УДК 621.3

 А.В. Кудяков, В.Ф. Зотин, к.т.н., доцент

Брянск, БГТУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕЧИ

ОБЖИГА ЦЕМЕНТА

Аннотация: Статья посвящена построению математической модели системы управления асинхронным двигателем с фазным ротором мощностью 250 кВт путем введения в цепь ротора регулируемой противоЭДС.

Annotation: The article is devoted to the construction of a mathematical model of a control system for an asynchronous motor with a phase rotor of 250 kW by introducing a controlled counter-electromotive force into the rotor circuit.

Ключевые слова: Асинхронный двигатель с фазным ротором, векторное управление, преобразователь частоты.

Keywords: Asynchronous motor with phase rotor, vector control, frequency converter.

В качестве приводных электродвигателей цементных печей обжига клинкера наиболее часто используются асинхронные электродвигатели с фазным ротором (АД ФР). Самым распространенным способом управления является использование резисторно-контакторных пусковых станций, осуществляющих ступенчатое изменение сопротивления резисторов, включенных в цепь ротора. Такой способ пуска и регулирования скорости сопровождается большими потерями энергии в резисторах, ударными нагрузками на механические передачи и низкой надежностью релейно-контакторной аппаратуры. Более эффективным способом управления асинхронным двигателем с фазным ротором является установка преобразователя частоты (ПЧ) в цепь ротора. ПЧ состоит из двух транзисторных инверторов на IGBT модулях — сетевой и роторный, между которыми включен накопительный конденсатор. Роторный инвертор формирует регулируемую ЭДС ротора, осуществляя плавный пуск и регулирование скорости вращения цементной печи. Сетевой инвертор осуществляет двухстороннюю передачу энергии от питающей сети в цепь постоянного тока и наоборот.

Для печи обжига цемента с размерами 4,5 х 170 м был осуществлен выбор электродвигателя. Мощность, потребляемая для вращения печи, расходуется на преодоление трения качения бандажей по роликам, трения скольжения цапф опорных роликов в подшипниках и на подъем материала.

Мощность электродвигателя определяется по формуле

$$P\_{общ}=\frac{P\_{1}+P\_{2}+P\_{3}}{ƞ}кВт,$$

где P1- мощность, затрачиваемая на преодоление трения качения бандажей по роликам;

 P2 – мощность, затрачиваемая на преодоление трения скольжения цапф опорных роликов в подшипниках;

 P3- мощность, расходуемая на подъем материала.

$$P\_{1}=\frac{М\_{1}∙n}{975}=\frac{2,8G\_{общ}∙10^{-3}∙1,2}{975}=8,8 кВт,$$

$$P\_{2}=\frac{М\_{2}∙n}{975}=\frac{0,111∙ϱ∙G\_{общ}∙1,2}{975}=90,5 кВт,$$

$$P\_{3}=\frac{М\_{3}∙n}{975}=\frac{0,462∙G\_{м}∙R\_{ср}∙1,2}{975}=314 кВт,$$

$$P\_{общ}=\frac{8,8+90,5+314}{0,913}=462 кВт.$$

В результате были выбраны два асинхронных двигателя с фазным ротором АК3-12-35-6У1 мощностью по 250 кВт. Для упрощения модели рассматривалось управление одним АД ФР.

Полученная структура системы управления (СУ) с роторным АИН представлена на рис.1. В основной библиотеке MATLAB Simulink была собрана модель, входными сигналами для которой являются задание ωz скорости вращения ротора, токи фаз ротора ia,ib и задание на ток *Id\_z* соответствующее реактивной мощности АИН. Также в систему управления поступают сигналы скорости вращения и угла поворота ротора, с помощью которого осуществляется преобразование токов фаз ротора в проекции iq и id. В контуре регулирования частоты вращения ротора и в контурах тока используются ПИ-регуляторы. На выходе регуляторов тока формируется задание напряжения Ud и Uq. После их преобразования в задания напряжения фаз с помощью синусоидальной ШИМ осуществляется формирование импульсов на управление АИН.



*Рис.1. Структурная схема системы управления*

Коэффициенты регуляторов тока и скорости были определены с помощью имитационных экспериментов, результаты которых показали, что при их использовании получается оптимальный процесс регулирования.

*Рис.2. Задание и реальная скорость вращения ротора, ток ротора*

На рис.2 представлены результаты моделирования, из которых видно, что модель достаточно точно отрабатывает задание по скорости, тем самым осуществляется регулирование скорости АД ФР путем введения в цепь ротора регулируемой противоЭДС.

Литература

1. *Терехов В. М.* **Системы управления электроприводов**: учебник для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. В.М.Терехова. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 304 с.

2. *Чиликин М. Г., Ключев В. И., Сандлер А.С*. Теория автоматизированного электропривода. М: Энергия, 1979. 616 с.

3*. Зиновьев Г. С.* Основы силовой электроники: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. Ч.1. – 199 с.

4. *Чиженко И.М., Руденко В.С., Сенько В.И.* Основы преобразовательной техники. К.: Высшая школа, 1980. – 431 с.