

ПОЛИГРАФИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.311

Анкуда Д. А., ассистент (БГТУ);

Юденков В. С., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ)

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЛИСТОВОЙ ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯТОРОВ С НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКОЙ

Разработана система автоматического управления главным электроприводом двухсекционной листовой офсетной печатной машины. Предлагаемая система управления на основе регуляторов с нечеткой логикой адаптивна по отношению к типу запечатываемого материала и сюжету на печатной форме.

Developed a system automatic control by the main drive of the two-section sheet offset printing machine. The proposed control system on the basis of fuzzy logic controllers is adaptive with respect to type of printed material and image on a printed form.

Введение. При многокрасочной печати одним из основных требований к печатной машине является точное геометрическое нанесение изображения на запечатываемый материал. Это требование выполняется синхронизацией по положению печатных цилиндров различных секций за счет использования общего механического вала.

В настоящее время для многокрасочных печатных машин сформировалась тенденция к переходу от группового трансмиссионного электропривода к индивидуальному электроприводу отдельных печатных секций. При этом упрощаются кинематические схемы машин, обеспечивается модульное построение печатных машин любой красочности, а также сокращается время подготовительных операций перед печатью тиража.

Отсутствие общего механического вала накладывает высокие требования к синхронизации по скорости и положению печатных цилиндров отдельных печатных секций, приводимых не связанными механически электроприводами переменного тока.

При рассмотрении требований, предъявляемых к многодвигательному электроприводу листовых печатных машин, можно отметить следующее:

– диапазон регулирования скорости должен составлять не менее 20;

– должна обеспечиваться высокая точность синхронизации по угловому положению валов электроприводов отдельных печатных секций (допустимое отклонение расположения изображения на лице и обороте запечатываемого листа составляет 0,1 мм; точность приводки красок при многокрасочной печати должна быть в пределах нескольких сотых долей миллиметра [1]).

Для реализации такого диапазона регулирования скорости необходимо применение асинхронных электроприводов с векторным управлением. Синхронизация по положению печатных цилиндров различных печатных секций достигается применением датчиков обратной связи по положению и по скорости двигателя.

Основная часть. При использовании двухдвигательного асинхронного электропривода в качестве главного привода двухкрасочной листовой печатной машины синхронизованное вращение валов и цилиндров печатных секций будет зависеть от нагрузки на валах электродвигателей.

Момент статического сопротивления в печатной секции в основном определяется следующими составляющими:

- 1) момент сопротивления от взаимного перекатывания формного и офсетного цилиндров;
- 2) момент сопротивления от взаимного перекатывания офсетного и печатного цилиндров;
- 3) момент сопротивления, создаваемый валиками и цилиндрами красочного аппарата.

Оценим, какие технологические параметры процесса печати оказывают влияние на суммарный момент статического сопротивления на валу главного привода печатной секции. Определим влияние давления печати. В офсетной печати контакт жесткого и эластичного цилиндров происходит по полосе, ширина которой определяется выражением [2, 3]

$$b = 2 \sqrt{\lambda \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}, \quad (1)$$

где λ — абсолютная деформация офсетного полотна; R_1 — радиус жесткого цилиндра; R_2 — радиус эластичного цилиндра.

Из литературных источников [2, 4] известно, что суммарная нагрузка на цилиндр в таком случае составляет

$$Q = l \cdot b \cdot p_{\text{cp}}, \quad (2)$$

где l — длина образующей цилиндра; p_{cp} — среднее значение напряжения по полосе контакта.

В свою очередь среднее значение напряжения по полосе контакта численно равно половине величины технологически необходимого давления печати [2].

