УДК 621.446

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕПРЕРЫВНЫМ СОРТОВЫМ СТАНОМ «300» ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ПО КВАДРАТИЧНОМУ КРИТЕРИЮ КАЧЕСТВА

Лебедева А.Ф., студентка; Рафиков Г.Ш., доцент, к.т.н.
(*Донецкий государственный технический университет*)

Современные сортовые станы имеют ряд особенностей, среди которых особое место занимают следующие:

а) в процессе прокатки имеет место изменение скорости вращения валков каждой клети при действии различных возмущающих факторов;

б) рассогласование скоростей вращения валков в клетях приводит к быстрому нарастанию петли и к значительному увеличению стрелы ее прогиба.

Получено уравнение системы автоматического регулирования петли и скорости прокатки в пространстве состояния. Произведен переход к уравнению состояния системы в дискретной форме [1].

Для достижения наиболее приемлемых результатов работы системы решена задача установившегося квадратичного оптимального управления [2].

Постановка задачи оптимального управления по квадратичному критерию качества задана в следующем виде: для заданной линейной дискретной системы управления

$$x(k+1) = \Phi x(k) + Hu(k), \qquad x(0) = 0,$$

являющейся полностью управляемой (регулируемой) и где

$x(k)$ - вектор состояния (n-вектор);

$u(k)$ - вектор управления (r-вектор);

Φ - $(n \times n)$ несингулярная матрица;

H - $(n \times r)$ матрица.

Необходимо найти такую последовательность оптимальных управлений $u(0), u(1), u(2), \ldots, u(N-1)$, которая минимизирует квадратичный критерий оптимальности, записанный в виде уравнения

$$J=0.5x'(N)Sx(N)+0.5\sum[x'(k)Qx(k)+u'(k)Ru(k)],$$

где Q - (n x n) положительно определенная или положительно полуопределенная Эрмитова матрица (или реальная симметричная матрица);

R - (r x r) положительно определенная Эрмитова матрица (или реальная симметричная матрица);

S - (n x n) положительно определенная или положительно полуопределенная Эрмитова матрица (или реальная симметричная матрица).

Оптимальный закон управления для установившегося процесса имеет вид

$$u(k) = -Kx(k),$$

где $$K = (R + H'PH)^{-1}H'P\Phi;$$

P - симметричная положительно определенная квадратная матрица размерности (nxn), удовлетворяющая уравнению Риккати вида

$$P(k + 1) = Q + \Phi'P(k)\Phi - \Phi'P(k)H[R + H'P(k)H]^{-1}H'P(k)\Phi$$

и система управления становится оптимальной системой регулирования:

$$x(k + 1)=[\Phi-H(R+H'PH)^{-1}H'P\Phi]x(k)=(I+HR^{-1}H'P)^{-1}\Phi x(k)$$

При разработке инвариантного во времени оптимального контроллера требуется наличие установившегося решения уравнения Риккати [3].

Решение начинается с $\mathbf{P}(0)=0$. Вычисления продолжаются до тех пор, пока не будет получено стационарное решение.

В результате проверки работоспособности синтезированного алгоритма управления исследуемой системы выяснено, что ее динамические свойства отвечают заданным требованиям.

С помощью синтезированного алгоритма оптимального управления получен устойчивый переходный процесс системы, при этом быстродействие системы оказалось равным 1,35 с., что является приемлемым результатом для такого объекта, как прокатный стан. Система нормально отрабатывает единичное ступенчатое воздействие, при этом установившееся значение выходной величины достигает уровня задающего воздействия.

Моделирование динамики исследуемого объекта управления показали, что при отработке задающего ступенчатого воздействия координаты вектора состояния изменяются от нуля до определенного значения и затем уменьшаются до нуля, причем ошибка по каждой координате стремится к нулю.

Таким образом полученные алгоритмы оптимального управления оказались вполне работоспособными при функционировании исследуемой динамической системы.

Перечень ссылок

1. Файнберг Ю.М. “Автоматизация непрерывных станов горячей прокатки”.- М.:1963.-326 с.
2. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления:Пер.с англ.- Машиностроение,1986.-448 с.
3. Кацухито Огата. ”Проектирование дискретных динамических систем с помощью MATLAB”.: Пер.с англ. Нью-Йорк:1997.-360 с.