

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПОСТРОЕНИЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Н.П. Моторина, Е.Б. Винокуров

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.Н. Чернышов

Ключевые слова и фразы: автоматизированный электропривод; выбор регулятора; настройка контура скорости; симметричный оптимум; системы управления асинхронным электроприводом.

Аннотация: Предложены пути улучшения динамики действующих электроприводов механизмов и технологических процессов различного класса за счет оптимального решения проблемы выбора регулятора. В частности, отмечено, что построение любого регулятора начинается с определения структуры и параметров объекта управления. Рассмотрены настройка контура скорости на симметричный оптимум и факторы, влияющие на точность регулирования скорости.

Процесс создания систем автоматического управления (САУ) электроприводами представляет собой конкретные задачи, связанные со знанием требований, предъявляемых к технологическому процессу и механизму. Для синтеза САУ электропривода переменного тока используют полные дифференциальные уравнения асинхронного двигателя, полученных на основе обобщенной электрической машины [6]. При этом требуется рационально выбирать переменные, относительно которых синтезируется система управления. Упростить задачу синтеза САУ позволит рациональное ориентирование координатной системы относительно выбранных переменных. Если управление идет со стороны статора (электроприводы с преобразователем с непосредственной связью питающей сети и нагрузки в статорной цепи), то используют систему координат, которая неподвижна относительно статора машины. Для исследования свойств каскадных систем целесообразно использовать систему, которая жестко связана с вращающимся ротором. В настоящее время широко используется система координат, оси которой синхронно вращаются с полем статора машины. При моделировании совместной работы преобразователя частоты и асинхронного двигателя принимают следующие допущения:

Моторина Наталья Петровна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и автоматизация»; Винокуров Евгений Борисович – кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматизация», e-mail: marina-makeeva1@yandex.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

- форма питающего напряжения – непрерывная синусоида;
- параметры фазных обмоток статора и ротора симметричны.

В создаваемых частотных асинхронных приводах часто не учитывается векторный характер задачи проектирования, и синтез структур производится на основе динамических моделей. Различия проявляются уже на этапе выбора математической модели электрической машины как объекта автоматического управления. Выбирают варианты, удобные для анализа динамических процессов и имеющие минимальное число регулируемых переменных и перекрестных связей, для чего осуществляют переход от трехфазной машины к двухфазной, используют вращающиеся ортогональные координаты, связанные с одним из векторов состояния электрической машины.

Такой подход дает определенные результаты, однако, двухфазные модели не отвечают современным требованиям векторного проектирования. Известно, что модель машины переменного тока является инструментом синтеза систем автоматического управления, поэтому варианты структуры электроприводов, синтезированные на основе двухфазной модели, будут существенно ограничены, что сужает возможности по совершенствованию эксплуатационных характеристик двигателя.

Управление двигателями переменного тока в отличие от двигателей постоянного тока осложнено рядом обстоятельств:

- момент двигателя определяется произведением двух обобщенных векторов электромагнитных параметров статора и ротора, но регулирование электромагнитных параметров ротора у асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором осуществляется косвенно через обмотку статора;
- токи (потокосцепления) в каждой фазе двигателя определяются не только параметрами машины и прикладываемым к этой фазе напряжением, но и значениями токов (потокосцеплений) в других фазах статора;
- в электроприводах переменного тока возникает задача регулирования основного магнитного потока для лучшего использования двигателя, то есть возникает необходимость создания взаимосвязанных многоканальных систем регулирования.

Одним из основных регулируемых параметров являются скорость ротора и момент. Канал, по которому осуществляется регулирование, формирует первое управляющее воздействие. В качестве второй управляемой переменной принимают реактивный ток статора или ротора, формирующий магнитный поток в воздушном зазоре. Кроме того, здесь решается задача минимизации потерь мощности, токов и др. [2, 4, 8].

Общие методы структурного построения систем управления двигателями постоянного тока могут быть применены к системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель». Следует учесть, однако, что последние обладают меньшими функциональными возможностями, чем двигатели двойного питания, и при проектировании систем управления учитывается то, что в асинхронном двигателе с короткозамкнутым ротором единственным управляющим воздействием является изменение амплитуды и частоты подводимого напряжения. В случаях, когда напряжение, подводимое к статору, меняется, применяют корректирующие сигналы, которые улучшают динамические свойства системы, и, вместе с тем, усложняют систему управления [3, 6]. Такие системы рекомендованы для электроприводов с повышенными требованиями к качеству регулирования параметров.