В статических условиях суммарная нагрузка на цилиндры Q действует по линии центров. В процессе вращения цилиндров деформация декеля относительно оси симметрии перераспределяется из-за необходимости передачи ведущим цилиндром крутящего момента, вследствие чего линия действия суммарной нагрузки смещается противоположно вращению относительно центра цилиндра на величину k , называемую коэффициентом трения качения ($k = 0,08 b$). Необходимый момент для перекачивания пары цилиндров определяется произведением [4]

$$M = Q \cdot k. \quad (3)$$

На практике величина абсолютной деформации офсетного полотна обычно составляет 0,15–0,20 мм. Таким образом, момент сопротивления от взаимного перекачивания офсетного и печатного цилиндров зависит от технологически необходимого давления печати. Причем этот момент действует только при включенном натиске во время контакта офсетного и печатного цилиндров (примерно $\frac{3}{4}$ цикла) и полностью снимается при прохождении цилиндрами технологических выемок (примерно $\frac{1}{4}$ цикла).

В трехцилиндровом печатном аппарате формный и офсетный цилиндры работают при замыкании их на контактные кольца [1]. При включенном натиске кольца замыкаются с усилием в 1,5 раза большим, чем суммарное усилие в контактной зоне печати [5]. Таким образом, момент сопротивления от взаимного перекачивания формного и офсетного цилиндров также зависит от технологически необходимого давления печати. Причем момент этот действует на протяжении всего времени цикла, а его величина на 50% превышает момент сопротивления от взаимного перекачивания офсетного и печатного цилиндров.

В литературе [6] проведен анализ гидродинамических процессов, происходящих в слое краски, раскатываемой валиком, а также определяется усилие Q , вызывающее вращение ва-

лика. Приближенное решение гидродинамической задачи дает следующее выражение:

$$Q = 1,5(\eta\omega R)^{0,75} \left(\frac{h}{R}\right)^{0,75} q^{0,25}, \quad (4)$$

где η — вязкость краски; ω — угловая скорость валика; R — радиус валика; h — толщина слоя краски; q — сила прижатия валика.

Приведенное выражение показывает, что момент сопротивления, создаваемый валиками и цилиндрами красочного аппарата, будет зависеть от угловой скорости валиков и от толщины слоя краски. А поскольку печатный и красочный аппараты конструируются таким образом, чтобы исключить проскальзывание валиков и цилиндров, а толщина слоя краски определяется количеством краски, наносимой на форму, момент сопротивления красочного аппарата будет зависеть от скорости печатания и сюжета на форме. Момент сопротивления от красочного аппарата действует на протяжении всего цикла печати.

При рассмотрении составляющих момента статического сопротивления обнаруживается следующее:

1) величина давления печати в офсетных печатных машинах не является величиной постоянной. При изменении типа запечатываемой бумаги технологически необходимое давление печати может изменяться в 3 раза (при печати на офсетной бумаге технологически необходимое давление составляет 1,5 МПа, тогда как при печати на мелованной бумаге — 0,5 МПа [7]), что вызывает изменение момента статического сопротивления;

2) существенное влияние на момент статического сопротивления оказывает красочный аппарат. Так, в зависимости от сюжета расход краски может составлять от 35 г на 1000 оттисков форматом 600×900 мм (печать текста) до 185 г на 1000 оттисков того же формата (печать рекламной продукции, репродукций с площадью запечатывания более 80%) [8]. Таким образом, количество краски, раскатываемой красочным аппаратом равномерным слоем и передаваемой на формный цилиндр, изменяется от тиража к тиражу;

3) на величину момента статического сопротивления большое влияние оказывают вязкость и адгезионные свойства краски, которые изменяются в процессе печати с изменением температуры валиков и цилиндров красочного аппарата под воздействием сил трения, возникающих в зоне контакта вращающихся валов.

Таким образом, параметры печатной машины постоянно изменяются в некоторых пределах. Наибольшее влияние на работу машины

оказывают количество наносимой на оттиск краски (зависит от сюжета) и тип запечатываемого материала (определяет давление печати).

