ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXVI, №1, 1973 Серия технических наук

МАШИНОСТРОЕНИЕ

С. П. ДЕМУРЧЯН

СИНТЕЗ ПЯТИЗВЕННОГО ПЕРЕДАТОЧНОГО ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА*

В последние годы большое внимание уделяется синтезу и исследованию передаточного зубчато-рычажного механизма, обладающего рядом существенных преимуществ по сравнению с шарнирным передаточным четырехзвенником [1, 2]. Первое из них состоит в большем числе параметров схемы механизма; полное число параметров схемы четырехзвенного передаточного механизма равно семи, а пятизвенного передаточного зубчато-рычажного механизма — десяти. Следовательно, пятизвенным зубчато-рычажным механизмом можно воспроизводить заданную передаточную функцию точнее, чем шарнирным четырехзвенником. Второе преимущество заключается в том, что передаточные функции могут быть как монотонные, так и немонотонные [1].

В статье дано решение задачи синтеза схемы пятизвенного передаточного зубчато-рычажного механизма по трем, четырем и пяти параметрам.

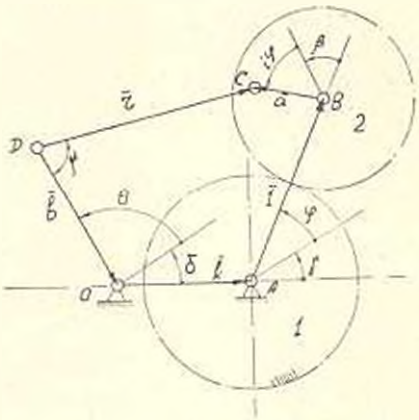

Рис. 1.

Схема механизма образована присоединением трехшарнирной двухповодковой группы к сателлиту и стойке трехзвенного планетарного механизма с ведущим звеном — водилом AB, длину которого принимаем равной единице (рис. 1).

Обозначим: $BC=a$; $DO=b$; $OA=k$; $DC=r$; i — передаточное отношение зубчатой пары $2-1$ при условно неподвижном водиле;

μ — угол передачи;

γ — начальный угол поворота сателлита относительно водила AB;

δ_1, — начальные углы поворота звеньев OD и AB относительно стойки OA;

φ и θ — углы поворота соответственно ведущего AB и ведомого OD звеньев, отсчитываемых от начальных положений звеньев;

Δ — относительное отклонение угла поворота ведомого звена в %.

Для установления зависимости между параметрами кинематической схемы и независимой переменной φ пятизвенного передаточного зубчато-рычажного механизма примем длинам звеньев векторам $\bar{b}$, $\bar{k}$, $\bar{l}$, $\bar{a}$, $\bar{r}$, направления, показанные на рис. 1.

* Работа выполнена под руководством проф. Беленкого В. Я.

Тогда $$\bar{r}=\bar{b}+\bar{k}+\bar{l}+\bar{a} \qquad (1)$$

Возводя в квадрат обе части векторного равенства, после преобразований получим:

$$\frac{1}{2}(b^2+k^2+l+a^2-r^2)+bk\cos(\theta+\delta)-b\{\cos[(\theta+\delta)-(\varphi+\gamma)]+$$
$$+a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta-(\theta+\delta)]\}+k\{\cos(\varphi+\gamma)+a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta]+$$
$$+a\cos(i\varphi+\beta)=0. \qquad (2)$$

Так как функциональная зависимость θ от φ известна, то уравнение (2) содержит восемь неизвестных параметров схемы механизма: b, k, r, a, δ, γ, β, i.

Вычисление трех параметров схемы механизма. Для вычисления трех параметров b, k, и r представим уравнение (2) в виде следующего полинома:

$$p_0+p_1f_1(\varphi)+p_2f_2(\varphi)+p_1p_2f_3(\varphi)+f_0(\varphi)=0, \qquad (3)$$

где $f_1(\varphi)=-[\cos[(\theta+\delta)-(\varphi+\gamma)]+a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta-(\theta+\delta)]]$;

$f_2(\varphi)=\cos(\varphi+\gamma)+a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta]$;

$$f_3(\varphi)=-\cos(\theta+\delta); \quad f_0(\varphi)=a\cos(i\varphi+\beta); \qquad (4)$$

$$p_0=\frac{1}{2}(b^2+k^2+l+a^2-r)^2; \quad p_1=b; \quad p_2=k. \qquad (5)$$

При использовании метода интерполяционного приближения функции получим систему из трех нелинейных уравнений

$$p_0+p_1f_1(\varphi_j)+p_2f_2(\varphi_j)+p_1p_2f_3(\varphi_j)+f_0(\varphi_j)=0, \qquad (6)$$
$$j=1,\ 2,\ 3$$

Методом последовательного исключения из системы неизвестных p_0 и p_1 придем к квадратному уравнению относительно p_2, решая его, находим p_2, а затем p_1 и p_0. После этого вычисляем искомые параметры механизма b, k и r по формулам, получаемым из соотношений (5).

