

1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.865.6

Гереш Т. В., асистент
t.geresh22@khai.edu

ЗАЛЕЖНІСТЬ КУТІВ ЗАЧЕПЛЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ПАР ПЛАНЕТАРНИХ МЕХАНІЗМІВ ЗІ ЗВ'ЯЗАНИМИ І НЕЗВ'ЯЗАНИМИ КОЛЕСАМИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Постановка проблеми. Під час виготовлення зубчастих коліс планетарного механізму важливе значення має вибір коефіцієнтів зміщення ріжучого інструменту. При цьому слід враховувати той факт, що коефіцієнти зміщення впливають на значення кута передачі та якісних показників кожної зубчастої пари. Тому під час вибору коефіцієнтів зміщення різального інструменту величезне значення має залежність кутів передачі в різних ступенях проектного планетарного механізму. Для планетарних механізмів зубчасті колеса першого, другого і наступних ступенів можуть утворювати: 1) зв'язані колеса (присутні сателіти, що входять у зачеплення з кількома колесами одночасно); 2) незв'язані колеса (відсутні сателіти, що входять у зачеплення з кількома колесами одночасно). При цьому використовувати відомі блокуючі контури можна спільно для пар зубчастих коліс різних ступенів, якщо буде відома залежність кутів передачі різних ступенів для зв'язаних і незв'язаних коліс.

Основна частина. Планетарний механізм з наперед заданим передавальним відношенням буде існувати, якщо можливо вибрати такі числа зубців зубчастих коліс, що входять до складу механізму, які забезпечать для обраної схеми виконання таких умов: 1) передавального відношення, 2) збірки, 3) співвісності, 4) сусідства.

Перші три умови використовують для отримання генеральних рівнянь [1], за допомогою яких можна визначити різні набори чисел зубців зубчастих коліс, зауважимо, що генеральні рівняння індивідуальні для кожної схеми планетарного механізму. Четверта умова не бере участі в генеральних рівняннях і її перевіряють окремо для кожного набору чисел зубців, отриманого в результаті розрахунків. Слід зауважити, що умова співвісності впливає не тільки на вибір чисел зубців зубчастих коліс першого і наступних ступенів, а й на вибір коефіцієнтів зміщення під час виготовлення зубчастих коліс.

Традиційно під час визначення генеральних рівнянь умову співвісності використовували за умови, що зубчасті колеса першої та наступних ступенів мають однаковий кут зачеплення (зазвичай брали пари коліс першої та наступних ступенів із нульовими коефіцієнтами зсуву), а після визначення чисел зубців визначали справжні значення коефіцієнтів зміщення різального інструменту та проводили геометричний розрахунок. Розрахунок у такій послідовності має низку недоліків:

1) під час визначення чисел зубців втрачається низка можливих комбінацій, що задовольняють умовам для обраної схеми;

2) після виконання коригування коефіцієнтів зміщення пар зубчастих коліс не завжди виходять прийнятні значення якісних показників і кутів зачеплення, що знижує ККД і довготривалість майбутнього планетарного механізму.

Умова, що приносить необхідність коригування коефіцієнтів зміщення, є умовою співвісності. Суть умови співвісності в рівності міжосьових відстаней зв'язаних і незв'язаних пар зубчастих коліс. При цьому слід врахувати, що в планетарних механізмах можливі варіанти зачеплення зубчастих пар внутрішнього і зовнішнього зачеплень. Запишемо умову співвісності для можливих варіантів зачеплень зубчастих пар, використовуючи справжнє значення міжосьової відстані зміщеної передачі.

Випадає зв'язаних коліс. Розглядаємо один або два ступені залежно від типу схеми механізму:

а) пара зубчастих коліс Z_1, Z_2 –зовнішнє зачеплення і пара зубчастих коліс Z_2, Z_3 – зовнішнє зачеплення:

$$\frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))} = \frac{Z_2 + Z_3}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{23}}(x_2, x_3))}$$

$$\frac{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))}{\cos(\alpha_{w_{23}}(x_2, x_3))} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2 + Z_3}, \quad (1)$$

б) пара зубчастих коліс Z_1, Z_2 –зовнішнє зачеплення і пара зубчастих коліс Z_2, Z_3 – внутрішнє зачеплення:

$$\frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))} = \frac{Z_3 - Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{23}}(x_2, x_3))}$$

$$\frac{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))}{\cos(\alpha_{w_{23}}(x_2, x_3))} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_3 - Z_2}, \quad (2)$$

в) пара зубчастих коліс Z_1, Z_2 –внутрішнє зачеплення і пара зубчастих коліс Z_2, Z_3 – внутрішнє зачеплення:

$$\frac{Z_1 - Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))} = \frac{Z_3 - Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{23}}(x_2, x_3))}$$

$$\frac{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))}{\cos(\alpha_{w_{23}}(x_2, x_3))} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_3 - Z_2} \quad (3)$$

