

УДК 62.50-83

КООРДИНАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ АГРЕГАТОВ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

М.В. ФАЛЕЕВ, А.В. КАШИН, И.Б. НИКОЛАЕВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Анализ требований к точности регулирования скоростей и их соотношений агрегатов современных поточных линий показывает, что ее величина не должна превышать 0,5...0,05% при обеспечении плавности задания управляющих воздействий на уровне допустимых относительных погрешностей регулирования при монотонном или малоколебательном характере переходных процессов. Стабилизация натяжения транспортируемого материала должна производиться с погрешностью 5...15% [1].

Одним из важных требований, предъявляемых к поточно-непрерывным агрегатам, является возможность автономного регулирования натяжения в зонах транспортирования материала.

Согласование локальных подсистем может выполняться путем регулирования натяжения транспортируемого материала либо путем стабилизации соотношения скоростей смежных секций с помощью прецизионных цифровых синхронизаторов или посредством каскадного включения электроприводов отдельных секций. Очевидно, что стабилизация натяжения может быть достигнута регулированием положения агрегатов отдельных секций, то есть при переходе к использованию следящих электроприводов, функционирующих в режиме отработки задаваемых угловых перемещений.

Наиболее перспективным является применение в механизмах отдельных агрегатов поточных линий электроприводов переменного тока в целом более дешевых,

чем приводные устройства на базе двигателей постоянного тока.

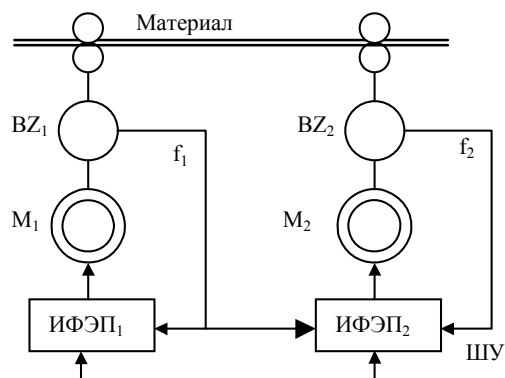


Рис. 1

Следящие электроприводы реализуются на базе импульсно-фазовых электроприводов (ИФЭП) [2] с фотоимпульсными датчиками положения, работающих в автономном или каскадном режимах включения, как это показано на рис. 1 (структура электропривода смежных секций поточной линии).

Локальные регуляторы ИФЭП_і обеспечивают астатическое управление скоростью и положением вала двигателя М_і посредством датчика ВZ_і, последовательности импульсных сигналов f_і, на выходе которого определяют искомые координаты.

Известно, что оптимальные характеристики приводов переменного тока достигаются при векторном управлении его переменными состояниями. Наиболее широко в настоящее время векторизация управления обеспечивается на основе анализа токов статорных обмоток асинхронных двигателей (АД) с последующей обработ-

$$i_{1X} = i_{1Y} \frac{R_2}{L_2 s \omega_0}, \quad (4)$$

где s – скольжение.

С учетом (4) закон изменения напряжения по оси X принимает следующий вид:

$$u_{1X} = i_{1Y} \left[\frac{R_2}{L_2 s \omega_0} \left(R_1 + L_{12} \frac{s \omega_0^2}{R_2} \right) - \omega_0 L_1 \right]. \quad (5)$$

Уравнение (5) однозначно определяет необходимый закон изменения напряжения u_{1X} , необходимый для ориентации системы по вектору потокосцепления вдоль оси X . Для построения наблюдателя выразим из (1) производную для тока i_{1Y} . При регулировании с постоянной частотой скольжения получаем следующее выражение, необходимое для идентификации тока i_{1Y} :

$$\frac{di_{1Y}}{dt} = \frac{u_{1Y} - i_{1Y} \left(R_1 + \frac{R_2 L_1}{s \omega_0 L_2} \omega_0 \right)}{\left(L_1 - \frac{L_{12}^2}{L_2} \right)}, \quad (6)$$

где $s \omega_0 = \text{const}$.

Уравнение (6) используется для определения структуры наблюдателя тока. Согласно принципам построения редуцированных наблюдающих устройств [4] для восстановления тока статора используется следующая система уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\alpha}{dt} &= k_1 u_{1Y} - (k_2 \omega_0 + R_1) \tilde{i}_{1Y}, \\ \tilde{i}_{1Y} &= \alpha + h p \omega. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

При этом наблюдается только ток статора i_{1Y} , а напряжение по оси X u_{1X} определяется программным способом по (5).

Для преодоления неопределенности объекта управления и самого процесса проводки ткани используется регулятор, построенный на базе нечеткой логики – нечеткий регулятор (НР). Применение таких регуляторов для управления нестационарными и нелинейными объектами, как

показано в [5], дает существенные преимущества перед линейными детерминированными цифровыми регуляторами (ДР).

