

УДК 621.3

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ ШТАМПОВКИ

Леонид Валерьевич Тренбач

*Магистр 2 года,**кафедра «Приборные системы и автоматизация технологических процессов»**Севастопольский государственный университет**Научный руководитель: А.Н. Круговой,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов»*

При автоматизации операций холодной штамповки широко используются промышленные роботы, осуществляющие подачу заготовок в штамп и выгрузку готовых деталей. Для транспортирования деталей чаще всего используется вращательное движение, при котором линейная скорость может достигать нескольких метров в секунду, что сопровождается значительными ускорениями при торможении. В рамках выпускной квалификационной работы магистра разрабатывается автоматизированный комплекс штамповки с кривошипным прессом, загрузку которого осуществляет манипулятор на основе электромеханического модуля DGEA-ZR. В этих модулях вращательное движение вала электродвигателя преобразуется в поступательное с помощью зубчатых шкивов и ремня, а датчик перемещения (энкодер) устанавливается на валу двигателя. При этом конечная жесткость зубчатого ремня оказывает существенное влияние на закон перемещения и точность позиционирования выходного элемента.

Общий вид комплекса показан на рисунке 1.

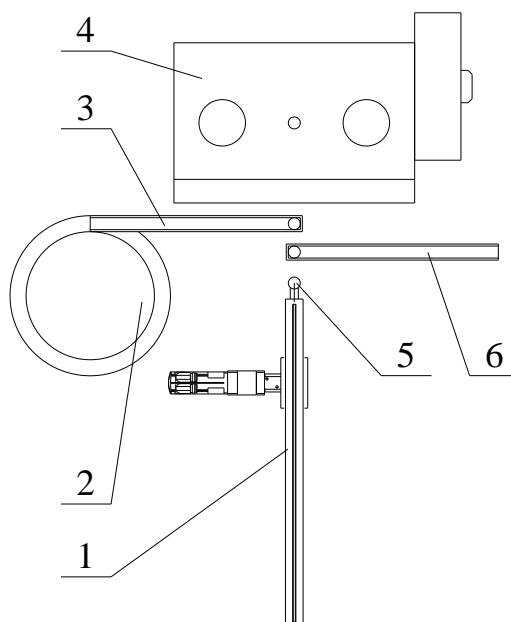


Рис. 1. Общий вид автоматизированного комплекса штамповки

Электромеханический модуль 1 с захватом 5 осуществляет захват заготовки из лотка 3 вибробункера 2, устанавливает ее в штамп кривошипного пресса 4, отходит на

безопасное расстояние, выполняется штамповка. Затем деталь захватывается из штампа и переносится на отводящий лоток 6 и цикл повторяется. Для обеспечения необходимого быстродействия исследуются законы управления электроприводом.

В [1] найден специальный класс управлений, обеспечивающих минимальное время перемещения из исходного в конечное состояние абсолютного покоя (с допущением колебаний только на временном интервале движения).

Реальные оптимальные управления движением электромеханическими системами с электроприводами должны непосредственно учитывать ряд существенных факторов: сопротивление движению, физические и геометрические параметры элементов конструкций, случайные процессы и другие факторы.

Целью исследований является оценка влияния физических параметров привода (например, конечной жесткости ремня) на характер колебаний оптимально переносимого объекта.

В упрощенной модели уравнения движения составлены на основании допущений: момент инерции опорных барабанов и трение на них равны нулю. В этом случае для системы с двумя степенями свободы уравнения движения без учета перемещаемого объекта) следующие:

$$J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + b \frac{d\varphi_1}{dt} + r(T_1 - T_2) = -rT_0 + M(t), \quad m \frac{d^2 x}{dt^2} - T_1 + T_2 = T_0, \quad (1)$$

где φ_1 — угол поворота ведущего шкива; x — перемещение массы m ; J_1 — момент инерции ведущего шкива (вместе с двигателем); r — радиус шкива; $T_1 = c(r\varphi_1 - x)$, c — коэффициент жесткости ремня; $T_2 = c(x - r\varphi_1)$; b — коэффициент демпфирования; $M(t)$ — момент в двигателе, который должен обеспечить оптимальное перемещение объекта. Для оптимального управления в виде момента в задаче анализа принимается:

$$M(t) = J_1 \frac{Lp^2}{2\pi r} \sin(pt),$$

где L — расстояние, на которое перемещается масса m ; $p = 2\pi/t_*$, где t_* — общее время движения.

С использованием уравнений (1) для определения $M(t)$ решена обратная задача динамики — по заданному закону перемещения массы m (согласно [1] задано перемещение сосредоточенной массы $x(t) = \frac{L}{2\pi}(pt - \sin pt)$) в системе аналитических вычислений найдено:

$$M(t) = -\frac{Lp}{4\pi cr} \left[(J_1 p^2 m - 2J_1 pc - 2r^2 mcp) \sin pt + (2bc - bmp^2) \cos pt - 2bc \right].$$

Исходные данные для численного примера (в Maple): $\omega = 6.2832 \text{ с}^{-1}$; $r = 0.04 \text{ м}$; $m = 2 \text{ кг}$; $J = mr^2/2$, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $L = 0.3 \text{ м}$; $b = 0.005 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$; $p = \omega/2$, с^{-1} ; $T = 2\pi/p$, с ; $c = 10000 \text{ Н/м}$.

На рисунке 2 изображены графики моментов в электродвигателе в случае абсолютно жесткого ремня $M_1(t)$ и ремня конечной жесткости $M(t)$. При $b \neq 0$ нарушается «косая симметрия» для $M(t)$ — наблюдается отклонение от идеального закона вращения. На вращение ротора двигателя накладываются колебания, обусловленные не нулевыми начальными условиями и другими возмущениями.

Следует отметить, что при некотором достаточно большом коэффициенте жесткости ремня его дальнейшее увеличения практически не влияет на характер

управления. Коэффициент демпфирования существенно влияет на управление при любом коэффициенте жесткости ремня.

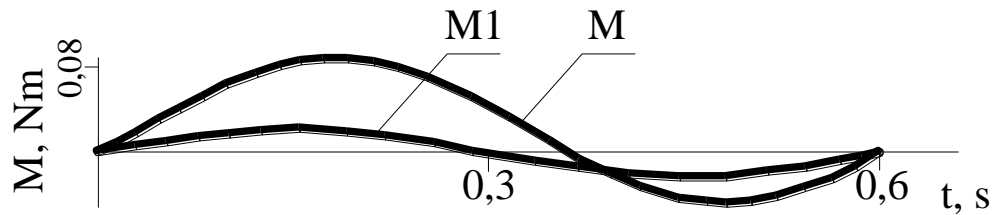


Рис. 2. Графики управлений: $M_1(t)$ — момент в двигателе при абсолютно жестком ремне, $M(t)$ — момент при использовании ремня конечной жесткости

Таким образом, реализуя оптимальный закон изменения момента можно существенно повысить быстродействие электромеханического модуля, а следовательно, и производительность автоматизированного комплекса штамповки.

Литература

1. *Бохонский А.И.* Оптимальное управление переносным движением деформируемых объектов: теория и технические приложения/ А.И. Бохонский, Н.И. Варминская, М.И. Мозолевский; Под. общ. ред. А.И. Бохонского.— Севастополь, Изд-во СевНТУ, 2007.—296 с.