

УДК 531-519.876.5

О.А.Афанасьев (6 курс, каф. ТММ), В.А.Терешин, к.т.н., доц., И.Э.Вяххи, к.т.н., доц.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРИВОДАХ МАШИН МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

С развитием робототехники и созданием гуманоидных роботов возникла проблема выбора для них приводов схватов. Основным отличием гуманоидных роботов от промышленных является повышенная мобильность. Это приводит к тому, что приводы должны быть легкими, малогабаритными и в то же время обеспечивать необходимую мощность. Одним из вариантов является привод с использованием материала с эффектом памяти формы (ЭПФ).

Схват робота представляет собой один из наиболее ответственных узлов, качество работы которого во многом определяет уровень эксплуатационных характеристик всего робота. В плане адаптации и маневренности, наиболее совершенна кисть человека, обладающая богатейшей кинематикой, точностью оперирования, а также огромным диапазоном изменения и регулирования статических и динамических усилий. Желательно по возможности уменьшать количество пальцев. Минимальной адаптивностью обладает двухпальный схват, который способен надежно удерживать плоские, цилиндрические и близкие к ним по форме объекты. В данной работе объектом исследования выбран трехпальный схват, который уже имеет способность брать сферические предметы. Пальцы представляют собой автономные модули, расположенные под углом 120° друг к другу. Каждый палец снабжен силовым приводом на материале с ЭПФ, который осуществляет его изгиб, а также пружинами, распрямляющими палец. Каждый палец состоит из трех фаланг.

Непосредственно сами материалы с ЭПФ обладают уникальным сочетанием физико-механических характеристик. Таким свойством обладают многие материалы, но наиболее полно эффект проявляется в композициях Ni–Ti и Cu–Al–Ni. Эффектом памяти формы называется способность материала возвращать ранее накопленную деформацию (принимать первоначальную форму) под воздействием температуры, давления и т.д. Для вышеприведенных сплавов величина накапливаемой и возвращаемой деформации составляет 4-8%. При этом, во время возврата деформации, в материале генерируются такие напряжения, которые существенно превосходят по величине напряжения, необходимые для накопления деформации.

Приводы с силовыми элементами на материалах с памятью формы имеют ряд преимуществ перед традиционными и обладают уникальными характеристиками. Перечислим их:

1. простота конструкции привода, который не требует редукции, не нуждается в сложных механизмах перемещения, позиционируется в любом положении, не требует смазки и в состоянии работать в агрессивной среде;
2. позволяют создавать механизмы поворота, захвата в очень широком диапазоне усилий и перемещений;
3. может функционировать от любых источников энергии тепловой, химической или механической природы;
4. сплавы с ЭПФ вне конкуренции по массогабаритным характеристикам и надежности.

Естественно, что приводы из сплавов с ЭПФ не лишены недостатков:

1. большой температурный гистерезис;
2. низкое быстродействие, его зависимость от метода нагрева и охлаждения;

3. термическая и механическая усталость;
4. небольшая цикличность.

Динамика перемещения схвата может быть проиллюстрирована на уравнениях одной фаланги (рис. 1).

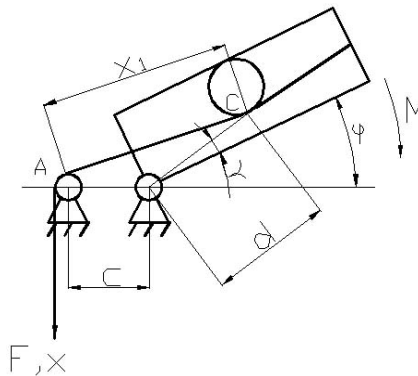


Рис. 1. Кинематическая схема фаланги.

Система дифференциальных уравнений, описывающих движение системы, состоит из линеаризованной характеристики привода с ЭПФ, уравнения движения механизма и геометрических соотношений:

$$\tau \cdot \dot{F} + F = -S \cdot (\dot{x} - x_{xx}), \quad I \cdot \varphi'^2(x) \cdot \ddot{x} + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot I \cdot \varphi' \cdot \varphi'' \cdot \dot{x}^2 = F - M \cdot \varphi' - G \cdot y'_c,$$

$$\varphi = \pi - \arccos\left(\frac{-(x_1 - x)^2 + c^2 + d^2}{2 \cdot c \cdot d}\right), \quad \varphi' = \frac{x_1 - x}{c \cdot d \cdot \sqrt{1 - \frac{c^2 + d^2 - (x_1 - x)^2}{2 \cdot c \cdot d}}},$$

$$\varphi'' = \frac{1 - c \cdot d \cdot \cos(\pi - \varphi) \cdot \varphi'^2}{c \cdot d \cdot \sin(\pi - \varphi)}, \quad y'_c = AC \cdot \cos(\varphi + \alpha) \cdot \varphi'.$$

Данная система уравнений решена в среде Model Vision. Там же получена визуальная модель.