

УДК 621.313.33 : 681.325.5

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И МОДЕЛЕЙ ПРИВОДА НАЖИМНОГО УСТРОЙСТВА ПРОКАТНОГО СТАНА

Лузанова Ю. В., Губарь Ю. В.

Донецкий национальный технический университет

В докладе рассматриваются актуальные вопросы разработки и исследования средствами системы Matlab и пакета расширения Simulink цифроаналоговой системы управления приводом нажимного устройства прокатного стана оптимального по быстродействию или тепловым потерям в двигателе.

Введение

Увеличение цен на энергоносители повышают актуальность принятия решений, направленных на снижение непроизводительных затрат [1]. Позиционный механизм электропривода нажимных винтов прокатного стана работает в напряженном повторно – кратковременном режиме. Его задача заключается в переводе верхнего вала рабочего органа из одного фиксированного положения в другое по заданной программе. Производительность такой системы зависит от быстродействия привода в условиях, как правило, повышенного нагрева двигателя. Поэтому оптимальным управлением является такое, при котором минимизируется время отработки заданного перемещения в условиях ограниченного нагрева двигателя [2]. Ограничение на нагрев двигателя накладывается также стремлением повысить надежность работы привода.

На практике чаще применяют рациональный закон движения привода, который учитывает ограничения на максимальную скорость и ускорение двигателя без учета ограничения на нагрев. Однако величина динамического тока якоря двигателя при

этом выбирается из условия, при котором перегрев двигателя отсутствует.

Целью данной работы является разработка рациональных алгоритмов (по нагреву или по быстродействию) управления позиционным приводом прокатного стана, а также реализация и исследование цифроаналоговой модели средствами системы Matlab, отражающих свойства этих алгоритмов.

1 Описание исследуемых процессов

Приводы механизмов прокатного стана действуют циклически. Их работа подразделяется на циклы прокатки. Во время цикла прокатки двигатель отрабатывает ряд перемещений, связанных с прокаткой одного слитка или одной заготовки. Цикл прокатки состоит из нескольких циклов включения. Во время цикла включения двигатель отрабатывает одно перемещение.

Повысить производительность прокатного стана можно за счет сокращения времени пауз между пропусками. Паузы на реверсивных прокатных станах определяются временем работы нажимного устройства, рабочих рольгангов, главного привода (время реверсирования валков), кантователей и манипуляторов. Однако, как правило, минимально необходимые паузы, лимитирующие работу прокатного стана, определяются главным образом временем работы нажимного устройства (за исключением пропусков с кантовкой слитка), которое в значительной мере зависит от характера переходных процессов. Последние, в свою очередь, определяются диаграммой тока якоря двигателя пропорционального ускорению двигателя [3].

Величина t_c (время первого согласования тока с установившимся значением) может служить мерой быстродействия позиционного привода. Уменьшение времени t_c (например, при использовании комбинированного управления [5]) приводит к уменьшению времени обработки заданного перемещения при неизменном ускорении привода и может быть использовано для

повышения производительности механизма и стана в целом.

За счет интенсификации переходных процессов возможно повысить производительность привода (за счет уменьшения времени его работы t_p). При неизменном быстродействии (одинаковом времени t_p) уменьшение времени t_c способствует снижению количества тепла, выделяемого в обмотках якоря двигателя. При этом уменьшается нагрев двигателя и повышается надежность его работы.

Рассмотрим режим работы стана при кантовке слитка. Пауза при этом составляет 4–7 секунд, поэтому нажимное устройство не лимитирует работу стана. В работе [3] показано, что потери тепла в якоре двигателя при отработке любого перемещения с прямоугольной диаграммой тока якоря двигателя обрабатывается пропорционально кубу времени работы привода. В пропусках, где выполняется кантовка, имеется возможность увеличить продолжительность работы привода нажимного устройства в 2–6 раз без снижения производительности прокатного стана. При этом тепловые потери в якоре двигателя за один пропуск с кантовкой слитка уменьшатся соответственно в 8 – 216 раз [3]. В практике прокатки на блюминге при числе пропусков за один цикл 15 – 19 слиток обычно кантуется не менее четырех раз.

Следовательно, при организации рационального режима работы нажимного устройства имеется возможность снизить тепловые потери установленного двигателя за цикл прокатки и, тем самым, повысить надежность и энергетические показатели его работы. Этим обосновывается целесообразность разработки системы позиционного электропривода, в которой имеется возможность выбора рационального закона движения в данном пропуске прокатки оптимального по быстродействию (когда нажимное устройство лимитирует работу стана), либо по нагреву (когда нажимное устройство не лимитирует работу прокатного стана).

2 Описание модели цифрового задатчика положения (ЦЗП)

На рис. 1 показана модель ЦЗП в блоках пакета Simulink [4]. Технически оптимальный по быстродействию закон изменения положения (угла поворота вала двигателя) описывается следующими блоками. С помощью блоков шаг Step1, Step2 и сумматора Sm обеспечивается формирование желаемого во времени закона изменения ускорения двигателя нажимного устройства $\varepsilon_B(t)$. Экстраполятор нулевого порядка ЭНП (Zero-Order Hold) фиксирует текущее значение ускорения $\varepsilon_B(nT)$ на период дискретности времени T .

