

МЕТОДИКА КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРИВОДА СТАНКА С МНОЖИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

The technique of kinematic calculation of the machine tool drive with multiplying structure

М.И. Михайлов

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого
Гомель, Беларусь*

Рассмотрена методика расчета привода металлорежущего станка с множительной структурой, позволяющая определить кинематические параметры привода станка аналитическим методом.

It is proposed one from possible indirect ways of materials machinability determination that use impact influence without specimen's destructions

Проектированию приводов станков посвящено большое количество работ, которые в настоящее время систематизированы и представлены в виде монографий и учебников [1...5]. Эти работы основаны на графическом методе, что затрудняет автоматизацию проектирования привода.

Как известно, кинематические параметры механических приводов станков формируются на основе геометрических рядов [1...5].

Исходными данными для проектирования привода являются: минимальное и максимальное значения частот выходного вала (полученные из расчетов режимов резания), частота вращения вала двигателя, значение знаменателя геометрической прогрессии ряда частот. Рассмотрим более подробно предлагаемую методику расчета привода.

Для определения количества валов в приводе необходимо произвести ряд уточняющих проектных расчетов. В начале рассчитываем максимальное количество интервалов знаменателя прогрессии в приводе

$$e_{\max} = \lg \left(\frac{n_{\text{ДВ}}}{n_{\text{min}}} \right) / \lg \varphi' \quad (1)$$

где $n_{\text{ДВ}}$ — частота вращения двигателя, n_{min} — минимальное значение частоты вращения выходного вала.

Затем для обеспечения этого диапазона регулирования рассчитываем минимальное количество валов в приводе

$$k_p = \frac{e_{\max}}{[e']} + 1, \quad (2)$$

где $[e']$ — допускаемое количество интервалов понижающей передачи (табл.).

Принимаем ближайшее большее целое число $k \geq k_p$.

Для описания кинематических связей в приводе необходимо записать его структурную формулу, которая отражает количество групп передач между валами и расположение их в приводе.

Для этого определяем количество скоростей на каждом валу привода Z_j предварительно приняв количество передач в группе $[2, 4]$,

$$Z_{j-1} = \frac{Z_j}{P_{j-1,j}}, \quad (3)$$

где $P_{j-1,j}$ — принятое количество передач в группе между валами $j-1, j$; j — номер вала привода, $j = k, \dots, 1$.

С учетом (3) записываем структурную формулу привода, начиная с последней группы передач

$$Z = \left(\left(\prod_{j=1}^n (P_{j,j+1})_{X_{j+1}} \right) \right), \quad (4)$$

где $P_{j,j+1}$ — последовательно расположенные группы передач между валами $j, j+1$; X_{j+1} — характеристика группы передач $X_{j+1} \equiv Z_j$

Определяем минимальное расчетное количество валов k_ϕ для полученной структурной формулы

$$k_\phi = \Sigma P_k + 1, \quad (5)$$

где ΣP_k — суммарное количество последовательно расположенных групп передач в приводе.

По результатам расчетов (2) и (5) необходимо уточнить принятое количество валов в приводе

$$k \equiv k_{\max}(k_p; k_\phi)$$

где $k_{\max}(k_p; k_\phi)$ — максимальное целое значение из двух расчётных k_p и k_ϕ .

Определение кинематических параметров каждой принятой группы передач необходимо выполнять по отдельным циклам.

В начале рассчитываем количество интервалов регулирования в принятых группах передач:

— последовательно расположенных в приводе

$$e_{j-1,j} = (P_{j-1,j} - 1)Z_{j-1}; \quad (6)$$

Определяем допускаемое количество интервалов регулирования каждой принятой группы передач:

— последовательно расположенной в приводе

$$[e_{j-1,j}] = [e'_{j-1,j}] + [e''_{j-1,j}], \quad (7)$$

где $[e'_{j-1,j}]$ и $[e''_{j-1,j}]$ — соответственно допускаемое количество интервалов регулирования понижающей и повышающей передач в группе (табл.).

Рассчитываем запас интервалов регулирования в группе

$$\Delta e_{j-1,j} = [e_{j-1,j}] - |e_{j-1,j}|. \quad (8)$$

Если $\Delta e'_{j-1,j} = 0$, то определяем запас интервалов понижающих передач:

$$\Delta e'_{j-1,j} = [e'_{j-1,j}] - e_{j-1,j}$$

Если $\Delta e'_{j-1,j} = 0$, то приняв $e'_{j-1,j} \equiv [e'_{j-1,j}]$, получим все передачи этой группы привода только понижающие с передаточными отношениями

$$i'_{p'_{j-1,j}} = \frac{1}{\varphi^{e'_{j-1,j} - z_{j-1}(p'_{j-1,j} - 1)}} \quad (9)$$

здесь $p'_{j-1,j}$ — номер понижающей передачи между валами $j-1, j$, $p' = 1, \dots, P_{j-1,j}$; если $\Delta e'_{j-1,j} > 0$, то приняв $e'_{j-1,j} \equiv [e'_{j-1,j}]$ определяем количество понижающих

$$l'_{j-1,j} = e'_{j-1,j} / z_{j-1}$$

и повышающих передач

$$l''_{j-1,j} = \frac{e_{j-1,j} - e'_{j-1,j}}{z_{j-1}} = \frac{e''_{j-1,j}}{z_{j-1}}. \quad (10)$$

