

УДК 621.83.06
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИНТЕЗА КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА С
КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМОЙ КУЛИСЫ ДЛЯ МОТОРНОГО ПРИВОДА

Д. М. МАКАРЕВИЧ, В. О. ДЕРБАН, В. И. ТИМОФЕЕВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В качестве второй ступени редуцирующего механизма привода для переключения контактных разъединителей выступает криволинейный кулисный механизм, кривая которого должна быть подобрана таким образом, чтобы воспроизводить заданный закон движения для разгона асинхронного двигателя без существенной нагрузки в начальный момент времени, а также для увеличения крутящего момента на выходном валу привода.

Проанализируем возможность синтеза кривой для создания кулисы, обеспечивающей заданный закон движения. Рассмотрим общий случай взаимодействия двух звеньев: кривошипа и кулисы (рис.1).

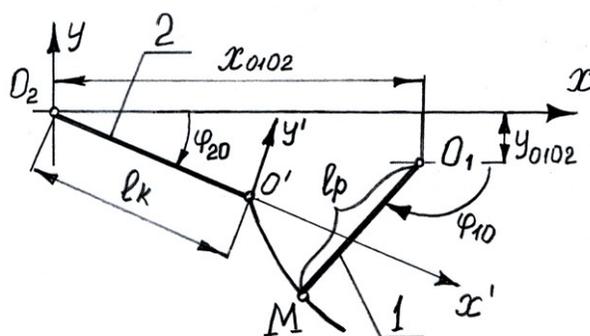


Рис. 1. Схема к кинематическому анализу кулисного механизма

Заданными параметрами считаем: длину кривошипа l_p , расстояния вдоль оси абсцисс $x_{O_1O_2}$ и $y_{O_1O_2}$ между центрами вращения кривошипа O_1 и кулисы O_2 . Введение этого участка в конструкцию носит условный характер, так как призвано обозначить начало отсчета криволинейного участка относительно точки вращения O_2 . Также известной является длина прямолинейного участка кулисы l_k . В качестве положительного направления вращения кривошипа и кулисы примем вращение против хода часовой стрелки. Начальный угол кривошипа равен φ_{10} , начальный угол кулисы – φ_{20} .

Абсолютную (неподвижную) систему координат свяжем с центром вращения кулисы O_2 , а с точкой O_3 свяжем подвижную систему отсчета,

вращающуюся вместе с прямолинейным участком кулисы l_k . Криволинейный участок в данной системе описан уравнением $y'=f(x')$.

Эту зависимость можно заменить системой параметрических уравнений:

$$\begin{aligned}x' &= f(t); \\y' &= f(t),\end{aligned}\tag{1}$$

где t – параметр (время). В качестве параметра может также выступать угол поворота кривошипа φ_1 .

Задачей анализа является получение такой зависимости $y'=f(x')$, которая удовлетворяла бы заданным кинематическим и силовым зависимостям, описывающим условия функционирования механизма.

Положение точки M (пальца кривошипа), движущегося по направляющей кулисы, при рассмотрении кинематической цепи со стороны кривошипа описывается в неподвижной системе следующими уравнениями:

$$x_M = x_{O_1O_2} - l_p \cos(\pi - \varphi_{10} - \varphi_1) ;\tag{2}$$

$$y_M = y_{O_1O_2} - l_p \sin(\pi - \varphi_{10} - \varphi_1).\tag{3}$$

При рассмотрении кинематической цепи со стороны кулисы:

$$x_M = l_k \cos(\varphi_{20} + \varphi_2) + O_3M \cos(\varphi_3 + \varphi_{20} + \varphi_2) ;\tag{4}$$

$$y_M = -l_k \sin(\varphi_{20} + \varphi_2) - O_3M \sin(\varphi_3 + \varphi_{20} + \varphi_2) .\tag{5}$$

где φ_1 – угол поворота кривошипа; φ_2 – угол поворота кулисы.