Вычисление четырех параметров схемы механизма. Если требуется вычислить четыре параметра схемы механизма: b, k, r и δ, то выражение (2) записывается в виде следующего полинома:

$$p_0+p_1f_1(\varphi)+p_2f_2(\varphi)+p_3f_3(\varphi)+p_4f_4(\varphi)+p_5f_5(\varphi)+f_0(\varphi)=0, \qquad (7)$$

где $f_1(\varphi)=-[\cos(\theta-\varphi-\gamma)+a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta-\theta]]$;

$f_2(\varphi)=[\sin(\theta-\varphi-\gamma)-a\sin[(i+1)\varphi+\gamma+\beta-\theta]]$;

$$f_3(\varphi)=\cos(\varphi+\gamma)+a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta]; \qquad (8)$$

$$f_1(\varphi)=-\cos\delta;\quad f_2(\varphi)=\sin\delta;$$

$$f_0(\varphi)=a\cos(i\varphi+\xi);$$

$$p_0=\frac{1}{2}(b^2+k^2+1+a^2-r^2);$$

$$p_1=b\cos\delta;\quad p_2=b\sin\delta;$$

$$p_3=k;\quad p_4=p_1p_3;\quad p_5=p_2p_3. \tag{9}$$

Используя метод интерполяционного приближения функции, получим систему из четырех нелинейных уравнений

$$p_0+p_1f_1(\varphi_j)+p_2f_2(\varphi_j)+p_3f_3(\varphi_j)+p_4f_4(\varphi_j)+p_5f_5(\varphi_j)+f_0(\varphi_j)=0. \tag{10}$$

$$j=1,\ 2,\ 3,\ 4$$

Последовательным исключением из системы (10) коэффициентов p_0, p_1 и p_2 получим кубическое уравнение относительно p_3, из которого находим одно или три (если все корни вещественные) значения p_3, а затем определим p_2, p_1 и p_0. Значения искомых параметров схемы механизма можно вычислить по формулам, получаемым из соотношений (9).

Вычисление пяти параметров схемы механизма. Для вычисления пяти параметров механизма b, k, r, δ и γ запишем выражение (2) в следующем виде:

$$p_0+p_1f_1(\varphi)+p_2f_2(\varphi)+p_3f_3(\varphi)+p_4f_4(\varphi)+p_5f_5(\varphi)+p_6f_6(\varphi)+f_0(\varphi)=0, \tag{11}$$

где

$$f_1(\varphi)=-\cos\delta;\quad f_2(\varphi)=\sin\delta;$$

$$f_3(\varphi)=\cos\varphi+a\cos[(i+1)\varphi+\xi];$$

$$f_4(\varphi)=-[\sin\varphi+a\sin[(i+1)\varphi+\xi]];$$

$$f_5(\varphi)=-[\cos(\delta-\varphi)+a\cos[(i+1)\varphi+\xi-\delta]]; \tag{12}$$

$$f_6(\varphi)=-[\sin(\delta-\varphi)+a\sin[(i+1)\varphi+\xi-\delta]];$$

$$f_0(\varphi)=a\cos(i\varphi+\xi);$$

$$p_0=\frac{1}{2}(b^2+k^2+1+a^2-r^2);\quad p_1=bk\cos\delta;\quad p_2=bk\sin\delta; \tag{13}$$

$$p_3=k\cos\gamma;\quad p_4=k\sin\gamma;\quad p_5=\frac{p_1p_3+p_2p_4}{p_3^2+p_4^2};\quad p_6=\frac{p_1p_4-p_2p_3}{p_3^2+p_4^2}.$$

Методом интерполяционного приближения функции получим систему из пяти нелинейных уравнений

$$p_0+p_1f_1(\varphi_j)+p_2f_2(\varphi_j)+p_3f_3(\varphi_j)+p_4f_4(\varphi_j)+p_5f_5(\varphi_j)+p_6f_6(\varphi_j)+f_0(\varphi_j)=0,$$

$$j=1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5 \tag{14}$$

Такую систему уравнений можно решить лишь с помощью ЭЦМ.