Решение поставленной задачи по созданию системы управления многодвигательным асинхронным электроприводом листовой печатной машины классическими методами с использованием ПИ и ПИД регуляторов затруднительно. Становится целесообразным применение нечеткого управления и использование системы управления многодвигательным электроприводом с адаптацией к типу запечатываемого материала и количеству краски, наносимой на оттиск в каждой печатной секции. Функциональная схема системы автоматического управления (САУ) двухдвигательным электроприводом листовой печатной машины представлена на рис. 1. Электропривод печатной секции построен по схеме «Преобразователь частоты — Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором».

В преобразователях частоты ПЧ1 и ПЧ2 реализовано трансекторное управление с поддержанием постоянства потокосцепления ротора на номинальном значении. В системе управления каждым электроприводом М1 и М2 с помощью датчиков Д1 и Д2 реализован обратный связи по положению (кроме того, в САУ присутствуют обратные связи по скорости и по току, не указанные на рисунке). Кроме главных обратных связей (по скорости и положению), присутствует дополнительная обратная связь, когда на вход каждого из регуляторов электроприводов подается величина рассогласования δ положений валов печатных цилиндров. Дополнительная обратная связь дей-

ствует таким образом, что одновременно разгоняет отстающий электропривод и подтормаживает опережающий электропривод, сводя к нулю величину рассогласования положений валов печатных цилиндров. Таким образом, повышается быстродействие системы.

Регуляторы с нечеткой логикой FUZZY1 и FUZZY2 реализованы системой нечеткого вывода Мамдани с 2 входами и 1 выходом. Как и в классических системах управления электроприводами, входными переменными являются: разница между текущей и требуемой скоростью электропривода, разница между текущим и требуемым положением электропривода. Выходной переменной является требуемое значение электромагнитного момента для электропривода печатной секции (таким образом, необходимо, чтобы преобразователи частоты допускали возможность управления по моменту).

Особенностью адаптивной системы управления является то, что на вход каждого из регуляторов с нечеткой логикой подается значение величины давления печати (путем указания типа запечатываемого материала) и количество краски, наносимой на оттиск в данной секции (определяется на стадии допечатной подготовки как отношение площади печатных элементов на форме к площади всей печатной формы).

При скорости работы современных листовых офсетных печатных машин до 20 тыс. оттисков в час [5] быстродействие системы управления должно быть менее 0,2 с.

Синтез регуляторов нечеткой логики производился путем моделирования работы двухдвигательного электропривода в системе Simulink пакета Matlab.