Современные частотно-управляемые электроприводы выполнены по принципу подчиненного регулирования параметров. Синтез систем управления связан с особенностями систем «преобразователь частоты – асинхронный двигатель». На характеристики электропривода существенное влияние оказывают электромагнитные процессы в системе, которые необходимо учитывать для получения высоких динамических показателей и обеспечения устойчивости электропривода [5].

Применение принципов подчиненного регулирования параметров электропривода переменного тока впервые было выполнено фирмой Siemens. В настоящее время разработано большое количество систем автоматического управления асинхронными электроприводами. Разделяя их по способу ориентации координатной системы, в которой осуществляется регулирование векторов напряжения, тока, потокосцепления, можно отметить системы с ориентацией координатной системы по направлению вектора потокосцепления ротора и системы с ориентацией вектора потокосцепления статора. Примером систем первого типа является система Transvektor. Эта система обеспечивает характеристики, качественно не отличающиеся от характеристик электроприводов постоянного тока.

Разработаны более простые системы автоматического управления электроприводами переменного тока, основанные на использовании автономных инверторов тока [8]. В этих системах осуществляется принудительная ориентация результирующего вектора тока статора относительно потокосцепления ротора. Регулирование потока и момента может осуществляться как по разным каналам, так и по одному, где сигналом задания служит сигнал регулятора скорости. Таким образом, для достижения высокого качества динамических характеристик электропривода при заданном ограничении тока статора требуется поддерживать потокосцепление ротора постоянным и на определенном уровне.

В унифицированных системах автоматизированных электроприводов, представляемых на рынок различными фирмами в виде управляемых преобразователей или комплектных электроприводов, предусматривается, как правило, раздельное регулирование электромагнитного момента и тока двигателя. В частотно-регулируемых электроприводах переменного тока осуществляется регулирование модуля потока статора или ротора. В любых случаях структуры контуров регулирования электромагнитных переменных являются закрытыми для пользователя, и возможна только настройка параметров в режиме самонастройки или в результате ввода в систему информации о параметрах используемого электродвигателя.

Поскольку включение электропривода в сеть и его работа при наличии только электромагнитных контуров невозможны, в основном электронном блоке контроллера привода предусматривается установка регулятора скорости, структура и параметры которого могут меняться. По отношению к контуру регулирования электромагнитного момента регулятор скорости включается и по структуре каскадного управления. Его же реализация, как и реализация регуляторов других механических переменных (положения, натяжения и др.), а также технологических переменных, может производиться методами каскадного и модального управления. Для этого, как правило, используют дополнительные интеллектуальные технологические модули [1].

Список литературы

1. Белов, М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учеб. для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2004. – 576 с.
2. Браславский, И.Я. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов / И.Я. Браславский // Электротехника. – 1998. – № 8. – С. 2–6.
3. Булгаков, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / А.А. Булгаков. – М. : Энергоиздат, 1982. – 216 с.
4. Упрощение структуры системы регулирования скорости в электроприводе переменного тока при настройке контура на технический оптимум / В.Ф. Калинин [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 3. – С. 694–697.
5. Факторы, определяющие выбор регулятора в системах электропривода переменного тока промышленных механизмов / В.Ф. Калинин [и др.]. – *Вопр. соврем. науки и практики. Ун-т им. В.И. Вернадского.* – 2010. – № 7–9(30). – С. 96–99.
6. Ключев, В.И. Теория электропривода / В.И. Ключев. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
7. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин : учеб. для вузов / И.П. Копылов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2001. – 327 с.
8. Лезнов, Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках / Б.С. Лезнов. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.

The Possibility of Constructing Loop Control Systems by Frequency Electric Drives

N.P. Motorina, E.B. Vinokurov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: automated electric drive; control system of asynchronous electric drive; controller selection; setting the speed loop; symmetrical optimum.

Abstract: The article proposes the ways to improve the dynamics of operating electric drives of mechanisms and technological processes of various types through the optimal solution to the problem of choice of the regulator. In particular, it is noted that constructing any regulator begins with determining the structure and parameters of the control object. The settings for the speed loop at symmetrical optimum and the factors affecting the accuracy of the speed control have been discussed.

© Н.П. Моторина, Е.Б.Винокуров, 2012