Определяем передаточные отношения передач:

— понижающих

Таблица
Допускаемое количество интервалов в передачах $[e]$

Передачи	Вид привода	Знаменатель прогрессии, φ							
		1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Прямоугольные - повышающие, $[e'']$	Главного движения	12	6	3	2	1,5	1,2	1	
		24	12	6	4	3	2,4	2	
		15	8	4	2,5	2	1,5	1,3	
Косозубые - повышающие, $[e'']$		24	12	6	4	3	2,4	2	
		- понижающие, $[e']$	17,5	9	4,5	3	2	1,8	1,5
			27,5	14	7	4,5	3,5	2,8	2,3

$$i_{p'_{j-1,j}} = \frac{1}{\varphi^{e'_{j-1,j} - z_{j-1}(p'_{j-1,j}-1)}}; \quad (11)$$

— повышающих

$$i_{p'_{j-1,j}} = \varphi^{e'_{j-1,j} - z_{j-1}(p'_{j-1,j}-1)}, \quad (12)$$

здесь $p''_{j-1,j}$ — номер повышающей передачи, $p''_{j-1,j} = 1, \dots, \ell''_{j-1,j}$; $p'_{j-1,j}$ — номер понижающей передачи $P'_{j-1,j} = 1, \dots, \ell'_{j-1,j}$

Если $\Delta e_{j-1,j} < 0$, то необходимо применить параллельное соединение в группах повышающих или понижающих передач.

В начале определим количество дополнительных валов для последовательного соединения повышающих передач и параллельного соединения понижающих передач

$$k''_{j-1,j} = \frac{e_{j-1,j} - [e'_{j-1,j}]}{[e''_{j-1,j}]} - 1. \quad (13)$$

Затем рассчитаем количество валов последовательного соединения понижающих передач при параллельном соединении повышающих передач

$$k'_{j-1,j} = \frac{e_{j-1,j} - [e''_{j-1,j}]}{[e'_{j-1,j}]} - 1. \quad (14)$$

Сравнив два варианта по уровню частот и количеству дополнительных валов, а также по объему передач, выбираем лучший.

Если второй вариант оказался лучшим, то выбираем предельное значение k' , а в качестве переменного параметра используем j .

Приняв предельно допустимое количество интервалов регулирования для всех дополнительных промежуточных передач, определяем количество интервалов повышающей передачи между последним дополнительным валом и шпинделем

$$e''_{j-(k'+1),j} = e_{j-1,j} - [e'_{j-1,j}] - k'' [e''_{j-1,j}]. \quad (15)$$

Рассчитываем количество повышающих передач в группе

$$p''_{j-(k'+1),j} = \frac{e''_{j-(k'+1),j}}{[e''_{j-(k'+1),j}]} \quad (16)$$

Определяем передаточные отношения повышающих передач в группе

$$i_{p''_{j-(k'+1),j}} = \varphi^{e''_{j-(k'+1),j} - z_{j-1}(p''_{j-(k'+1),j}-1)}. \quad (17)$$

Определяем последовательно группы передач между валами k' и j . Выбираем максимальное значение j и текущий номер вала $k' - 1 \equiv j'$.

Определяем остаточное количество интервалов в группах передач

$$e''_{j',j} = e_j - p''_{j-(k'+1),j} Z_{j-1}.$$

Рассчитываем количество интервалов повышающих передач

$$e''_{j',j} = e_{j'} - [e'_{j',j}].$$

Определяем количество повышающих передач между валами j', j

$$p''_{j',j} = \frac{e''_{j',j}}{[e'_{j',j}]}.$$

Рассчитываем передаточные отношения повышающих передач в группе

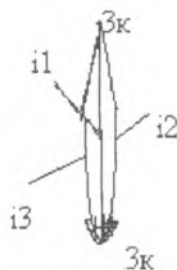


Рис 1. График группы передач

$$i_{j',j} = \varphi^{e''_{j',j} - z_{j-1}(p''_{j',j}-1)}.$$

Графически изображаем структуру привода в виде направленного графа.

При построении графа (рис. 1) вначале обозначается первый вал привода и от него стрелки соединяются в точке обозначающей второй вал и т.д. На графе обозначаются количество колес на валах, передаточные отношения передач.

Выводы: приведенная методика позволяет сформировать структуру привода, определить передаточные отношения всех передач и облегчает автоматизацию проектирования механического привода станка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев В.Г. Расчеты механической части привода подач станков с ЧПУ // Станки и инструменты. — 1982. — № 3. — С. 11—14.
2. В помощь конструктору-станкостроителю / В.И. Калинин и др. — М.: Машиностроение, 1983. — 288 с.
3. Металлорежущие станки / Под ред. В.Э. Пуша. — М.: Машиностроение, 1985. — 575 с.
4. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник — учебник. В 3-х т / А.С. Проников, О.И. Аверьянов, Ю.С. Апполонов и др. — М.: Машиностроение, 1994.
5. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. — Мн.: Выш. шк., 1991. — 382 с.

Рецензент: доктор технических наук, профессор Ж.А. МРОЧЕК