

# АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ИНЕРЦИОННЫХ ПРИВОДОВ НАНОПЕРЕМЕЩЕНИЙ

П. В. Гуляев, Е. Ю. Шелковников, С. Р. Кизнерцев, М. Р. Гафаров

Институт прикладной механики УрО РАН

г. Ижевск

Инерционные пьезоэлектрические приводы наноперемещений получили широкое распространение благодаря относительной простоте конструкции. При проектировании данных приводов особую актуальность приобретает задача автоматизации расчетов параметров приводов. Для этих целей в настоящее время наиболее подходят возможности современных программ схемотехнического моделирования, имеющих средства оптимизации целевой функции посредством изменения заданных параметров схемы. При этом для представления пьезоэлементов и кинематических пар сухого трения могут быть использованы схемы замещения на основе электромеханических аналогий [1, 2]. Наиболее удобной является система электромеханических аналогий: скорость (угловая скорость) – напряжение; сила (момент силы) – сила тока; масса – емкость; податливость – индуктивность. Рассмотрим использование данной системы на примере трехкоординатного привода наноперемещений, представленного на рис.1. Пьезотрубка привода имеет один сплошной внутренний и четыре секционированных внешних электрода, что позволяет ей совершать продольные и изгибные деформации.

Для осуществления перемещений объекта на электроды пьезотрубки подаются управляющие сигналы несимметричной пилообразной формы. При формировании пологого фронта управляющего сигнала медленная деформация пьезотрубки не приводит к смещению объекта перемещений. При этом основание привода целесообразно фиксировать, например, с помощью электромагнитных прижимов. При формировании крутого среза в зависимости от характера деформации трубки происходит смещение объекта перемещений относительно пружин (вертикальное перемещение) или смещение основания привода относительно поверхности, на которой он установлен (XY-перемещения).

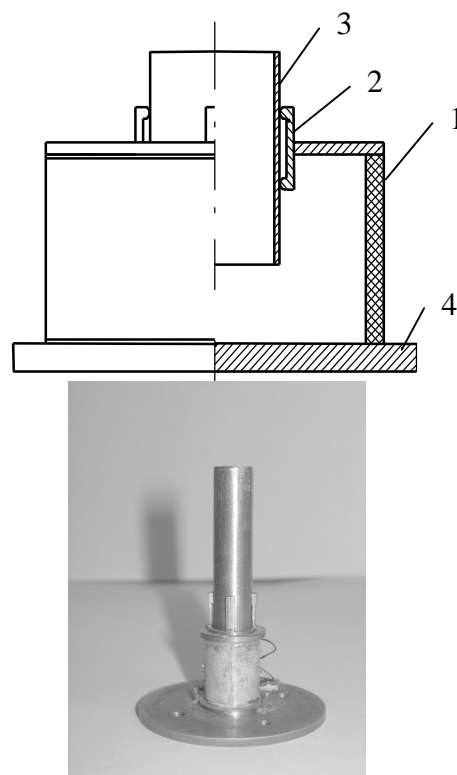


Рисунок 1 – Конструкции приводов:  
1 – пьезотрубка; 2 – пружины;  
3 – перемещаемый объект; 4 – основание

Обобщенная модель, где имеет место следующее назначение элементов:  $C_1$  – масса перемещаемого объекта;  $R_1$  – потери энергии в пьезоэлементе;  $C_2$  – масса, сосредоточенная на свободном конце трубки;  $L_1$  – продольная податливость трубки;  $I_1$  – источник управляющего несимметричного сигнала;  $DA_1$ ,  $Vd_1$ ,  $Vd_2$ ,  $R_2$  – узел сухого трения;  $I_3$ ,  $K_1$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  – узел суперпозиции сил трения и тяжести. Выходные сигналы источников  $U_2$ ,  $I_3$  управляются напряжением, управляющие связи показаны пунктиром. Замыкание управляемого ключа  $K_1$  происходит при соблюдении следующих условий [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} |i(L)| \leq i_{nop}, \quad u(C_1) = u(C_2) \end{array} \right.$$

где  $i_{пор}$  – величина тока, соответствующая силе трения покоя.

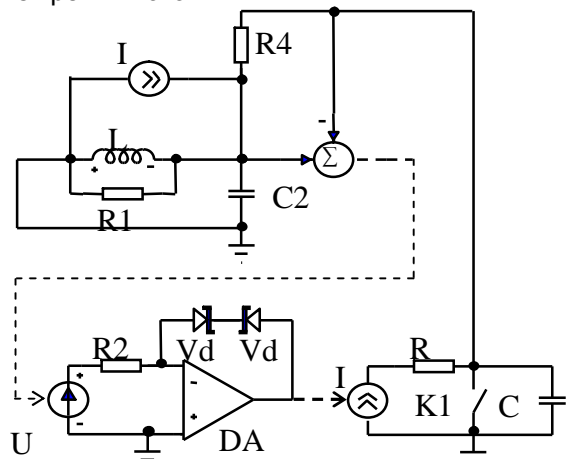


Рисунок 2 – Модель привода в режиме вертикального перемещения

Модель привода в режиме XY-перемещений представлена на рис.3. В данной модели используется схема замещения пьезоэлемента, работающего на изгиб [1], где  $m1$ ,  $\Theta1$  – соответственно масса и момент инерции перемещаемого объекта;  $m2$  – масса основания.  $I1$  – источник управляющего воздействия;  $I2$  – источник, моделирующий действие силы трения;  $n0$  – изгибная податливость пьезотрубки;  $K1$  – управляемый ключ, замкнутый во время крутого среза управляющего сигнала,  $K2$  – управляемый ключ, замкнутый во время пологого фронта;  $l$  – длина пьезотрубки; трансформатор – элемент связи между угловым и прямолинейным движением.

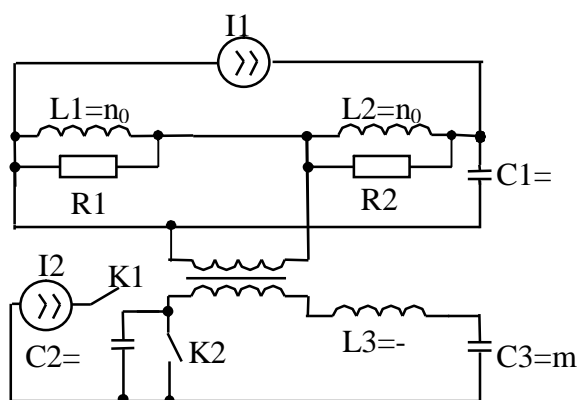


Рисунок 3 – Модель привода в режиме XY-перемещений

Исследование представленных моделей в программах схемотехнического моделирования позволяет, например, определять оптимальное соотношение масс основания и перемещаемого объекта, а также влияние геометрических параметров объекта на точность перемещений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ленк А. Электромеханические системы: Системы с распределенными параметрами. М.: Энергоатомиздат, 1982. - 472 с.
2. Тетельбаум И.М., Шнейдер Ю.Р. Практика аналогового моделирования динамических систем: Справочное пособие – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 384с.
3. Геккер Ф.Р. Динамика машин работающих без смазочных материалов в узлах трения. М.: Машиностроение, 1983. - 168 с.