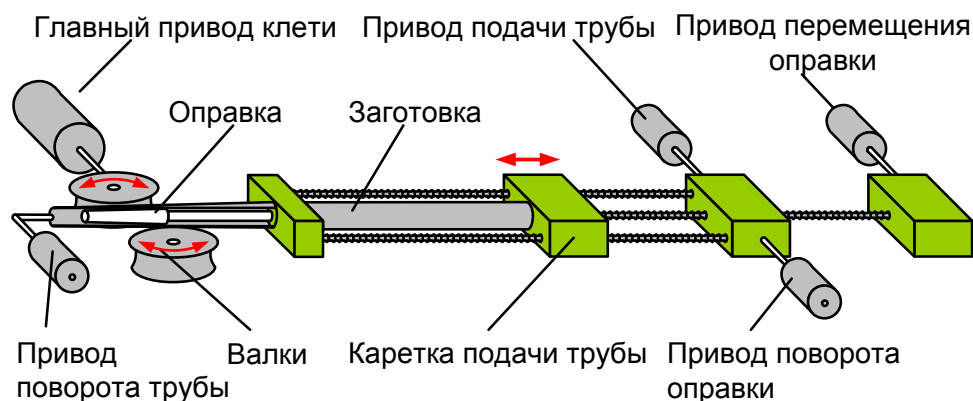


ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ СТАНА ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

В.В. Остроухов

Станы холодной прокатки труб (ХПТ) предназначены для производства холоднокатаных труб из легированных и нержавеющей сталей. Эти трубы используются в авиации, атомной энергетике и автомобилестроении. Холодная прокатка труб заключается в том, что на коническую оправку надевают цилиндрическую заготовку и обжимают валками. При каждом двойном ходе клетки происходит подача трубы в область прокатки и поворот трубы и оправки для устранения дефектов (см. рисунок). Подачу и поворот трубы осуществляет группа поворотно-подающих механизмов (ППМ) [1].



Функциональная схема стана ХПТ-450

Для увеличения производительности, расширения ассортимента и улучшения качества выпускаемой продукции станов ХПТ-450 требуется автоматическое управление режимами прокатки, которое заключается в независимом изменении в широком диапазоне величин подачи и поворота трубы, перемещения и поворота оправки с помощью группы поворотных-подающих механизмов [2].

В существующем решении величины подачи, поворота и перемещения жестко определяются параметрами конструкции поворотного-подающего механизма, и для их изменения требуется участие человека. Недостатком такого решения является ограниченный диапазон изменения параметров прокатки, невозможность быстрого изменения параметров и низкая эксплуатационная надежность механизма. Преимуществом механического ППМ является строгая синхронизация всех механизмов с циклограммой главного привода [3].

Развитие техники позволило заменить механическую связь электрической с полной автоматизацией управления. Однако большие маховые массы электродвигателей и высокая динамика механизмов сделали задачу совместной работы приводов достаточно сложной. Поэтому для проведения автоматизации требуется изучение динамики всего комплекса механизмов, определения оптимальных с точки зрения точности и быстродействия параметров механизма, а также синтез систем управления электроприводами, обеспечивающих требуемое качество управления этими элементами автоматизированной системы.

Среди всех механизмов поворотной-подающей группы привод подачи трубы стана ХПТ-450 выбран для исследования потому, что это ответственный, трудный в реализации элемент системы, а стан ХПТ-450 – потому, что это самый крупный стан холодной прокатки, и многие его параметры и режимы работы предельные.

Механическая часть электропривода подачи стана ХПТ-450 представляет собой сложную многомассовую систему с невыясненными в литературе величинами люфтов и податливостей. По этой причине анализ этой

системы оказался актуальным. Была составлена полная математическая модель механической системы, а частотный анализ позволил выделить доминирующие факторы и отбросить второстепенные [4].

Исходная структура модели представляла собой трехмассовую колебательную систему, состоящую из сосредоточенных масс двигателя, винта и трубы с упругостями винта и трубы. Конечная рекомендуемая структура представляет собой двухмассовую колебательную систему, состоящую из сосредоточенной массы двигателя и объединенной массы винтов и трубы с упругостью винта.

Показано, что наиболее рациональным аппаратом для динамического анализа электропривода подачи является частотный анализ (частотный метод). Применение этого метода дало возможность сформулировать требования к численным значениям наиболее важных параметров силового механо- и электрооборудования, в частности, передаточного числа редуктора, механической постоянной двигателя. Получен диапазон естественных характеристик (полоса пропускания частот, величина резонансного максимума), что в дальнейшем существенно облегчит настройку внешних контуров электропривода.

Для оценки точности выполнен анализ возмущающих воздействий, который показал, что наиболее сильным возмущающим воздействием является явление срыва трубы с оправки. Предложены две модели процесса срыва трубы с оправки: в виде упругого и неупругого соударения эквивалентной поступательной массы электропривода и трубы. На основании наблюдений за ходом прокатки на стане ХПТ-450П1 и сравнения двух моделей процесса срыва трубы с оправки был сделан вывод о том, что модель срыва трубы с оправки в виде неупругого удара более правдоподобна. Анализ также показал, что для снижения разброса величины подачи трубы желательно уменьшение передаточного числа редуктора.

