

УДК 621.-83.

С.В.Савва (асп., каф. РАПС СПбГЭТУ), В.А.Новиков, д.т.н., проф. СПбГЭТУ

## АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ С ТРАНСПОРТНЫМИ ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ

Оптимальное управление однородностью бумажного либо картонного полотна требует создания систем автоматического управления (САУ) основными технологическими переменными - массой  $1 \text{ м}^2$  и влажностью полотна. Решить задачу управления технологическими переменными можно только на основе использования специальных алгоритмов управления.

САУ технологическими переменными является многомерной автоматической системой. Она состоит из двух подсистем: САУ основным или абсолютно сухим весом и САУ влажностью полотна. В первую из указанных САУ входит САР расхода массы высокой концентрации, а во вторую - САР давления пара в ведущей сушильной группе.

Измерение технологических переменных на выходе бумаго- или картоноделательной машины отсрочено, по крайней мере, на интервал сканирования (обычно 20...30 секунд) и на величину транспортного запаздывания, которая может составлять от десятков секунд до 5 минут и изменяться с изменением скорости. Наличие больших транспортных запаздываний в прямых каналах САУ весом и влажностью приводит к неустойчивости системы управления в целом.

В процессе регулирования технологических переменных между указанными САУ возникает взаимодействие, проявляющееся через перекрестные связи объекта управления, вследствие чего увеличивается время отработки задающих и время подавления возмущающих воздействий. В силу этого в рассматриваемую САУ необходимо ввести два (в случае управления основным весом и влажностью полотна) или одно (в случае управления абсолютно сухим весом и влажностью полотна) корректирующее устройство позволяющее осуществить развязку контуров управления с учетом транспортных запаздываний в прямых и перекрестных каналах. В этом случае изменение влажности полотна на накате не окажет влияния на работу САУ массой  $1 \text{ м}^2$  полотна и, наоборот, изменение его массы  $1 \text{ м}^2$  не окажет влияния на работу САУ влажностью полотна.

В ходе проведенной научно-исследовательской работы было выполнено математическое моделирование и идентификация параметров системы управления картоноделательной машиной №1 Санкт-Петербургского картонно-полиграфического комбината, вырабатывающей многослойный макулатурный картон. Выполнены анализ и разработка вариантов построения корректирующих устройств с целью повышения качества регулирования технологических переменных.

Построение САУ технологическими переменными реализовано на базе концепции робастного управления и использования эталонной внутренней модели процесса, как части алгоритма управления. Введение эталонных моделей объектов управления в САУ весом и влажностью полотна позволяет скомпенсировать влияние транспортных запаздываний на качество регулирования технологических переменных. Для осуществления робастного управления необходима реализация регулятора с размерностью  $2 \times 2$  с развязкой регулируемых переменных. Главные преимущества этого типа регулятора для управления бумаго- или картоноделательной машиной - простота его настройки и его относительная нечувствительность к точной модели процесса. Другое преимущество - его способность автоматически корректировать изменения скорости машины и концентрации потока густой массы на основе упреждающих коррекций, основанных непосредственно на учете баланса абсолютно сухого волокна на протяжении всего процесса производства.

Для построения упреждающей коррекции используется ПДП-регулятор. Он необходим для того, чтобы обеспечить динамическую компенсацию отклонений технологических переменных в результате изменений скорости и концентрации потока густой массы. Для динамического согласования условий формирования упреждающей коррекции учитывающих влияние на технологические переменные (веса, влажности) изменений скорости и изменений регулируемых переменных первичными исполнительными механизмами (скорости потока густой массы или давления пара) в цепь упреждающей коррекции включается фильтр.

Настройка контуров регулирования веса и влажности полотна осуществляется с помощью встроенной в регулятор модели процесса. Транспортные запаздывания в прямых и перекрестных каналах оцениваются на основании технологической карты работы машины с учетом известных транспортных дистанций от напускного устройства до наката и от начала конечной сушильной секции до наката.

При моделировании процесса используются различные наборы коэффициентов, постоянных времени, и запаздываний соответствующие возможным режимам работы машины при выпуске различных сортов продукции. Когда имитируемая модель готова для представления динамической характеристики процесса, функция автоматической настройки передает имитируемые динамические параметры в регулятор.

Программное обеспечение идентификации параметров модели процесса в режиме реального времени использует базу данных, содержащую все профили и данные сканирования исполнительных механизмов, а также параметры производственного процесса. Коэффициенты и постоянные времени звеньев, описывающих процесс, идентифицируются и вставляются в модель процесса адаптивным способом.

Данный метод настройки контуров регулирования может быть улучшен. Более предпочтительным является определение параметров регулятора с помощью автономной программы оптимизации. При этом в процессе настройки используется текущая модель процесса и параметрическая модель регулятора. Алгоритм оптимизации выбирает настройки регулятора, позволяющие минимизировать динамическую ошибку, вести управление по определенному функционалу качества. Для этого вводится система оптимизации, анализирующая распределение массы  $1 \text{ м}^2$  и влажности бумажного либо картонного полотна в его продольном и поперечном направлении. При наличии такой системы может ставиться цель - минимизировать выпуск бумаги либо картона, вес и влажность которого выходят за определенные пределы. Эти пределы выбираются в соответствии с нормами ГОСТа и одновременно по экономическим соображениям: бумага либо картон должны выпускаться с минимальным содержанием волокна и максимальной влажностью с учетом соответствующих ограничений, накладываемых на эти переменные.

Многомерная система робастного регулирования технологических переменных включает эталонные модели прямых и перекрестных каналов объекта управления. Другим способом компенсации перекрестных связей с запаздываниями объекта управления является введение перекрестных корректирующих каналов с регуляторами, обеспечивающими автономность САР расходом массы высокой концентрации и давлением пара по задающим воздействиям. Исследования показали, что оба способа регулирования обеспечивают примерно одинаковое качество переходных процессов, при более простой структуре регулятора во втором случае.

Таким образом, в результате проведенных исследований проанализированы различные варианты построения САУ технологическими переменными картонного и бумажного производства. Показаны границы применения рассмотренных способов управления бумаго- и картоноделательными машинами с транспортными запаздываниями с учетом динамических свойств исполнительных механизмов и вариации параметров производственного процесса. Рассмотрены пути повышения качества управления технологическими переменными в бумаго- и картоноделательном производстве.