

1. Gallopoulos, E., Houstis E., Rice J.R. Computer as thinker/doer: Problem-solving environments for computational science. // Computational Science & Engineering. 1994. V. 1. №2. pp. 11-23.

2. Васильев В.Н., Князьков К.В., Чуров Т.Н., Насонов Д.А., Марьин С.В., Ковальчук С.В., Бухановский А.В. CLAVIRE: облачная платформа для обработки данных больших объемов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2012. Т. 10. №11. С. 7-16.

## СИНТЕЗ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

### КОНВЕЙЕРА

*Каунг Пьей Аунг*

We consider the problem of engine speed control conveyor. The problem is solved in the class of linear optimal regulators. As a criterion of optimality adopted quadratic functional integral characterizes the quality of the transient process and the amount of the cost of energy for movement. On the basis of the conducted research the author suggests a transitional with optimal configuration of the controller.

Основная задача системы управления – стабилизация погонной нагрузки на полотне ленточного конвейера – решается в классе линейных оптимальных регуляторов. В качестве критерия оптимальности принят квадратичный функционал, который интегрально характеризует качество переходных процессов и величину энергетических затрат на движение:

$$I = 0,5 \int_0^{\infty} [X^T(t)QX(t) + U^T(t)RU(t)]dt, \quad (1)$$

где  $Q$  и  $R$  – положительно определенные симметричные матрицы. Согласно методу А.М. Лётова (1), оптимальное управление  $U(t)$  имеет вид линейной формы от вектора координат состояния системы:

$$U^*(t) = -KX(t), \quad (2)$$

в которой матрица обратных связей  $K = R^{-1}B^T P$ , а искомая положительно определения матрица  $P$  находится как решение алгебраического уравнения Риккати:  $PA + A^T P - PBR^{-1}B^T P + Q = 0$ .

Для реализация метода синтеза, выполнена трансформация модели ленточного конвейера, описываемую к виду:

$$\dot{X} = \tilde{A}X + \tilde{B}_1 U_1 + \tilde{F}\mu, \quad (3)$$

где  $U_1$  – движущий момент привода, управляющее воздействие,  $\mu = \begin{bmatrix} U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}$  – вектор возмущающих воздействий,  $F = [B_2 \ ; \ B_3]$ .

Управление конвейером происходит путем задания частотно-управляемому приводу требуемой частоты вращения. Регулятор скорости вырабатывает оптимальное задание управления, пропорциональное движущему моменту привода, поэтому осуществим

переход путем интегрирования сигнала  $U^*(t)$ , поскольку  $\omega_{зад}(t) = \frac{1}{T_m} \int_0^t M_{дв}(t) dt$ .

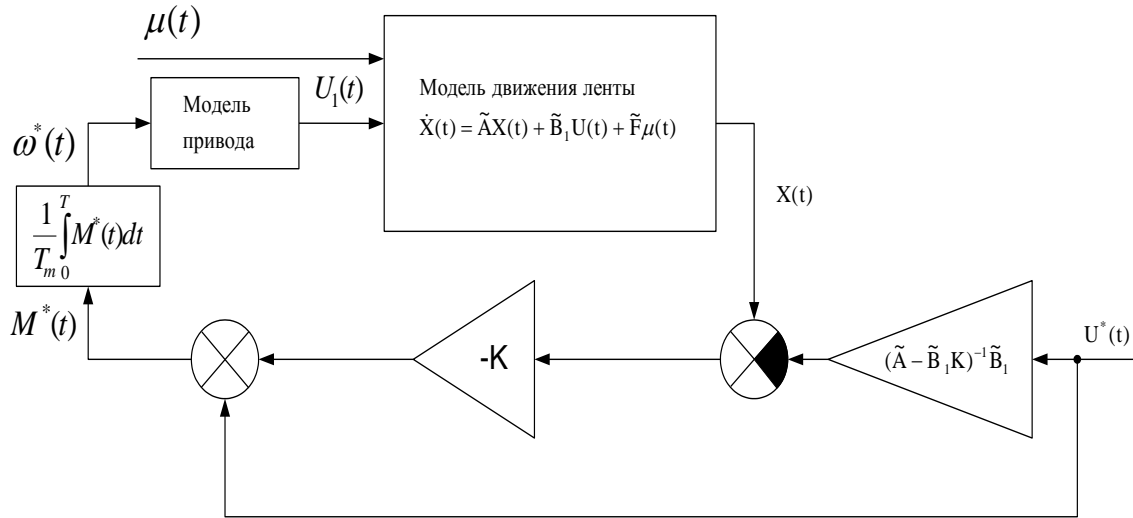


Рис.1. Структурная схема регулятора скорости конвейера

Проанализировав движение ленты при пуске и при переходе с одной скорости на другую, можно убедиться в том, что изменение величин сил сопротивления происходит только при прямом пуске конвейера, пока не произошла их ориентация в одну сторону. При переходе конвейера с одной скорости движения на другую подобных изменений не происходит. Поэтому пренебрежем силами сопротивления, поскольку в любое другое время, кроме прямого пуска и следующего за ним переходного режима, занимающего время 20–30 с, они не оказывают существенного влияния на движение ленты. Чтобы избежать ошибки регулирования, связанной с работой этих сил, достаточно осуществлять пуск конвейера без регулятора, выводить его на ползучую скорость  $v_n(t) \approx 0,2$  м/с, и лишь затем, после 60–90 с движения на этой скорости начинать загружать конвейер и включать регулятор.

