

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭКСТРУДЕРА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Ключевые слова: экструдер, резинотехнические полуфабрикаты, асинхронный электропривод, детали автошин, оптимизация процесса экструзии

В статье приведены результаты исследований электропривода экструдера для изготовления резинотехнических полуфабрикатов в производстве автомобильных шин. Предложена структурная схема системы «электропривод-экструдер-продукт», представлены результаты имитационного моделирования.

Keywords: extruder, asynchronous electric drive, rubber half-finished products, tire details, optimization of extrusion process

In this article the results of researching electric drive for extruder in the tire industry branch are showed. The structure scheme of "electric drive-extruder-product" system and results of simulation modelling are presented.

Анализ технологического процесса производства деталей автошин методом экструзии [1] показывает, что качество профилируемых изделий зависит от геометрии экструдера, скоростного и температурного режима экструзии. Колебания давления резинотехнической смеси на выходе формующей головки, вызванные геометрическими особенностями формы червяка и случайным характером изменения свойств экструдата при переработке. Это приводит к флуктуациям скорости и статического момента червяка, что является причиной неустойчивого течения экструдата при шприцевании, и как следствие, появления дефектов профилируемых изделий.

Повышение уровня качества профилируемых деталей шин можно достичь несколькими способами: подбором оптимального формующего инструмента, изменением геометрии винтовой нарезки червяка, изменением рецептуры перерабатываемых смесей. Однако, в условиях действующего производства данные способы являются дорогостоящими и весьма энергозатратными. Более приемлемым способом получения качественного продукта может стать внедрение регулируемого электропривода червяка машины, что позволит добиться оптимального соотношения производительности, скорости и качества производства резинотехнических полуфабрикатов (РТП).

Для построения системы управления электроприводом червяка, в полной мере удовлетворяющей требованиям технологического процесса, необходимо решение оптимизационной задачи процесса шприцевания на основе технических данных экструдера, свойств рабочих смесей, пределов варьируемых параметров с учетом режимов работы и критериев оптимизации процесса. В технической литературе практически не освещены вопросы разработки электроприводов экструдеров, учитывающих изменения характеристик полимера во время переработки, с учетом специфических особенностей технологии.

Сравнительный анализ существующих систем электроприводов экструдеров, применяемых в резинотехнической промышленности, указывает на необходимость разработки электроприводов на основе единой модели технологического процесса.

Результаты решения задачи параметрической оптимизации процесса экструзии, приведенные в [1] подтверждают необходимость эффективного регулирования скорости вращения и момента на валу червяка экструдера при экструзии вязкоупругих резиновых смесей на основе синтетического каучука, при этом обеспечивается максимальное качество экструдата при номинальной производительности и потребляемой мощности агрегата. Анализ механических характеристик универсальных экструдеров указывает на существование участков, где регулирование происходит при постоянном моменте $M_c \approx const$ (1-я зона) и мощности $P_c = const$ (2-я зона).

Причем в зависимости от технологических режимов переработки удовлетворить обоим требованиям можно лишь в условиях раздельного управления скоростью и моментом электродвигателя. Как показали исследования червячных машин [3], технологические требования по выходному давлению смеси могут быть удовлетворены применением электропривода червяка с независимым регулированием указанных координат со следующими показателями качества [5]:

- колебания статического момента при переходном процессе не должны превышать 25 % от установившегося номинального значения момента двигателя;
- точность поддержания момента приводного двигателя не должна превышать 2%;
- точность стабилизации частоты вращения червяка в статическом и динамическом режиме работы должна составлять 0,1%.

Кроме того, согласно проведенным исследованиям [4], для минимизации потерь и повышения качества продукции при шприцевании вязкоупругих смесей к экструдеру должны предъявляться следующие требования :

- а) время регулирования давления на выходе экструдера должно быть не более $T_p = 12$ с;
- б) допустимые колебания давления при переходном процессе должны составлять не более 20% от установившегося значения;
- в) требуемая точность стабилизации давления в установившемся режиме работы не более 2 %.

Работа электроустановок в агрессивных условиях шинного производства и требования к надежности привода со стороны технологического процесса обуславливают применение электроприводов на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АДКЗР). Для эффективного управления координатами асинхронного электропривода в статических и динамических режимах работы в широком диапазоне регулирования скоростей, желательно применить векторное управление моментом АД.

