

1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.865.6

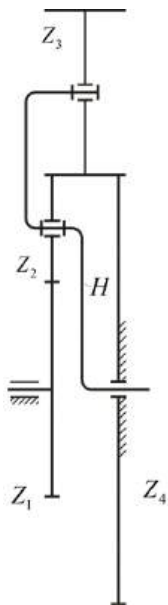
Гереш Т.В., асистент
t.geresh22@khai.edu

СИНТЕЗ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНІЗМУ $2A - \overline{AA}$ З УРАХУВАННЯМ КУТІВ ЗАЧЕПЛЕННЯ ДЛЯ РАДІАЛЬНОГО ДАЛЬНЬОГО РОЗТАШУВАННЯ САТЕЛІТІВ

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

Постановка проблеми. Планетарні механізми широко використовуються в різних механічних системах і розгляд питання їх синтезу з різними кутами зачеплення пар зубчастих коліс, що входять до його складу, є досить цікавим. Такі механізми можуть реалізувати більші передавальні відношення за інших рівних умов. Але слід зазначити, що під час їхнього виготовлення виникають питання з вибором коефіцієнтів зсуву ріжучого інструменту для забезпечення прийнятних параметрів із погляду геометрії зачеплення пар коліс, що входять до його складу.

Основна частина. Як відомо, для працездатності планетарного механізму необхідне виконання таких умов: співвісності, складання, передавального відношення і сусідства. Так, для схеми $2A - \overline{AA}$ (рис. 1), умови складання і передавального відношення мають відповідно вигляд [1]:



$$\begin{cases} \frac{Z_1+Z_4}{k} = N, \\ i_{1H}^4 = 1 + \frac{Z_4}{Z_1}. \end{cases} \quad (1)$$

Визначимо умову співвісності в загальному вигляді з урахуванням кутів зачеплення для першої і другої ступенів для дальнього радіального розташування сателітів:

$$a_{12} + a_{23} = a_{43}.$$

Рисунок 1 Використовуючи формулу для визначення міжосьової відстані, отримаємо:

$$m \frac{Z_1+Z_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{w12}} + m \frac{Z_2+Z_3}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{w23}} = m \frac{Z_4+Z_3}{2} \cdot \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_{w34}}.$$

Отже, умову співвісності можна записати у вигляді:

$$Z_1 + Z_2 + (Z_2 + Z_3)t_1 = (Z_4 + Z_3)t_2, \quad (2)$$

Де параметри $t_1 = \frac{\cos \alpha_{w12}}{\cos \alpha_{w23}}$, $t_2 = \frac{\cos \alpha_{w12}}{\cos \alpha_{w34}}$.

Використовуючи вирази (1), отримують рівняння для визначення чисел зубців коліс Z_1 і Z_4 :

$$Z_1 = k \frac{N}{i_{1H}^4}, Z_4 = Z_1(i_{1H}^4 - 1). \quad (3)$$

Числа зубців зубчастих коліс Z_2 і Z_3 пов'язані між собою параметром y [1]:

$$Z_3 = yZ_2. \quad (4)$$

Отримаємо рівняння для визначення чисел зубців зубчастого колеса Z_2 . Використовуючи умову співвісності (2), підставивши раніше визначені Z_3 і Z_4 , отримаємо:

$$Z_1 + Z_2(1 + t_1) + yt_1Z_2 = Z_1t_2(i_{1H}^4 - 1) + yt_2Z_2$$

звідки виразимо Z_2 :

$$Z_2 = \frac{t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1}{1 + t_1(1+y) - yt_2} Z_1. \quad (5)$$

Параметри t_1 і t_2 можна приймати в межах $[0,8 \dots 1,2]$, у цьому разі кут зачеплення зубчастої пари для першої ступені змінюватиметься в межах $[20^\circ \dots 44^\circ]$ і для другої ступені в межах $[40^\circ \dots 20^\circ]$ [2].

Отримаємо нерівності, що визначають область існування планетарного механізму $2A - \overline{AA}$. З рівнянь (3) і (5) можна зробити висновок, що генеральні рівняння мають сенс, якщо виконані умови:

$$\begin{cases} i_{1H}^4 - 1 > 0; \\ \frac{t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1}{1 + t_1(1+y) - yt_2} > 0, \end{cases} \quad (6)$$

звідки отримаємо умову для передавального відношення:

$$i_{1H}^4 > \frac{1+t_2}{t_2}. \quad (7)$$

Визначимо верхню межу за передавальним відношенням. Розглянемо умову сусідства для механізму $2A - \overline{AA}$:

$$\begin{cases} (Z_1 + Z_2) \sin \frac{\pi}{k} \geq Z_2 + 2; \\ (Z_4 + Z_3) \sin \frac{\pi}{k} \geq Z_3 + 2. \end{cases} \quad (8)$$

Розглянемо перше рівняння системи (8). Підставимо генеральні рівняння для числа зубців Z_2 :

$$\left(Z_1 + \frac{t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1}{1 + t_1(1+y) - yt_2} Z_1 \right) \cdot \sin \frac{\pi}{k} \geq \frac{t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1}{1 + t_1(1+y) - yt_2} \cdot Z_1 + 2.$$

Поділивши обидві частини на Z_1 , отримаємо:

$$\frac{t_1(1+y) - yt_2 + t_2(i_{1H}^4 - 1)}{1 + t_1 + y(t_1 - t_2)} \cdot \sin \frac{\pi}{k} \geq \frac{t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1}{1 + t_1 + y(t_1 - t_2)} + \frac{2}{Z_1}.$$

