

обратили внимание, что схожая задача успешно решается в другой предметной области – в программных средах для разработки экспертных систем (ЭС). Предлагается применить принципы построения и функционирования ЭС к моделирующему программному обеспечению.

Суть предлагаемого подхода заключается в следующем. Берем «пустую» оболочку ЭС производственного типа с представлением знаний в виде правил. Структура правила: условия (антецеденты) => действия (консеквенты). Считаем, что знания о системе заключены в моделях. Каждую модель будем рассматривать как одно «большое» правило, «втиснутое» в унифицированный программный модуль-шаблон. Совокупность моделей даст ЭС, заполненную знаниями о системе.

УДК 621.31.83.52

## **УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ**

Опейко О.Ф.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Системы векторного управления с датчиками скорости позволяют достичь наилучших показателей динамики и точности обработки положения и скорости электроприводами. Как правило, используется инкрементальный датчик положения (энкодер), по сигналу которого скорость рассчитывается дифференцированием положения. При низких скоростях, ввиду увеличения интервала времени между импульсами датчика, запаздывание определения скорости и погрешность увеличиваются. Возможны сбои датчика, что снижает надежность системы.

Системы векторного управления без датчиков скорости применяются для привода механизмов, где установка датчиков скорости затруднена или значительно снижает надежность системы в целом. По этой причине во многих промышленных и

транспортных механизмах перспективно управление без датчика скорости [1].

Вычислительный метод получения информации о состоянии объекта имеет преимущества перед аппаратным методом: это гибкость и меньшие аппаратные затраты. В то же время для определения скорости на основании известных значений тока и напряжения необходимо знание параметров электромагнитной схемы замещения электродвигателя, которые подвержены изменениям в процессе функционирования, что является причиной погрешностей в определении скорости.

Система векторного управления электроприводом без датчика скорости содержит адаптивный наблюдатель для вычисления скорости на основании информации о токе и напряжении обмоток статора. Такая система, как правило, имеет меньшее быстродействие и точность, чем при наличии датчика скорости, но ввиду отсутствия в ней механического датчика, улучшается надежность и уменьшаются затраты.

Перспективным направлением является одновременное использование в системе электропривода двух каналов обратной связи по скорости: от инкрементального датчика положения с дифференцированием положения для расчета скорости и от адаптивной настраиваемой модели. В электроприводах, где желательна надежность и безотказность, предусматривают возможность переключения управления с одного канала на другой [1]. Структура системы с переключаемым каналом обратной связи по скорости представлена на рисунке 1.

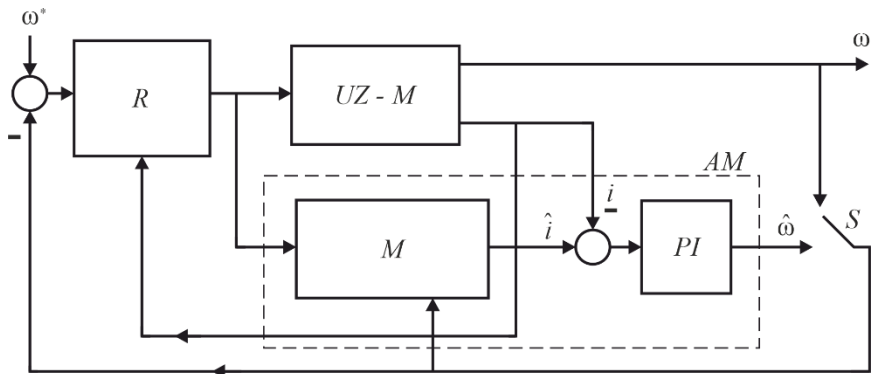


Рис. 1. Структура системы с настраиваемой моделью и переключаемой обратной связью по скорости

Принцип действия системы состоит в следующем. Если канал определения скорости по сигналу энкодера исправен, он используется для обратной связи по скорости. Если диагностирована неисправность, выполняется переключение по логическому сигналу о сбое в энкодере на определение скорости от адаптивной настраиваемой модели. На рисунке 1 показано, что на вход регулятора  $R$  поступает разность сигнала  $\omega^*$  задания скорости и сигнала обратной связи по скорости  $\omega$  от энкодера либо  $\hat{\omega}$  от адаптивной модели  $AM$  в зависимости от положения переключателя  $S$ .

На вход пропорционально-интегрирующего звена  $PI$  адаптивной модели  $AM$  поступает разность сигналов тока  $i$  статора электродвигателя и расчетного значения  $\hat{i}$  тока модели  $M$  электромагнитных процессов. На схеме  $UZ-M$  – подсистема преобразователь-двигатель. На выходе  $AM$  формируется сигнал  $\hat{\omega}$  рассчитанной скорости.

Динамические свойства каналов определения скорости различны, что приводит к изменению динамических свойств системы в результате переключения  $S$ . Следовательно, регулятор скорости в рассматриваемой системе либо должен иметь переключаемую структуру для каждого варианта обратной связи, либо должен обладать робастными свойствами, позволяющими

сохранять динамические свойства в допустимых пределах независимо от источника обратной связи по скорости.

В системе применен ПИ-регулятор скорости, рассчитанный из условий устойчивости и качества системы с адаптивной моделью расчета скорости, обладающий робастными свойствами.

Для анализа системы разработана имитационная модель векторного управления электроприводом с асинхронным электродвигателем с двумя каналами определения скорости.

Имитационное моделирование системы векторного управления электроприводом с энкодером и с каналом расчета скорости показывает, что ПИ-регулятор скорости, рассчитанный для системы векторного управления без датчика скорости, позволяет сохранить динамические свойства системы при переключениях в канале обратной связи по скорости [2].

### *Литература*

1. Gaeid K.S. Sensor and Sensorless Fault Tolerant Control for Induction Motors Using a Wavelet Index / K.S, Gaeid, H.W. Ping, M. Khalid, A. Masaoud // Sensors 2012, 12, p. 4031–4050.

2. Разработка эффективных моделей и методов робастного управления в мехатронных системах, задание 1.3.13 «Разработка эффективных моделей и методов робастного и интеллектуального управления в сложных мехатронных системах [электронный ресурс]: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. Опейко О.Ф.; исполн. Нитиевский С.А., Жарко Д.Н., Цыбульский П.С. – Мн., 2020. – 76 с. – Библиогр.: с. 38–40. – № ГР 20191231.