Для того, чтобы добиться цели управления в условиях неопределенного изменения параметров, требуется каким-либо способом получать информацию о выходных характеристиках объекта [2, 7]. Улучшить качественные показатели управления процессом экструзии можно, если осуществить непосредственный контроль главной технологической координаты – давления смеси. В общем случае в разомкнутой системе регулирования давления с целью уменьшения ошибок управления объектом с нестабильными собственными параметрами приходится осуществлять перенастройку корректирующей цепи (регулятора). Кроме того, в процессе эксплуатации электропривода могут наблюдаться изменения возмущающих и управляющих воздействий в виде скачков питающего напряжения, механических возмущений в кинематической цепи привода и т.д., что в общем случае может привести к расходящемуся процессу. Замкнутые системы регулирования технологических параметров, содержащие в своем составе систему электропривода с подчиненным регулированием координат, имеют широкое практическое применение в качестве приводных систем большинства технологических агрегатов и зарекомендовали себя как надежные системы в условиях действующего производства автомобильных шин. Таким образом, для получения требуемых статических и динамических характеристик требуется разработка замкнутой системы регулирования скорости с целью регулирования давления резиновой смеси.

Система управления включает в себя объект управления (экструдер) $W_{\text{эп}}(p)$, регулятор давления $W_{\text{рд}}(p)$, замкнутую по скорости систему электропривода $W_{\text{эп}}(p)$, механическую передачу (редуктор) K_p и датчик обратной связи $K_{\text{осд}}$. Выходной переменной экструдера является давление, от которой зависит производительность и качество экструдата. Развернутая структурная схема замкнутой системы регулирования давления, построенная на основе линеаризованной схемы экструдера, приведена на рис. 1. Система имеет в составе замкнутую по скорости систему

электропривода с передаточной функцией $W_{\text{эп}}(p)$, механическую передачу (редуктор) с коэффициентом передачи K_p , объект управления (экструдер), датчик обратной связи по давлению $K_{\text{осд}}$, регулятор давления $W_{\text{рд}}(p)$.

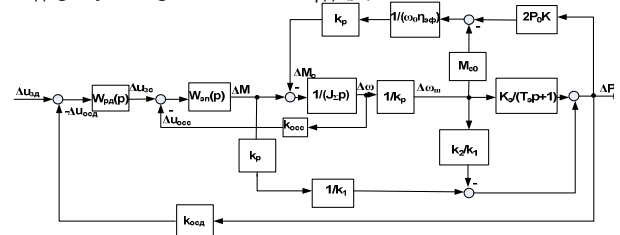


Рис. 1 - Линеаризованная структурная схема замкнутой системы «электропривод-экструдер-продукт»

Один из возможных способов решения рассматриваемой проблемы – это обратная связь от датчиков, регистрирующих изменение переменных. Наиболее широкое применение в практике нашел способ подчиненного подключения датчиков к регуляторам. Данный способ достаточно просто реализуем на практике в сравнении с применением адаптивных систем управления экструдерами, в которых требуется реализация сложного алгоритма управления в условиях неопределенности параметров объекта управления и внешних возмущений. Как показано в [5]. Для реализации способа применяются специальные датчики, встраиваемые в формующую головку экструдера (рис. 2).

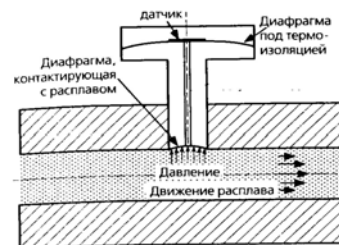


Рис. 2 - Формующий канал головки со встроенным датчиком давления

Появление современных пьезоэлектрических полупроводниковых материалов, встроенных в небольшой чип, которые изменяют свое сопротивление при приложении нагрузки, привело к созданию высокочувствительных датчиков давления. Данное достоинство указанных датчиков, позволяет получать электрический сигнал даже при незначительных механических воздействиях на чувствительный элемент. Это определило широкое распространение данного типа датчиков по сравнению с другими типами.

В работе [1] автором проведен синтез представленной замкнутой системы управления экструдером на основе асинхронного электропривода с векторным регулированием координат электропривода с применением указанного датчика давления. Моделирование системы приведено в программе Mathlab 6.5 (рис.3), а

результаты моделирования представлены на диаграммах рис. 3.

