

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ КРИВОЛИНЕЙНОГО КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЬНОГО ПРИВОДА

М.Е. Лустенков, Д.М. Макаревич, А.П. Никитин
Белорусско-Российский университет, Могилев

Введение. Повышение надежности исполнительных органов в системе дистанционного управления является важной задачей, напрямую связанной с вопросами обеспечения безопасности на железных дорогах. Объектом исследований является двигательный привод, предназначенный для оперирования высоковольтными разъединителями контактной сети переменного и постоянного тока электрифицированных железных дорог [1]. В работе рассматриваются вопросы силового анализа кулисного механизма двигательного привода, а также анализ нагруженности опор.

Методы исследований. Рассмотрим общий случай взаимодействия двух звеньев — кривошипа и кулисы (рис. 1).

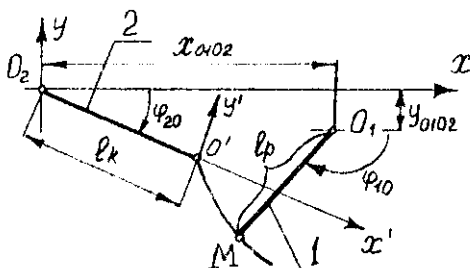


Рис. 1. Общий случай взаимодействия кривошипа и кулисы

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} .

Силовой анализ проведем рассматривая поочередно равновесие основных звеньев механизма (рис. 2).

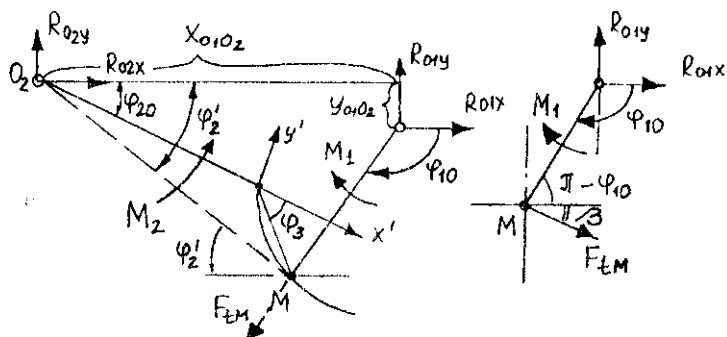


Рис. 2. К силовому анализу механизма

Рассмотрим равновесие кривошипа:

$$\sum x = 0 \Rightarrow R_{O1x} = F_{iM} \cos \beta; \quad (1)$$

$$\sum y = 0 \Rightarrow R_{O1y} = F_{iM} \sin \beta; \quad (2)$$

$$\sum M_{O1} = 0 \Rightarrow M_1 = F_{iM} l_p, \quad (3)$$

где F_{iM} – окружная сила на кривошипе.

Угол β определим по формуле

$$\beta = \frac{\pi}{2} - (\pi - (\varphi_{10} + \varphi_1)) = \varphi_{10} + \varphi_1 - \frac{\pi}{2}. \quad (4)$$

Рассмотрим равновесие кулисы

$$\sum x = 0 \Rightarrow R_{O2x} = F_{iM} \cos \varphi_2'; \quad (5)$$

$$\sum y = 0 \Rightarrow R_{O2y} = F_{iM} \sin \varphi_2'; \quad (6)$$

$$\sum M_{O2} = 0 \Rightarrow M_2(M_1) = F_{iM} l_k, \quad (7)$$

где M_2 – крутящий момент на кулисе.

Геометрические параметры определяют по следующим формулам:

$$\varphi_2' = \frac{x_{O1O2} - l_p \cos(\pi - \varphi_{10} - \varphi_1)}{O_2M}. \quad (8)$$

$$\begin{aligned} O_2M &= \sqrt{x_{O2M}^2 + y_{O2M}^2} = \\ &= \sqrt{(l_k \cos(\varphi_{20} + \varphi_2) + x' \cos \varphi_{20})^2 + (l_k \sin(\varphi_{20} + \varphi_2) + y' \sin \varphi_{20})^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Решение задачи силового анализа сводится к приравниванию правых частей уравнений (1) – (3) и (5) – (7). При этом в системе производится замены согласно уравнениям (4), (8), (9). Полученная система решается с помощью пакета Maple в численном виде.

Результаты. Данная методика также была автоматизирована с помощью ЭВМ [2]. При этом на выходном валу была смоделирована постоянная нагрузка $M_2 = 200$ Нм. Для изучения нагрузки на входном валу (на валу кривошипа) было установлено его равномерное вращение с угловой скоростью 15 об/мин. Результаты анализа с учетом жесткости звеньев и их податливости приведены на рис. 2. Характер и значения реакций в поворотных шарнирах кулисы и кривошипа практически совпадают.

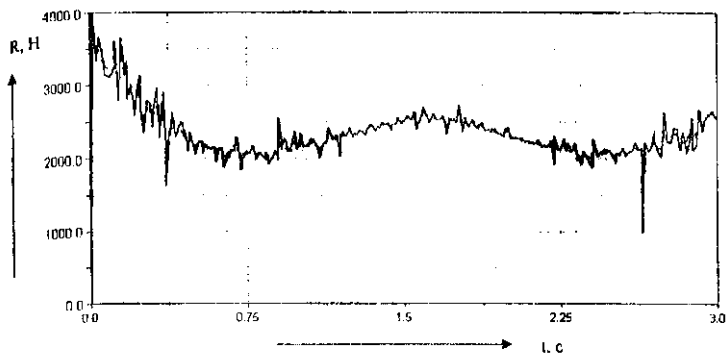


Рис 2. Значения реакций в поворотных шарнирах кривошипа и кулисы

Выводы. По пиковым значениям нагрузок осуществляется выбор подшипников для кулисы и кривошипа. Результаты исследований легли в основу разработки и создания конструкции криволинейного кулисного механизма для двигательного привода (рис. 3).

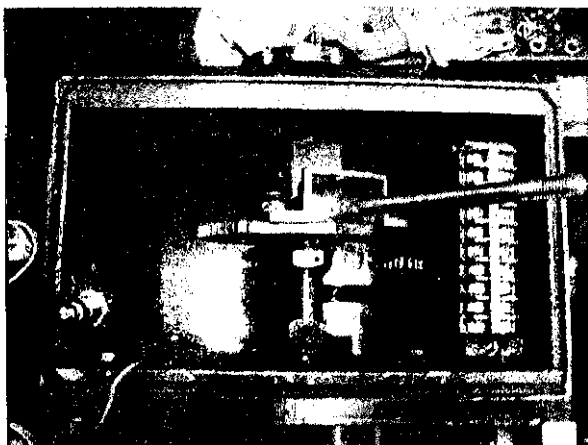


Рис. 3. Конструкция редуктора с криволинейным кулисным механизмом для двигательного привода

Литература

1. Разработка и исследование малогабаритного привода для высоковольтных разъединителей контактных сетей и систем электрификации железных дорог / Д.М. Ма-

каревич [и др.] // Новые материалы и технологии в машиностроении. Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. Вып. 5. – Брянск: БГУГА, 2006. – С. 100 – 105.

2. Макаревич, Д.М. Определение геометрических параметров кулисного механизма для двигательного привода / Д.М. Макаревич, А.П. Никитин, М.Е. Лустенков, Вестник Могилевского гос. техн. ун-та. – 2007. – № 3(16). – С. 65 – 74.