Известно, что, кроме определения параметров кинематической схемы механизма по условию воспроизведения заданной функции с необходимой точностью, надо обеспечить также и дополнительные условия. Такими условиями являются: допускаемые соотношения между длинами звеньев и минимально допускаемое значение угла передачи.

Проектируя векторный контур (рис. 1) на направление OA, получаем уравнение

$$\cos[\mu+(\theta+\delta)]=\frac{1}{r}[b\cos(\theta+\delta)-k-\cos(\varphi+\gamma)-a\cos[(i+1)\varphi+\gamma+\beta]], \quad (15)$$

из которого можно определить значения угла передачи μ для каждой фиксированной величины φ.

Для решения задачи синтеза механизма по пяти указанным параметрам с учетом дополнительных условий разработана блок-схема вычислений на ЭЦМ, в которой предусмотрено варьирование параметров a, β и i. На печать выдаются значения величин: a, β, i, γ, δ, k, b, r, μ_{min} и Δ_0, — для механизмов, удовлетворяющих всем наложенным ограничениям.

Заметим, что иногда возникает необходимость в том, чтобы рычажный исполнительный механизм машины—автомата на некотором угле поворота ведущего кривошипа воспроизводил заданную линейную зависимость. Известно, что такая зависимость может быть воспроизведена шарнирным четырехзвенником, однако он будет непроворачивающимся, т. е. может найти применение лишь в счетнорешающих и других устройствах [3].

Между тем, в качестве указанного исполнительного проворачивающегося механизма может быть использован рассмотренный выше пятизвенный передаточный зубчато-рычажный механизм.

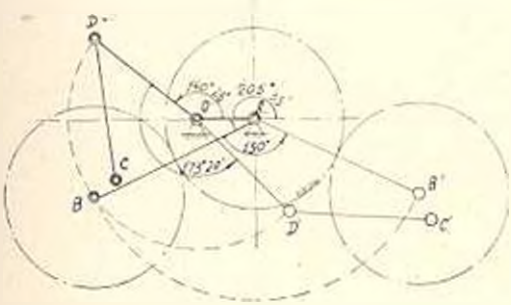

Рис. 2.

Так, выполнив по разработанной блок-схеме и программе вычисления на ЭЦМ „Раздан—2" для случая воспроизведения линейной функции $\theta=\frac{4}{3}\varphi$ на угле поворота ведущего кривошипа, равного

130°, получено: $a=0{,}150$; $\beta=190$; $l=1$; $\delta=140\ 28'$; $\gamma=205\ 33'$; $k=0{,}326012$; $b=0{,}716089$; $r=0{,}807047$; $\mu_{min}=44$; $\Delta_0=0{,}3\%$.

Полученный механизм, в отличие от четырехзвенника, воспроизводящего линейную функцию, —проворачивающийся (двухкривошипный). Его схема изображена на рис. 2.

Как известно, механизмы, воспроизводящие линейную функцию, характеризуются также и величиной максимального отклонения передаточного отношения от постоянного значения на всем интервале приближения. В полученном механизме, как показали подсчеты, оно равно 0,04.

Одесский технологический институт
пищевой промышленности

Поступило 29 V 1972

Ս. Ն. ԴԵՄՈՒՐՅԱՆ

ՀՆԳՕՂԱԿ ԱՏԱՄՆԱ-ԼԾԱԿԱՅԻՆ ՓՈԽԱՆՑԻՉ ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ՍԻՆԹԵԶ

Ամփոփում

Լուծված է հնգօղակ ատամնա-լծակային փոխանցիչ մեխանիզմի սինթեզի խնդիրը, մեխանիզմ, որն ստացվում է նոհոդակապ երկկարգ խումբը եռօղակ պլանետար մեխանիզմի հիմքին և սատելիտին միացնելով։ Ստացված են անալիտիկ արտահայտություններ, որոնց օգնությամբ՝ ֆունկցիաների ինտերպոլյացիոն մոտեցման մեթոդով, որոշվում են մեխանիզմի սինամայի երեք, չորս և հինգ պարամետրերը։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Крамер, Сандор.* Кинематический синтез циклоидально-кривошипного механизма для воспроизведения функции по конечным положениям. «Конструирование и технология машиностроения», № 3, 1970.
2. *Арцман, Сандор.* Кинематический синтез пятизвенного механизма. «Конструирование и технология машиностроения», № 1, 1971.
3. *Черкудинов С. А.* Об одном методе приближения в синтезе механизмов. Тр. семинара по ТММ, V, вып. 20, М., изд-во АН СССР, 1948.