Випадок незв'язаних коліс. Розглядаємо один або два ступені залежно від типу схеми механізму:

а) пара зубчастих коліс Z_1, Z_2 –зовнішнє зачеплення і пара зубчастих коліс Z_3, Z_4 – зовнішнє зачеплення:

$$\frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))} = \frac{Z_3 + Z_4}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{34}}(x_3, x_4))}$$

$$\frac{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))}{\cos(\alpha_{w_{34}}(x_3, x_4))} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_3 + Z_4}, \quad (4)$$

б) пара зубчастих коліс Z_1, Z_2 –зовнішнє зачеплення і пара зубчастих коліс Z_3, Z_4 – внутрішнє зачеплення:

$$\frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))} = \frac{Z_4 - Z_3}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{34}}(x_3, x_4))}$$

$$\frac{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))}{\cos(\alpha_{w_{34}}(x_3, x_4))} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_4 - Z_3}, \quad (5)$$

в) пара зубчастих коліс Z_1, Z_2 – внутрішнє зачеплення і пара зубчастих коліс Z_3, Z_4 – внутрішнє зачеплення:

$$\frac{Z_1 - Z_2}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))} = \frac{Z_4 - Z_3}{2} \cdot \frac{\cos(\alpha_0)}{\cos(\alpha_{w_{34}}(x_3, x_4))}$$

$$\frac{\cos(\alpha_{w_{12}}(x_1, x_2))}{\cos(\alpha_{w_{34}}(x_3, x_4))} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_4 - Z_3}. \quad (6)$$

Таким чином, із виразів (1) – (6) можна дійти такого висновку: для виконання умови співвісності в планетарному механізмі зі зв'язаними та незв'язаними колесами необхідно, щоб відношення суми чи різниці чисел зубців (залежно від типу зачеплень пар коліс)

дорівнювало відношенню косинусів кутів зачеплень відповідних зубчастих пар. Отже, для визначення прийнятних значень кутів зачеплень, можна розглянути параметричні рівняння:

$$\cos \alpha_{w_{12}} = t \cdot \cos \alpha_{w_{23}}, \quad (7)$$

$$\cos \alpha_{w_{12}} = t \cdot \cos \alpha_{w_{34}}, \quad (8)$$

де t - поточний параметр (довільне раціональне число, очевидно, що $t = 1$ відповідає нульовим парам, які традиційно приймаються).

Із залежностей (7) і (8) видно, що для обраного значення параметра t існує цілком певна залежність кутів зачеплення пар зв'язаних і незв'язаних коліс.

Вибір параметра t і визначення чисел зубців ступенів планетарного механізму з парами зв'язаних і незв'язаних коліс, можна проводити в такому порядку:

1) вибрати допустимі значення кута зачеплення пар зубчастих коліс для ступенів зі зв'язаними парами зубчастих коліс $\alpha_{w_{12}}$ і $\alpha_{w_{23}}$, або незв'язаними парами зубчастих коліс $\alpha_{w_{12}}$ і $\alpha_{w_{34}}$,

2) визначити межі зміни параметра;

3) прийняти значення параметра з проміжку, визначеного в п.2, рівним раціональному числу,

4) використовуючи те, що $\frac{\cos(\alpha_{w_{12}})}{\cos(\alpha_{w_{23}})} = t$ для зв'язаних пар зубчастих коліс і $\frac{\cos(\alpha_{w_{12}})}{\cos(\alpha_{w_{34}})} = t$

для незв'язаних коліс, записати за допомогою виразів (1) – (6) скориговані умови співвідності, після чого разом з іншими умовами визначити числа зубців планетного механізму, що проектується.

Загальні висновки. Визначена залежність кутів зачеплення для пар зв'язаних і незв'язаних зубчастих коліс планетарного механізму. Також показана можливість проведення синтезу планетарного механізму за обраною схемою з урахуванням коригування кутів зачеплення для пар зв'язаних і незв'язаних зубчастих коліс. Синтез планетарного механізму для заданої схеми проведений за допомогою вищевикладеного порядку, дає змогу одержати додаткові комбінації чисел зубців зубчастих коліс, які не можна одержати за допомогою генеральних рівнянь, наведених у [1].

Список використаних джерел

1. Ткаченко, В. А. Планетарні механізми (оптимальне проектування). - Харків: «ХАІ», 2003. – 446 с.
2. Попов, С. В. Теорія механізмів технологічних машин: навч. посіб / С. В. Попов, М. Я. Бучинський, С. М. Гнітько, А. М. Чернявський. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. – 268 с.
3. Бучинський, М. Я. Основи творення машин: навч. посіб / М. Я. Бучинський, О. В. Горик, А. М. Чернявський, С. В. Яхін. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. – 448 с.