Цифровые интеграторы Int_1 и Int_2 преобразуют $\varepsilon_B(nT)$ в сигналы желаемой скорости $\omega_{Ж}(nT)$ угла поворота $\varphi_{Ж}(nT)$, а сумматор Sm2 формирует результирующий сигнал задания

$$G(nT) = \varphi_{Ж}(nT) + K_1 \cdot \omega_{Ж}(nT) + K_2 \cdot \varepsilon_{Ж}(nT), \quad (1)$$

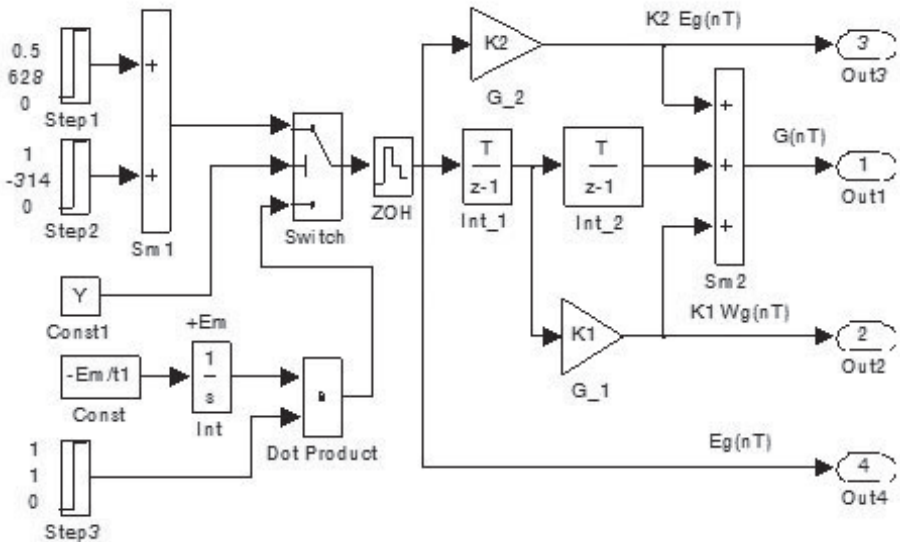


Рисунок 1 – Модель цифрового задатчика положения

где K_1 и K_2 - коэффициенты компаундирующих связей ЦЗП.

Работу ЦЗП целесообразно организовать таким образом, чтобы значение дискретных функций $\varphi_{ж}(nT)$ и $\omega_{ж}(nT)$ в дискретные моменты времени nT совпадали с требуемыми значениями непрерывных функций $\varphi_{ж}(t)$ и $\omega_{ж}(t)$. Это возможно, если сигнал угла поворота вала двигателя $\varphi_{ж}(nT)$ формировать по методу трапеций

$$\varphi_{ж}(nT) = \varphi_{ж}(nT - 1T) + \frac{T}{2} [\omega_{ж}(nT) + \omega_{ж}(nT - 1T)], \quad (2)$$

а сигнал скорости вращения $\omega_{ж}(nT)$ - по методу Эйлера

$$\omega_{ж}(nT) = \omega_{ж}(nT - 1T) + T \cdot \varepsilon_{ж}(nT - 1T). \quad (3)$$

Этим алгоритмам соответствуют интеграторы Int_1 и Int_2 с передаточными функциями

$$D_{Int_1}(z) = \frac{T}{z-1}; \quad D_{Int_2}(z) = \frac{T}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}, \quad (4)$$

где z - символ дискретного Z - преобразования.

Наличие в ЦЗП компаундирующих связей, пропорциональных желаемым законам изменения скорости и ускорения позволяет реализовать в рассматриваемой системе принцип комбинированного управления и повысить быстродействие системы при обработке заданных перемещений [5].

Оптимальный по нагреву закон изменения координат системы может быть получен следующим образом. Коэффициент передачи интегратора Int выбирается равным $-\varepsilon_M / t_1$, а начальное значение сигнала инициализации интегратора принимается равным $+\varepsilon_M$. Здесь через ε_M обозначено максимально возможное ускорение двигателя, а через t_1 - время достижения на выходе интегратора нулевого значения. За счет процесса интегрирования на выходах блоков Int и Dot Product формируется сигнал оптимального по нагреву закона изменения ускорения привода

$\varepsilon_H(t)$. С использованием интеграторов Int_1 и Int_2 из этого сигнала получают значения сигналов желаемых скорости $\omega_{Ж}(nT)$ и угла поворота $\varphi_{Ж}(nT)$ вала двигателя.