Основными параметрами цифровых НР, при которых производится их синтез и расчет, являются количество и форма функций принадлежности лингвистических величин и диапазоны масштабирования входных лингвистических переменных, таких как ошибка по положению вала и ее производная.

Для определения выходного сигнала НР на множестве $U=[0,1]$ задаются два нечетких подмножества, функции принадлежности которых $\mu^1(u)$ и $\mu^2(u)$ для каждой лингвистической величины определяются простыми формулами:

$$\mu^1(u) = 1 - u, \quad u \in [0,1], \quad \mu^2(u) = u, \quad u \in [0,1]. \quad (8)$$

При этом считается, что диапазон изменения входных сигналов нечеткого регулятора D является постоянным, а преобразование переменных управления НР в элементы единого универсального множества $U_1=[0,1]$ осуществляется по следующим выражениям:

$$u_1^* = \frac{Kg U_E}{2D} + 0,5, \quad u_2^* = \frac{Kp \frac{dU_E}{dt}}{2D} + 0,5, \quad (9)$$

где Kg и Kp – коэффициент передачи по ошибке регулятора и ее производной соответственно.

Результирующая функция принадлежности $\mu(u)$ для управляющего воздействия в соответствии с рабочим правилом нечеткой логики записывается в виде

$$\mu(u) = \left\{ \mu^1(u_1^*) \wedge \mu^1(u_2^*) \right\} \vee \left\{ \mu^2(u_1^*) \wedge \mu^2(u_2^*) \right\}. \quad (10)$$

Выходной сигнал регулятора U_d определяется абсциссой центра тяжести $s_c = S(u_c, \mu_c)$ участка площади, охватываемой результирующей функцией принадлежности, и вычисляется по выражению:

$$U_d = D(s_c - 0,5) .$$

Отсутствие в системе аналоговых входных сигналов и необходимость обработки импульсных последовательностей делает перспективным применение конфигурируемых систем на кристалле фирмы Triscend Co (США).

Функциональная схема такого электропривода представлена на рис. 3.

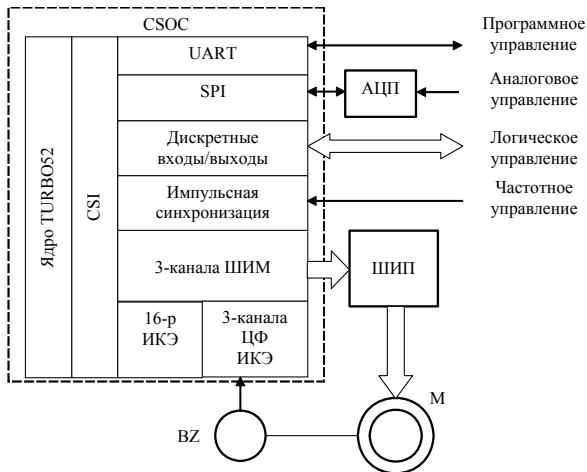


Рис. 3

Для согласования изменения режимов работы отдельных секций в ИФЭП реализованы задатчики интенсивности второго порядка, эффективно стабилизирующие ускорение и скорость изменения управляющих воздействий.

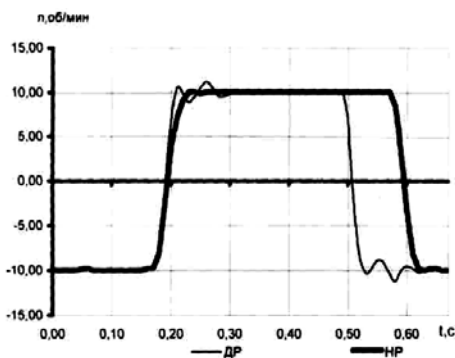


Рис. 4

Исследования динамических режимов работы электропривода с НР (рис. 4) свидетельствуют о росте быстродействия системы при практически апериодическом характере переходных процессов. Во многом это объясняется нелинейными свойствами НР, обеспечивающего плавное ограничение высших производных управляющего работой АД сигнала по сравнению с детерминированными регуляторами.

Проведенные исследования ИФЭП показали, что использование НР также существенно (на 15...30%) снижает неравномерность движения вала при постоянных сигналах задания.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о перспективности использования импульсно-фазовых электроприводов переменного тока, реализованных на конфигурируемой системе на кристалле для координации движения агрегатов многодвигательных поточных линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарарыкин С.В., Тютиков В.В. Системы координирующего управления взаимосвязанными электроприводами/Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2000.
2. Фалеев М.В., Киселев А.А., Ширяев А.Н.//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, №5. С.82...87.
3. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями/О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов и др. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Кузовков Н.Т. Системы стабилизации летательных аппаратов. – М.: Высшая школа, 1976.
5. Архангельский В.И., Богатенко И.Н., Грабовский Г.Г. Системы функции-управления. – Киев: Техника, 1997.

Рекомендована кафедрой технологии автоматизированного машиностроения. Поступила 30.03.07.