

## К АНАЛИЗУ ДВИЖЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО БЕССТУПЕНЧАТОГО ПРИВОДА С ВАРИАТОРОМ, ИМЕЮЩИМ ГИБКОЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ЗВЕНО И РАЗДВИЖНЫЕ ШКИВЫ

А. В. Мальцев, доктор технических наук.  
Одесский государственный аграрный университет

*Выполнен анализ движения звеньев бесступенчато-регулируемого привода с вариатором (клиноременные, цепные), имеющим гибкое промежуточное звено и раздвижные шкивы. Автоматизм управления скоростью выходного вала вариатора обеспечивается центробежным регулятором и регулятором по вращательному моменту. Система привода приведена к трёхмассовой модели и с помощью уравнения Лагранжа-Феррерса описаны законы движения привода.*

### ВСТУПЛЕНИЕ

Автоматические бесступенчато-регулируемые приводы транспортных машин (мотоциклов, мопедов) построены по следующей схеме – движение от двигателя через муфту передаётся на входной вал вариатора с гибким промежуточным звеном (ремень, цепь). Выходной вал вариатора через механическую передачу, работающую зацеплением (цепную, зубчатую), приводит в движение двигатель (колесо, гусеницу) транспортного средства. Изменение передаточного отношения вариатора осуществляется за счёт перемещения подвижных дисков его шкивов.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Подвижный диск ведущего шкива перемещает центробежный регулятор, а подвижный диск ведомого шкива регулятор по вращающему моменту по приложенному к выходному валу вариатора. Центробежный регулятор представляет собой грузы, перемещающиеся по специально спрофилированной поверхности, образованной вращением профильной кривой. При вращении входного вала вариатора грузы под действием центробежных сил непосредственно или через *систему* рычагов, преодолевая распорные усилия со стороны гибкого звена, перемещают в осевом направлении подвижный диск ведущего шкива, меняя тем самым его рабочий диаметр. Регулятор по моменту выполнен в виде пространственного кулачкового механизма, который, преодолевая распорные усилия от гибкого звена на ведомом шкиве, перемещает подвижный диск этого шкива в осевом направлении, тем обеспечивается перевод гибкого звена на новый рабочий диаметр шкива. Значения рабочих диаметров взаимосвязаны через длину гибкого звена. Текущее значение передаточного отношения вариатора зависит от:

- 1) установленной частоты вращения двигателя;

- 2) внешней характеристики двигателя;
- 3) вращающего момента на выходном валу вариатора.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вариатор с гибким промежуточным звеном и раздвигающимися шкивами относится к классу кинематических связей и бесступенчато-регулируемый привод с таким вариатором сводится к трёхмассовой механической системе, у которой инерционные силовые и кинематические характеристики приводятся к входному и выходному валам вариатора и гибкому звену. Уравнение движения такой приведённой системы на основании уравнения Лагранжа-Феррерса запишется [1].

$$\begin{aligned} & (0,25md_1^3d_2^2 + I_1d_1d_2^2 + I_2d_1^3)\ddot{\varphi}_2 + [0,25md_1^3\dot{d}_2 + I_1d_2(d_1\dot{d}_2 - \dot{d}_1d_2)]\dot{\varphi}_2 = \\ & = d_1^2d_2T_M - d_1^3T_C \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь обозначено:

$m$  – масса гибкого звена вариатора;

$d_1, d_2$  – текущие значения рабочих диаметров ведущих и ведомых шкивов вариатора, на которых находится гибкое звено;

$I_1, I_2$  – приведённые к входному и выходному валам вариатора моменты инерции всех вращающихся с ними звеньев;  $\dot{\varphi}_1, \ddot{\varphi}_2$

$\dot{\varphi}_1, \ddot{\varphi}_2$  – угловая скорость и угловое ускорение выходного вала вариатора;

$T_M, T_C$  – приведённые к входному и выходному валам момент движущих сил и момент сил сопротивления.

Если угол канавки шкива не зависит от рабочего диаметра, то

$$d_1 = d_{\min} + x_1 \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}; \quad d_2 = d_{\max} - x_2 \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} \quad (2)$$

где  $d_{\min}, d_{\max}$  – минимально и максимально рабочие диаметры ведущего и ведомого шкивов.

$d_1$  и  $d_2$ , а следовательно и  $x_1$  и  $x_2$  связаны известной зависимостью через длину  $L$  гибкого звена и межосевым расстоянием от вариатора при постоянном натяжении, т. е.

$$L = L(x_1, x_2) \quad (3)$$

Составляющая центробежной силы инерции  $F_{Цос}$ , действующая по оси вращения входного вала вариатора преодолевает распорные усилия  $F_p$ , действующие со стороны гибкого звена. По результатам многочисленных исследований, библиография которых приводится в источнике [1], следует, что распорные усилия напрямую зависят от натяжения гибкого звена. Это натяжение, рассматриваемого типа вариатора, обеспечивает регулятор по вращательному моменту установленный на ведущем шкиве. Следовательно, осевое перемещение  $x_1$  подвижного диска ведущего шкива есть функция зависящая от  $F_{Цос}, F_p, T_c$ , т. е.

$$x_1 = x_1(F_{Цос}, F_p, T_c) \quad (4)$$

Величина  $F_{Цос}$  определяется конструкцией центробежного регулятора перемещение  $x_2$  подвижного регулятора диска ведомого шкива есть некоторая функция,  $T_c$ , зависящая от конструкции регулятора по моменту, т. е.

$$x_2 = x_2(T_c), \quad (5)$$

## ВЫВОДЫ

Приведенные зависимости (1-5) описывают движение звеньев автоматического бесступенчато-регулируемого привода с регуляторами – центробежным и по вращательному моменту, дают возможность, когда характеристики привода, регулирующих устройств известны, заданы внешняя характеристика двигателя и закон изменения  $\dot{\varphi}_1$ , установить закон движения транспортного средства и звеньев привода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А. В. Автоматические управляемые бесступенчатые приводы. - Київ: „Либідь”, 1993. -207 с.

## ДО АНАЛІЗУ РУХУ АВТОМАТИЧНОГО БЕЗСТУПІНЧАСТОГО ПРИВОДУ З ВАРІАТОРОМ, ЩО МАЄ ГНУЧКУ ПРОМІЖНУ ЛАНКУ І РОЗ'ЄМНІ ШКІВИ

О. В. Мальцев.

### Резюме

Виконано аналіз руху ланки безступінчато-регульованого приводу з варіатором (клинопасовим, ланцюговим), який має гнучку проміжну ланку і роз'ємні шківи. Автоматизм управління швидкістю вихідного валу варіатора забезпечується центробіжним регулятором і регулятором по обертаючому моменту. Система приводу приведена до трьохмасової моделі і з допомогою рівняння Лагранжа-Феррерса описані закони руху ланок приводу.

## ANALYSIS OF MOTION OF AUTOMATIC UNSTEPPED DRIVE WITH A VARIATOR HAVING A FLEXIBLE INTERIM LINK AND EXTENSION PULLEYS

A. Maltcev

### Summary

Analysis is made for a motion of links of unstopped adjustable drive including a variator (a wedge shaped belt or chain) having a flexible interim link and extension pulleys. An automatism of a variator outlet shaft speed control is provided by a centrifugal regulator and that of torque. The drive system is described as a 3-mass model with presenting laws of a drive motion using equations of Lagrange-Ferrence.