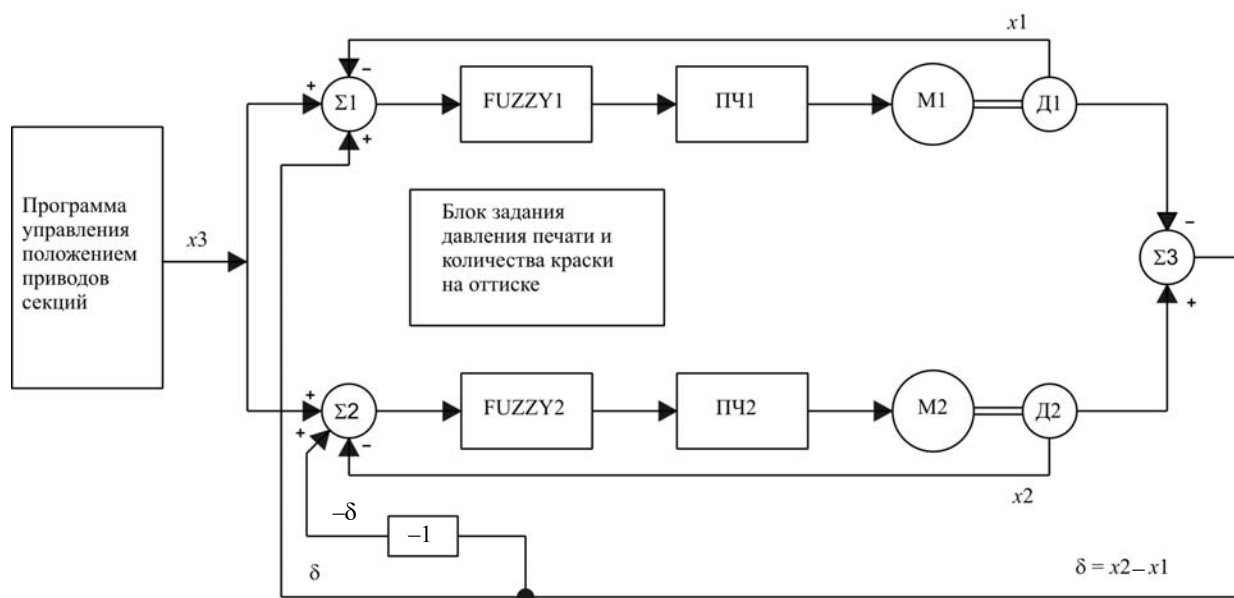


Рис. 1. Функциональная схема системы автоматического управления двухдвигательным электроприводом листовой печатной машины

В модели (рис. 2) система векторного управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором представлена в виде подсистемы «Трансвектор» с двумя входами (момент статического сопротивления нагрузки и требуемое значение электромагнитного момента) и тремя выходами (скорость двигателя, его электромагнитный момент и токи фазных обмоток статора).

При помощи Simulink-модуля Fuzzy Logic Controller – нечеткий контроллер – можно внедрить разработанную при помощи пакета Fuzzy Logic Toolbox систему нечеткого вывода в динамическую модель пакета Simulink [9].

Для лингвистического описания регулируемых величин используются четыре линейные треугольные функции принадлежности. Это позволяет построить FUZZY-регулятор с минимальным количеством вычислительных операций. Настройка регуляторов нечеткой логики учитывает диапазон возможных изменений момента статического сопротивления (в зависимости от давления печати и требуемого количества краски) на валу электропривода каждой печатной секции.

Для однокрасочной печатной машины Dominant 715 был проведен эксперимент по оценке влияния на момент нагрузки типа запечатываемого материала, вязкости краски и вида печатной продукции. Для этого определяли выходной ток преобразователя частоты главного электропривода.

Известно, что в статическом режиме электромагнитный момент асинхронного электродвигателя пропорционален квадрату тока ста-

тора [10]. Зная, что для двигателя главного электропривода печатной машины номинальный момент равен 7,37 Нм, а номинальный ток статора составляет 4,6 А, вычислим значения движущего момента электродвигателя, соответствующие потребляемым токам:

– момент холостого хода (натиск выключен, отсутствует краска в красочном аппарате):

1,11 Нм при силе тока 1,8 А;

– печать текста (изображение занимает менее 5% площади формы, натиск включен):

а) 1,38 Нм при силе тока 2 А;

б) 1,67 Нм при силе тока 2,2 А (в момент прохождения листа через печатный аппарат);

– печать плашки (изображение занимает около 40% площади формы, натиск включен):

а) 3,54 Нм при силе тока 3,2 А;

б) 3,76 Нм при силе тока 3,3 А (в момент прохождения листа через печатный аппарат).

Задав параметры настройки Fuzzy-регуляторов (изменяем только графики степени принадлежности для электромагнитного момента в соответствии с величиной нагрузки, как если бы мы задали тип запечатываемого материала и площадь изображения на форме), проводим моделирование работы печатной машины с разными моментами статического сопротивления на валах главных приводов секций.

Результат моделирования работы системы автоматического управления в виде графика рассогласования валов двигателей по положению приведен на рис. 3.