Проведен синтез регулятора скорости с жестким натяжным устройством, которое отводят назад и закрепляют, установив усилия в ветвях ленты, заведомо превышающие необходимые в статическом режиме. Это снижает инерционность и колебательность в системе, но приводит к тому, что лента будет перетянута. Это, в свою очередь вызывает необходимость применения более прочной, следовательно, более дорогой ленты, либо к допущению снижения запаса прочности ленты, то есть к риску аварийной ситуации, что не всегда допустимо.

В этих условиях синтез регулятора скорости осуществлен для модели системы  $\dot{X} = \tilde{A}X + \tilde{B}_1 U_1$ . Результат синтеза оптимального управления зависит от выбора матрицы

$Q$ , задающей весовые коэффициенты функционала качества (1). Матрица  $Q$  подобрана таким образом, чтобы переходные процессы по скоростям обобщенных координат имели достаточно малое (12–15 с) время регулировани. Расчет матрицы обратных связей выполнен с помощью ППП Control System Toolbox вычислительной среды MATLAB.

Результатами моделирования переходных процессов с оптимально настройкой регулятора представлены на рис. 1. Моделировался пуск конвейера и отслеживание системой входного грузопотока, изменяющегося каждые 60 с.

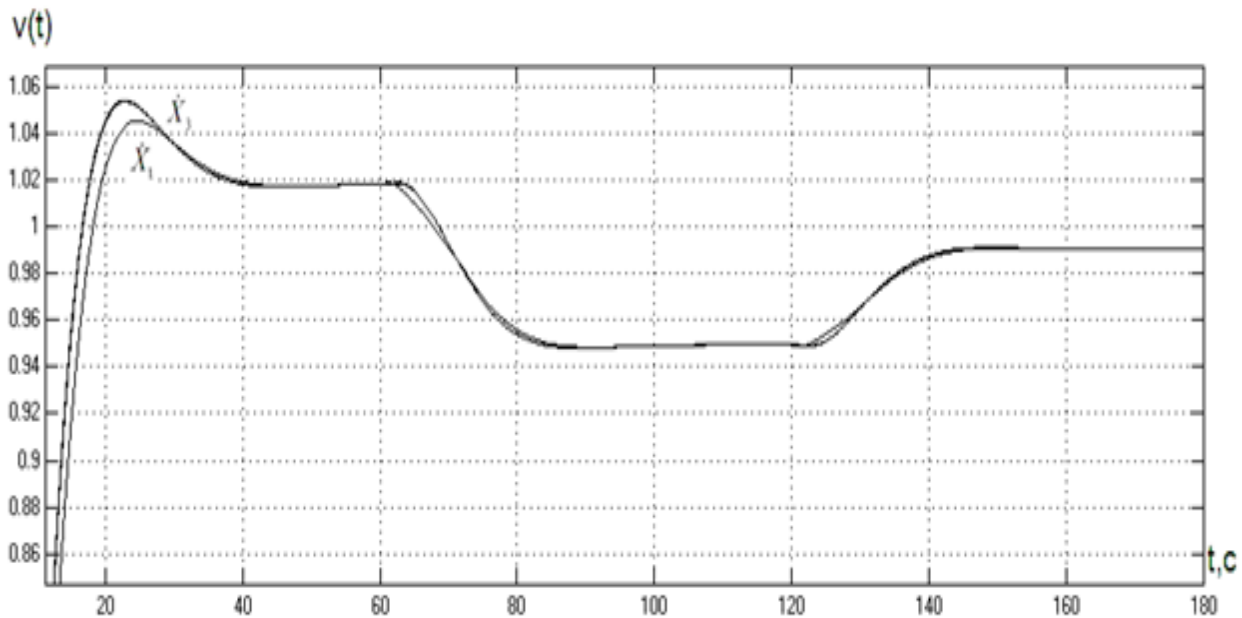


Рис.2. Переходные процессы по скоростям обобщенных координат в случае применения регулятора скорости

Представленных графиках видно, что прямой пуск сопровождается колебаниями и перерегулированием 4%, переходные процессы продолжаются примерно 20 с, движение сосредоточенных масс совместное и плавное. При изменении скорости массы, расположенной в хвосте конвейера, наблюдаются отставание, связанное с распространением упругих волн в ленте. Из-за этого в переходном режиме ошибка достигает 3—4%. Ошибка отработки в установившемся режиме не превышает 0,002 м/с, что составляет 0,2 %. При желобчатой конструкции ленты возможная ошибка ее загрузки зависит от геометрии роликов и может достигать 10 %, не приводя к просыпанию груза, следовательно, качество отработки системой задания более чем удовлетворительное.