

СРАВНИТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

БУРКОВ А.П., канд. техн. наук, СМИРНОВ А.А., студ.

Рассматриваются вопросы построения оптимальной векторной системы управления. Проводится моделирование различных схем управления существующих приводов. Приводится сравнительный анализ результатов моделирования.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, координатное преобразование, моделирование.

COMPARATIVE MODELING OF VECTOR CONTROL SYSTEMS WITH ASYNCHRONOUS MOTOR

BURKOV A.P., Ph.D., SMIRNOV A.A., student

The article concerns the issue of optimal vector management system construction. It contains the modeling of different management patterns of existing drives. It gives the comparative analysis of modeling results.

Key words: asynchronous motor, coordinate transformation, modeling.

Асинхронный двигатель является системой сложной в регулировании, так как для управления двумя основными величинами в электрической машине (поток и момент) он имеет всего один физический канал управления. Для управления асинхронным двигателем предлагались различные схемы, но наиболее эффективной, как показала практика, явилась идея инженеров компании Siemens, которые предложили использовать аппарат координатных преобразований для разложения одного физического канала управления на два гипотетических.

Неоспоримые преимущества асинхронных двигателей, а именно: технологичность изготовления, надежность, долговечность, износоустойчивость, быстрдействие и перегрузочная способность, — привели к тому, что с течением времени данная идея была подхвачена многими учеными и конструкторами. В результате появилось множество различных систем управления приводами переменного тока, в основе которых лежал названный выше метод. Для определения преимуществ различных подходов к реализации алгоритма векторного преобразования, а также построения системы управления был проведен сравнительный анализ трех схем управления асинхронным двигателем. Их можно охарактеризовать следующими особенностями:

1. Вектор координатного преобразования определяется путем идентификации; внешний контур регулирует скорость вращения вала.

2. Вектор координатного преобразования определяется путем вычислений на основании данных о скорости вала двигателя, а также активном и намагничивающем токах; внешний контур регулирует скорость вращения вала.

3. Вектор координатного преобразования определяется путем вычислений на основании данных о положении вала двигателя, а также активном и намагничивающем токах; внешний контур регулирует положение вала.

Все системы осуществляют координатное преобразование на основании вектора потокосцепления ротора, так как при этом перегрузочная способность двигателя ограничивается только предельно допустимым током, а не системой управления, как в случае управления по потокосцеплению статора.

Ни в одной из моделей не проводилось непосредственное измерение поля. Это объясняется тем, что хотя первый из серии векторных приводов снабжался датчиками Холла для определения положения и модуля главного потокосцепления машины, но в дальнейшем разработчики пошли по пути отказа от непосредственного измерения поля машины. Причиной этого были зубцовые пульсации, которые необходимо было сглаживать путем установки активных фильтров, а также трудность в установке самих датчиков в воздушном зазоре и, следовательно, невозможность крупносерийного производства.

Идентификация поля ротора для первой модели производилась на основе следующих выражений [1]:

$$\Psi_{S(X,Y)}(t) = \int_0^t (U_{S(X,Y)}(t) - I_{S(X,Y)}(t)R_S)dt;$$

$$\Psi_{0(X,Y)}(t) = \Psi_{S(X,Y)}(t) - I_{S(X,Y)}(t)(L_S - L_M);$$

$$\Psi_{R(X,Y)}(t) = \frac{L_R}{L_M} \Psi_{0(X,Y)}(t) - I_{S(X,Y)}(t)(L_R - L_M).$$

В качестве регулятора скорости использовался ПИ-регулятор, обратная связь на который поступала от измерителя скорости. Выход регулятора скорости служил задающим воздействием на активный ток. Данная модель показала высокое качество переходных процессов, но имела ряд существенных недостатков. Первый из них — наличие датчика, измеряющего напряжение. Приведенные выше формулы требуют для качественного координатного преобразования неразрывных функций напряжения и тока. Однако измерение синусоиды напряжения в системе ПЧ — АД затруднено широтно-импульсной модуляцией. Решением данной проблемы может быть формирование синусоиды в системе управления и использование немодулированного сигнала. Вторым недостатком — это достаточно сложный алгоритм получения информации о положении вектора поля ротора, а также большое число параметров, значение которых в процессе работы может изменяться.