Выбор рационального закона движения привода нажимного устройства на каждом цикле прокатки определяется ЭВМ верхнего уровня, из которой поступает управляющий сигнал Y . Этот сигнал подается на второй вход блока переключателя Switch. Если сигнал $Y=1$, то выбирается сигнал ε_B , поступающий на первый вход переключателя, а при значении $Y=0$ выбирается сигнал ε_H с третьего входа переключателя. С целью упрощения модели сигнал Y в данной работе формируется блоком Const1.

Сигнал заданного перемещения $G(nT)$ с выхода ЦЗП подается на вход цифроаналоговой модели системы регулирования положения (СРП), описание которой приведено в [6].

3 Анализ результатов исследования

Экспериментальные исследования подтвердили работоспособность модели ЦЗП и СРП в целом. В качестве примера на рис. 2 и рис. 3 приведены в относительных единицах диаграммы переходных процессов в СРП при обработке средних перемещений

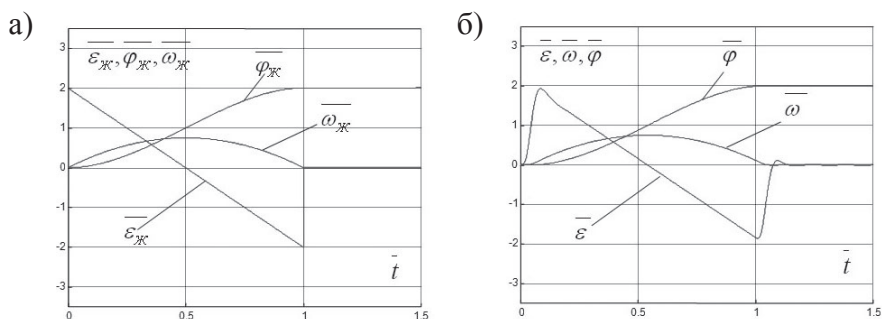


Рисунок 2 – Графики переходных процессов в системе с оптимальными по нагреву законами движения:

а) сигналы на выходе ЦЗП; б) сигналы на выходе СРП.

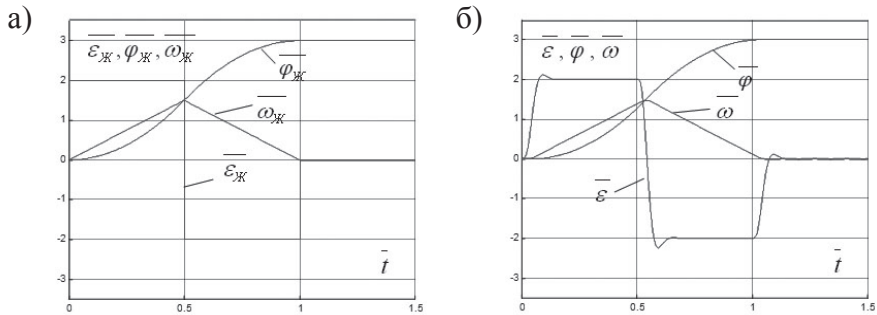


Рисунок 3 – Графики переходных процессов в системе с оптимальными по быстродействию законами движения: а) сигналы на выходе ЦЗП; б) сигналы на выходе СРП

(без участка равномерного движения привода). На рис. 2 приведены диаграммы изменения координат системы при оптимальном по нагреву законе управления, а на рис. 3 - при оптимальном по быстродействию законе управления.

Выводы

1. В зависимости от условий работы нажимного устройства в процессе прокатки слитков металла предложено организовать его работу по различным алгоритмам. За счет этого имеется возможность повысить производительность прокатного стана и снизить тепловые потери в двигателе нажимных винтов.
2. Средствами системы Matlab и пакета расширения Simulink разработана и проверена модель работы ЦЗП и СРП, подтверждающая эффективность предложенных алгоритмов и целесообразность их использования на практике.
3. Работу целесообразно продолжить в плане связи с ЭВМ более высокого уровня и реализации программы по управлению полным циклом прокатки слитков на про-

катном стане в режиме реального времени с использованием приложения Real Time WorkShop.

Литература

- [1] Труды V международной конференции по автоматизированному электроприводу. – С.- Петербург, 2007 г.
- [2] Петров Ю.П. Оптимальное управление электроприводом. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 187 с.
- [3] Кожевников К.И. Диаграмма тока двигателя вспомогательных механизмов прокатных станов. - Электричество, 1956, № 6, С. 15 – 21
- [4] Мещеряков В.В. Задачи по математике с Matlab & Simulink - М.: Диалог МИФИ, 2007. – 528 с.
- [5] Коцегуб П.Х., Губарь Ю.В., Толочко О.И., Иванченко Ю.В. Синтез и анализ комбинированной системы позиционного электропривода с цифровыми П. – регуляторами скорости и положения. – Известия вузов. Электромеханика, 1987, №4, С. 112 – 117
- [6] Стародубцев Д.Н., Губарь Ю.В. Разработка математической модели и исследование динамических процессов в микропроцессорной системе управления приводом нажимного устройства прокатного стана. - IV международная научно – техническая конференция молодых ученых и студентов “Информатика и компьютерные технологии” - Донецк: ДНТУ, 2008. – С. 416 – 418.