</sup> International Conference on Electromechanics, Electrotechnology, Electromaterials and Components*. September 19-25, 2010. Alushta, Crimea, Ukraine, P. 96. Print.



**Галайко Лидия Петровна**, доцент, кандидат технических наук. Защитила диплом инженера, диссертацию кандидата технических наук в Харьковском политехническом институте по специальности электрические машины и аппараты соответственно в 1960 и 1969 г. Доцент кафедры "Электрические машины" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" с 1975 г. Научные интересы связаны с проблемами специальных электрических машин, в частности, вентильно-индукторных.

*Поступила (received) 01.04.2014*