Координатное преобразование во второй модели строилось на основании выражения

$$\frac{I_{AKT}}{I_{MAGN}} = (\omega_0 - \omega_{p_EL}) \frac{L_2}{R_2},$$

которое свидетельствует о том, что ток статора и скольжение полностью определяют момент асинхронного двигателя. Данная формула также позволяет идентифицировать не сам вектор потокоцепления, а лишь его фазу на основании скорости ротора, активной и намагничивающей составляющих тока статора. По сравнению с первой моделью, значительно сократилось количество параметров, вариации которых могут влиять на процесс координатного преобразования. Дополнительным преимуществом является и устранение датчика напряжения. Данный алгоритм был реализован в векторных приводах компании Триол АТ04 и АТ05[2]. Несмотря на высокие показатели качества переходных процессов, реализация рассмотренной модели без потери эффективности затруднительна. Причиной является использование датчика скорости, который обладает невысокой точностью и относительно труден в монтаже. Также данный подход не позволяет осуществить точное позиционирование вала двигателя без введения внешнего контура регулирования положения, а это влечет за собой появление дополнительной постоянной времени и, следовательно, снижение быстродействия.

Координатное преобразование в третьей модели осуществлялось на основании формулы, сходной с предыдущей. Однако в ней использовался сигнал о положении ротора двигателя, а не его скорость. Существенным отличием последней системы управления является использование сложного регулятора положения, основой которого служит стандартный ПИД-регулятор, дополненный опережающими связями по скорости и ускорению задания, а также по трению (рис. 3). Моделирование данной схемы производилось при квантовании сигналов по времени и уровню в целях максимально приблизить систему к цифровому прототипу (рис. 1).

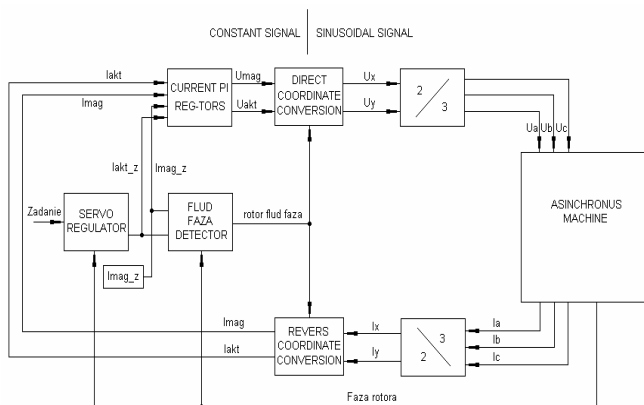


Рис. 1. Структурная схема векторной системы управления

Данная система продемонстрировала высокие показатели качества: обработка ступенчатого воздействия по положению в малом (поворот на 5°)

Бурков Александр Павлович,
 ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
 Кандидат технических наук, ведущий инженер учебно-исследовательского центра электронных систем ЭИМС,
 телефон (4932) 26-97-03,
 e-mail: terehov@eims.ispu.ru

при апериодическом характере переходного процесса за 20 мс (рис. 2).

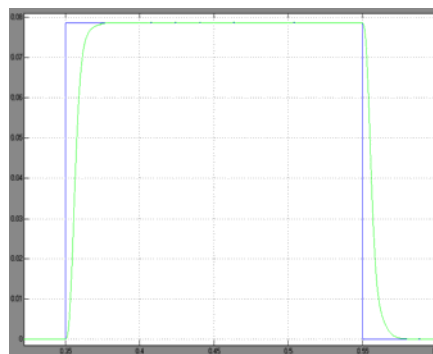


Рис. 2. Обработка ступенчатого воздействия

Ее преимущества, по сравнению с рассмотренными выше системами, заключаются в простоте определения положения поля ротора, использовании минимально требуемого набора датчиков тока и положения и максимально эффективном использовании информации от них. Датчик положения (квадратурный энкодер), по сравнению с датчиком скорости, обладает большей точностью измерения, простотой монтажа и помехозащищенностью.

Единственный относительный недостаток данной схемы – это сложность наладки ПИД-регулятора, однако данная проблема решается путем использования карт настройки.

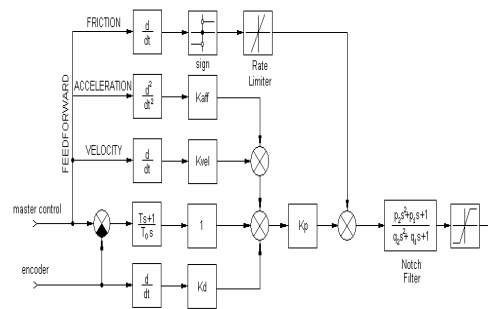


Рис. 3. Структурная схема регулятора положения

Сравнительный анализ схем показал, что минимально необходимыми данными для построения качественной векторной системы управления являются ток статора и положение ротора. Наличие широтно-импульсной модуляции проявляется только на малых оборотах и малых уровнях напряжения в виде искажения синусоиды напряжения на выходе системы управления.

Список литературы

1. Рудаков В.В., Столяров И.М., Дартау В.А. Асинхронные электроприводы с векторным управлением. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Каталог продукции компании Triol. – 1999.

Смирнов Александр Андреевич,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
студент,
телефон (4932) 26-97-03,
e-mail: terehov@eims.ispu.ru