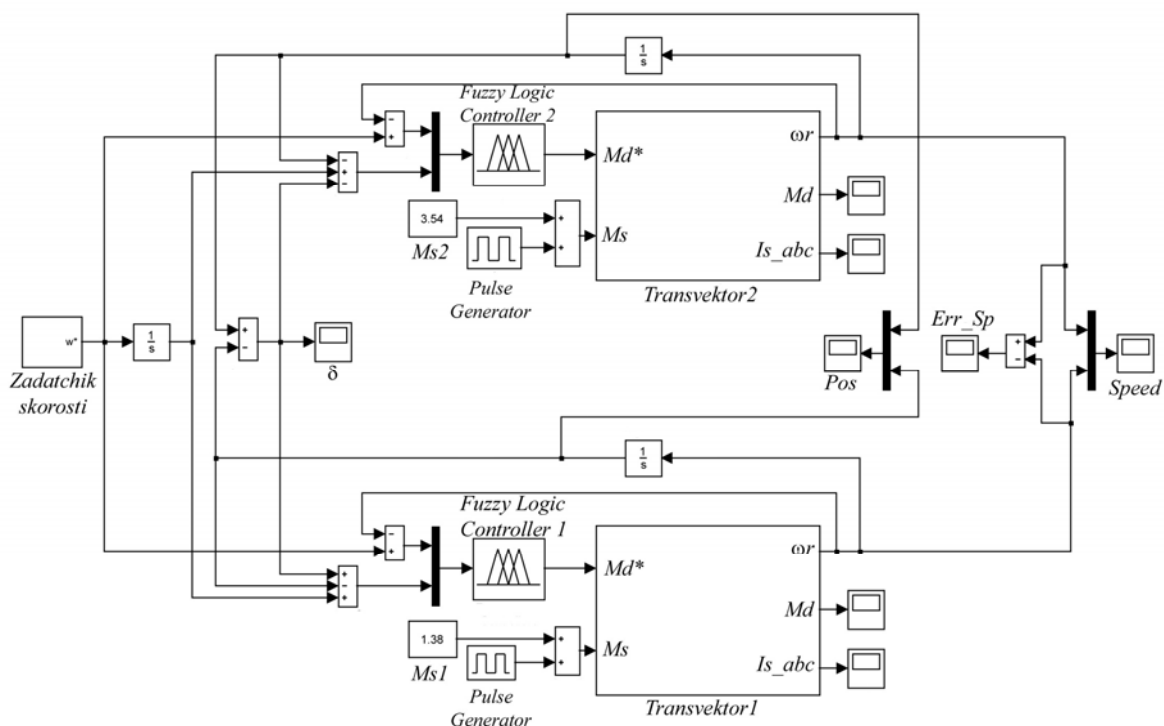


Рис. 2. Модель системы автоматического управления двухдвигательным электроприводом на основе регулятора с нечеткой логикой