По условию, известным считаем функцию изменения угла φ_1 от времени. При равномерном вращении кривошипа известной является его угловая скорость ω_1 , при этом $\varphi_1 = \omega_1 t$. Также известным (заданным) считаем закон изменения угла поворота $\varphi_2 = f(\varphi_1)$. Например, рассмотрим закон изменения угла поворота кулисы, представленный в следующем виде:

$$\varphi_2 = \sin\left(\frac{\pi\varphi_1}{2}\right).\tag{6}$$

Исследования проводились при изменении угла поворота φ_1 от 0 до $\pi/2$. Приравниваем уравнения (2, 4) и (3, 5). Получим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$x_{O_1O_2} - l_p \cos(\pi - \varphi_{10} - \varphi_1) - l_k \cos(\varphi_{20} + \varphi_2) - O_3M \cos(\varphi_3 + \varphi_{20} + \varphi_2) = 0\tag{7}$$

$$y_{O_1O_2} - l_p \sin(\pi - \varphi_{10} - \varphi_1) + l_k \sin(\varphi_{20} + \varphi_2) + O_3M \sin(\varphi_3 + \varphi_{20} + \varphi_2) = 0\tag{8}$$

Решение данной системы возможно только в численном виде. В данном случае, использовался программный пакет Maple. Угол φ_1 изменялся от 0

до $\pi/2$. На каждом шаге вычислений определялись параметры O_3M и φ_3 . Координаты кривой x' и y' определяются по формулам:

$$x' = O_3M \cos(\varphi_3); \quad (9)$$

$$y' = O_3M \sin(\varphi_3). \quad (10)$$

Результаты расчета представлены в виде кривой на рис. 2. Рассматривалась система со следующими параметрами: $l_p = 0,2$ м, $l_k = 0,2$ м, $x_{O_1O_2} = 0,4$ м, $y_{O_1O_2} = (-0,1)$ м, $\varphi_{10} = 0,5\pi$, $\varphi_{20} = 0,25\pi$. Данные параметры были выбраны конструктивно, исходя из габаритных размеров привода-прототипа и предварительной прорисовки криволинейного кулисного механизма.

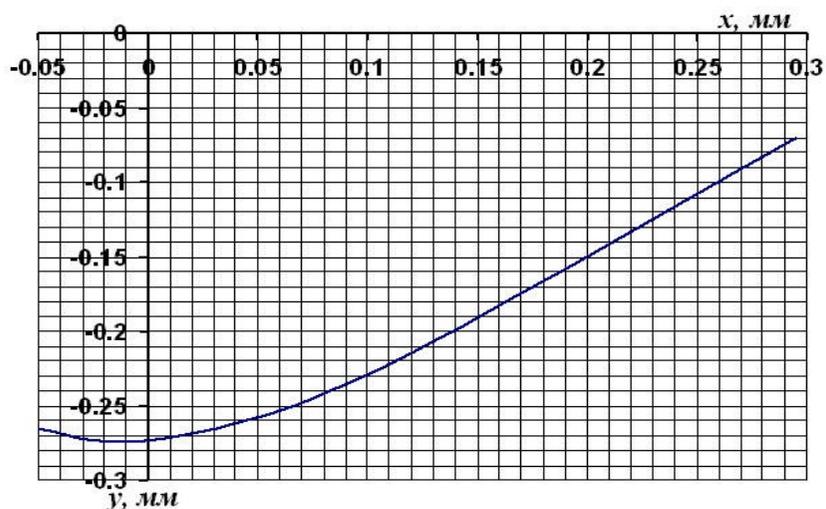


Рис. 2. Синтезированная криволинейная форма кулисы

Разработанный алгоритм позволяет проектировать такую форму кулисы, которая обеспечит заданный закон ее движения. Недостатком криволинейной кулисы является высокая стоимость и сложность изготовления, т. к. синтезированная кривая имеет переменный радиус кривизны. Поэтому было принято решение в качестве кривой использовать дугу окружности.