Еще одним элементом, оказывающим серьезное влияние на динамические характеристики электропривода подачи, является преобразователь частоты. В ходе экспериментальных работ на стане холодной прокатки ХПТ-450П1 ОАО «ЧТПЗ» было обнаружено существенное влияние задержки на переключение вентиляльных групп в существующем тиристорном преобразователе. Однако в литературных источниках, посвященных исследованию подобных преобразователей, эта проблема не рассматривалась, поэтому для ее исследования предложена математическая модель [5].

Результаты исследования влияния инерционности преобразователя частоты на качество работы электропривода говорят о том, что преобразователь частоты с непосредственной связью не удовлетворяет современным требованиям, предъявляемым к электроприводу поворотно-подающих механизмов станов холодной прокатки труб. Частотные характеристики, полученные во время эксперимента, показывают значительное снижение коэффициента передачи и увеличение фазового сдвига выходного сигнала

преобразователя на частотах, близких к частотам рабочего диапазона электропривода, что приводит к значительному снижению момента двигателя.

Задача оптимизация силового оборудования электропривода подачи с целью улучшения его динамических характеристик является многокритериальной: одновременно решаются проблемы достижения максимального быстродействия и точности позиционирования. При этом, как показало экспериментальное исследование электропривода подачи стана ХПТ-450П1 ОАО «ЧТПЗ», оптимизация производится при равенстве вкладов различных факторов (габариты, мощность, передаточное число редуктора, вид диаграммы скорости и момента, значения максимальной скорости и ускорения) [6]. Сложность этой проблемы заключается в том, что максимальный эффект получается при одновременном изменении многих параметров с учетом накладываемых ограничений, что приводит к вариационной постановке задачи. Решение такой задачи аналитическими способами невозможно, поэтому был выполнен анализ экспериментальных осциллограмм скорости и тока якоря [7]. Этот подход можно признать достаточно эффективным, он нагляден и разбивает задачу многофакторной оптимизации на несколько однофакторных. Это позволяет отказаться от сложного математического моделирования и анализа.

Анализ осциллограмм, полученных во время экспериментального исследования механизма подачи стана ХПТ-450П1, выявил значительное влияние выбора максимальной скорости и номинального ускорения на время позиционирования. Исследование зависимости времени позиционирования от максимальной скорости и ускорения показало возможность снижения максимальной скорости, что давало существенный выигрыш в габарите электродвигателя. Изменение максимального ускорения не приводило к существенному изменению времени позиционирования. Реальные возможности по уменьшению времени регулирования ограничены предельными динамическими усилиями в механизме.

Вывод. С целью автоматизации процесса прокатки на стане ХПТ-450 проведено исследование динамических характеристик электроприводов поворотно-подающих механизмов как объектов управления. На примере механизма подачи выявлены основные элементы электропривода, оказывающие наибольшее влияние на точность и быстродействие. Даны рекомендации по выбору оптимальных параметров. На следующем этапе требуется синтез системы управления электропривода, обеспечивающей заданное качество процессов управления.

Библиографический список

1. Холодная прокатка труб / З.А. Кофф, П.М. Соловейчик, В.А. Алешин, М.И. Гриншпун. – Свердловск: Metallurgizdat, 1962. – 431 с.
2. Автоматизация станов холодной прокатки труб / В.Г. Воронько, П.В. Дубин, Г.В.Крюков и др. // Сталь. – 1981. – № 4. – С. 66–67.

3. Адамия, Р.Ш. Анализ конструкций подающе-поворотных механизмов станов холодной прокатки труб / Р.Ш. Адамия // Труды ВНИИМЕТМАШ: сб. науч. тр. – М.: Отдел науч.-техн. информ. и оформ., 1963. – № 7. – С. 243–263.

4. Усынин, Ю.С. Декомпозиция электромеханической системы механизма подачи трубы стана ХПТ-450 / Ю.С. Усынин, В.В. Остроухов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2010. – Вып. 11. – № 2 (178). – С. 41–45.

5. Остроухов, В.В. Влияние инерционности преобразователя частоты на качество процессов в электроприводе подачи стана холодной прокатки труб / В.В. Остроухов // Наука и инновации в технических университетах: материалы Четвертого Всерос. форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 10–11.

6. Каган, В.Г. Электроприводы с предельным быстродействием для систем воспроизведения движения / В.Г. Каган. – М.: Энергия, 1975. – 240 с.

7. Усынин, Ю.С. Оптимизация быстродействия электропривода подачи стана холодной прокатки труб / Ю.С. Усынин, В.В. Остроухов // Наука ЮУрГУ: материалы 62-й науч. конф. Секции техн. наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – Т. 2. – С. 205–208.