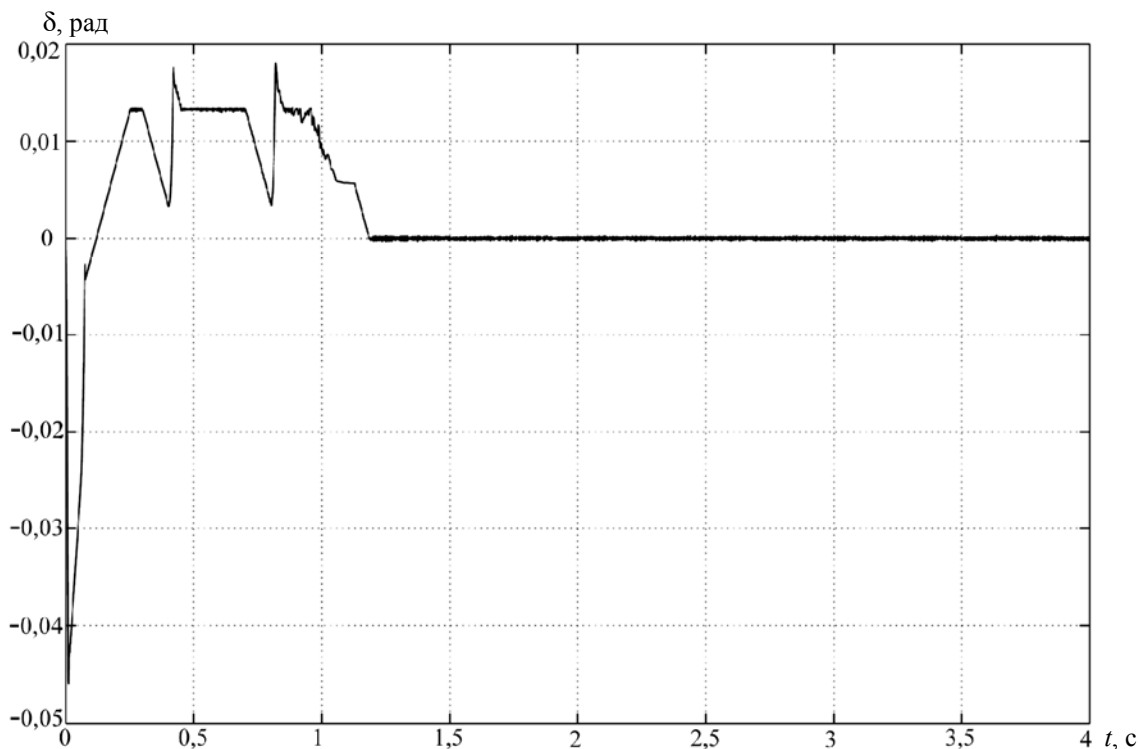


Рис. 3. График рассогласования роторов по положению

Критическим параметром для многокрасочной листовой печатной машины является величина рассогласования положений роторов, а также быстродействие системы по устранению рассогласования скоростей и положений роторов.

Как видно из графика рассогласования роторов по положению, система управления на основе регуляторов с нечеткой логикой обеспечивает требуемую точность синхронизации валов по положению (до 2×10^{-4} рад).

Путем моделирования скачкообразных изменений нагрузки на валах двигателей, было определено, что быстродействие системы имеет десятикратный запас по сравнению с требуемым значением.

Заключение. Таким образом, разработана адаптивная по отношению к типу запечатываемого материала и сюжету на печатной форме система управления двухдвигательным электроприводом двухкрасочной листовой офсетной печатной машины, удовлетворяющая требованиям, предъявляемым со стороны технологического процесса многокрасочной печати.

Литература

1. Киппхан, Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г. Киппхан; пер. с нем. — М.: МГУП, 2003. — 1280 с.
2. Одиноква, Е. В. Проектирование полиграфических машин: учеб. для вузов / Е. В. Оди-

ноква, Г. Б. Куликов, И. Ш. Герценштейн; Моск. гос. ун-т печати. — М.: МГУП, 2003. — 411 с.

3. Печатное оборудование: учеб. для вузов / В. П. Митрофанов [и др.]; под ред. В. П. Митрофанова. — М.: Изд-во МГУП, 1999. — 443 с.

4. Чехман, Я. И. Печатные машины: учеб. для вузов / Я. И. Чехман, В. Т. Сенкус, Е. Г. Бирбраер. — М.: Книга, 1987. — 304 с.

5. Листовые офсетные машины КБА: учеб. пособие / А. А. Перова [и др.]; Моск. гос. ун-т печати. — М.: МГУП, 2007. — 140 с.

6. Шахкельдян, Б. Н. Полиграфические материалы / Б. Н. Шахкельдян, Л. А. Загаринская. — М.: Книга, 1988. — 328 с.

7. Офсетный друк: у 2 кн. / С. М. Ярема [та інш.]. — К.: ХаГар, 2002. Кн. 2: Друкарські машини, оздоблювальне та допоміжне обладнання. — 507 с.

8. Нормы расходования основных полиграфических материалов / Моск. гос. ун-т печати. — М.: МГУП, 2002. — 24 с.

9. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 288 с.

10. Усольцев, А. А. Частотное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие / А. А. Усольцев. — СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. — 94 с.

Поступила 15.04.2011