При синтезі планетарного механізму $2A - \overline{AA}$ рекомендується вибирати число зубців $Z_1 \geq 18$, отже, виконується відношення $\frac{2}{Z_1} \leq \frac{1}{9}$. При цьому максимальне значення досягається для $Z_1 = 18$, а в разі інших значень значно менше. На практиці під час синтезу планетарних механізмів вибір передавального відношення на межі меж його зміни не бажаний, тому для оцінки меж передавального відношення доданків доданком $\frac{2}{Z_1}$ можна знехтувати. Отже, нерівність набуде вигляду:

$$\frac{t_1(1+y) - yt_2 + t_2(i_{1H}^4 - 1)}{1 + t_1 + y(t_1 - t_2)} \cdot \sin \frac{\pi}{k} > \frac{t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1}{1 + t_1 + y(t_1 - t_2)}.$$

Враховуючи те, що $1 + t_1 + y(t_1 - t_2) > 0$, отримаємо:

$$(t_1(1+y) - yt_2 + t_2(i_{1H}^4 - 1)) \cdot \sin \frac{\pi}{k} > t_2(i_{1H}^4 - 1) - 1,$$

звідки виразимо передавальне відношення i_{1H}^4 :

$$i_{1H}^4 < \frac{t_2 + 1 + (t_1 - t_2)(1+y) \sin \frac{\pi}{k}}{1 - t_2 \sin \frac{\pi}{k}}. \quad (9)$$

Передавальне відношення i_{1H}^4 має бути більшим за нуль, отже $1 - t_2 \sin \frac{\pi}{k} > 0$. Таким чином, для параметра t_2 отримаємо умову:

$$t_2 < \frac{1}{\sin \frac{\pi}{k}}.$$

Використовуючи отриману нерівність, запишемо умову вибору параметра t_2 для синтезу. З урахуванням меж можливої зміни t_2 під час синтезу планетарних механізмів зі зв'язаними колесами [2], впливає:

$$\begin{cases} 0,8 < t_2 < \frac{1}{\sin \frac{\pi}{k}} \\ 0,8 < t_2 < 1,2 \end{cases} \quad (10)$$

Розглянемо друге рівняння системи (8).

Підставляючи вирази для чисел зубців Z_4 і Z_3 (формули (3), (4), (5)), отримаємо:

$$\left(Z_1(i_{1H}^4 - 1) + \frac{yt_2(i_{1H}^4 - 1) - y}{1 + t_1(1 + y) - yt_2} Z_1 \right) \sin \frac{\pi}{k} \geq \frac{yt_2(i_{1H}^4 - 1) - y}{1 + t_1(1 + y) - yt_2} Z_1 + 2.$$

Використовуючи аналогічні припущення, як і для першого рівняння, отримаємо:

$$((i_{1H}^4 - 1)(1 + t_1(1 + y) - yt_2) + yt_2(i_{1H}^4 - 1) - y) \sin \frac{\pi}{k} > yt_2(i_{1H}^4 - 1) - y,$$

або

$$(i_{1H}^4(1 + t_1 + y) - y) \sin \frac{\pi}{k} > yt_2 i_{1H}^4 - yt_2 - y,$$

звідки

$$i_{1H}^4 > \frac{y \sin \frac{\pi}{k} - y(t_2 + 1)}{(1 + t_1 + y) \sin \frac{\pi}{k} - yt_2}. \quad (11)$$

Розглядаючи отриманий вираз (11) разом з умовою (7), отримаємо:

$$\begin{cases} i_{1H}^4 > \frac{y \sin \frac{\pi}{k} - y(t_2 + 1)}{(1 + t_1 + y) \sin \frac{\pi}{k} - yt_2}; \\ i_{1H}^4 > \frac{1 + t_2}{t_2}. \end{cases} \quad (12)$$

Загальні висновки. Отримані генеральні рівняння для синтезу планетарного механізму $2A - \overline{AA}$ з урахуванням коригування кутів зачеплення для пар зв'язаних і незв'язаних зубчастих коліс на етапі синтезу механізму. Записані умови для визначення меж можливих передавальних відношень проєктованого механізму для кожного поєднання параметрів t_1 і t_2 . Синтез планетарного механізму $2A - \overline{AA}$, проведений з використанням генеральних рівнянь (3), (4) і (5), дає можливість отримати додаткові комбінації чисел зубів, які не можна отримати за допомогою генеральних рівнянь, наведених в [1].

Список використаних джерел

1. Ткаченко В.А. Планетарні механізми (оптимальне проєктування). – Харків: Видавничий центр ХАІ. – 2003. – 446 с.
2. Кавецький С.М., Гереш Т.В. Залежність кутів зачеплення зубчастих пар планетарних механізмів зі зв'язаними та незв'язаними колесами. // Вісник НТУ „ХПІ”. Тем. вип.: Машинобудування і САПР. – № 2. – 2008. – С.115-120.
3. Кавецький С.М., Гереш Т.В. Синтез планетарних механізмів AA та II зі зв'язаними та не пов'язаними колесами з урахуванням кутів зачеплення. // Вісник НТУ „ХПІ”. Тем. вип.: Машинобудування і САПР. – № 9. – 2008. – С.98-103.