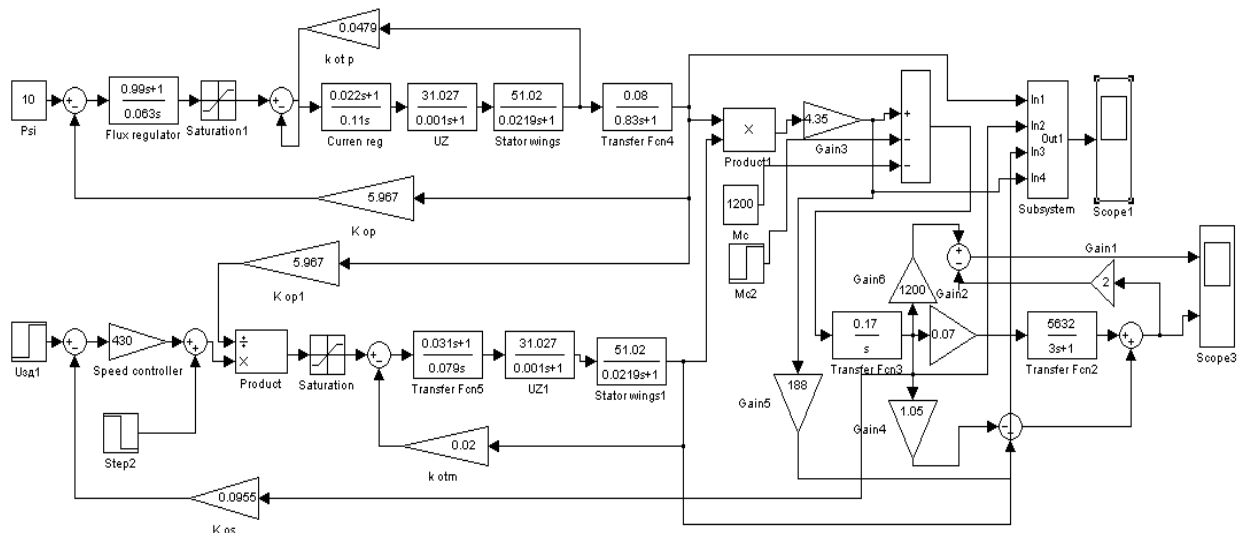


Рис. 3 - Модель системы «Электропривод-экструдер-продукт» на основе векторного управления электроприводом

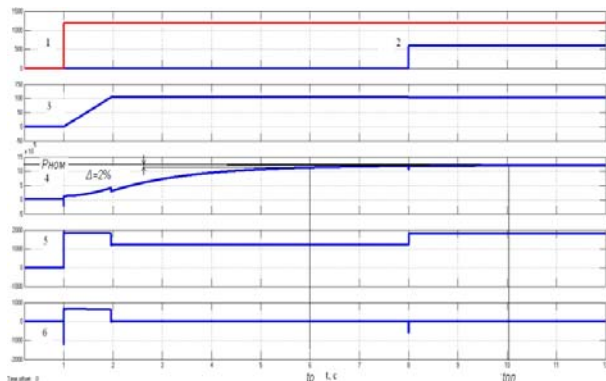


Рис. 4. Переходные процессы в системе электропривод-экструдер при пуске под нагрузкой: 1 – номинальный статический момент, Нм, 2 –дополнительный статический момент, имитирующий отклонение момента нагрузки, Нм ($0,5 M_{с.ном}$), 3 - частота вращения червяка, рад/с, 4 - выходное давление смеси, Па, 5- момент привода, Нм; 6 – динамический момент, Нм.

Выводы: из диаграммы переходных процессов видно, что время регулирования давления составляет 6 с, время переходного процесса 10 с, колебания давления отсутствуют, а статическая ошибка регулирования не превышает 2%. Таким образом, векторная система электропривода обеспечивает требуемые показатели качества регулирования скорости и момента приводного двигателя экструдера, а также постоянство оптимальных значений варьируемых параметров процесса экструзии в статическом режиме, при которых обеспечивается максимальный уровень качества профилируемых изделий.

Литература

1. Ганиев, Р. Н. Оптимизация процесса экструзии в шинопроизводстве применением частотно-регулируемого электропривода: дис. канд. техн. наук/ Р. Н. Ганиев. – Ульяновск, 2012. – 200 с.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник: в 3 т.Т.3 / под. ред. Н.Д. Егупова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 758 с.
3. Проведение предремонтных инструментальных испытаний и регламентный контроль электроприводов поточной линии по производству протекторов ИРУ-16Б: отчет о НИР/ Нижнекамский химико-технол. ин-т. – Нижнекамск, 2009. – 142 с.
4. Орлов, С. П. Повышение эффективности электрооборудования и системы управления экструзионной линии: дис. канд. техн. наук/ С. П. Орлов. – Краснодар, 2005. – 193 с.
5. Раувендааль, К. Экструзия полимеров: пер. с англ. А. Я. Малкина/ К. Раувендааль. – СПб.: Профессия, 2008 – 762 с.: ил.
6. Справочник по автоматизированному электроприводу. Под ред. Елисеева В.А. и Шинянского А.В. – М.: Энергоатомиздат. 1983. - 616 с.
7. Чаки Ф. Современная теория управления: нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: перев. с англ. В.В. Капитоненко, С.А. Анисимова/ А. Чаки. – М.: издат. Мир, 1975 г. – 424 с., ил.
8. Тумаева Е.В. Подobie оптимальных зависимостей токов в синхронном двигателе с электромагнитным возбуждением на базе теории обобщенной машины. – Вестник Казанского технол. ун-та. - №2, Т.16, с. 158-159.
9. Амирова С.С. Абдурагимов Р.А., Исаев А.А. Совершенствование управления энергосбережением цеха 2104 завода «Этилен». - Вестник Казанского технол. ун-та. - №2, Т.16, с. 180-181.