

УДК 621.833.65

О.Р. Стрілець, канд. техн. наук, доц.

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ К.К.Д. БАГАТОСХОДИНКОВИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ У ПРИСТРОЇ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ ЧЕРЕЗ ЕПІЦИКЛ

O. R. Strilets, Ph.D, Assoc. Prof.

DETERMINATION OF EFFICIENCY OF MULTISTAGE EPICYCLIC GEAR TRAINS IN THE SPEED CHANGE DEVICE THROUGH THE RING GEAR

Виконання технологічних операцій машинами у різних галузях промисловості вимагає керування змінами швидкості за величиною і напрямком їх виконавчих механізмів. У техніці широко відомі способи і пристрої сходового і безсходового керування швидкістю за величиною і напрямком у вигляді сходових і безсходових коробок швидкостей [1]. Відомі способи і пристрої керування змінами швидкості мають багато недоліків, які негативно впливають на надійність приводів машин. Запропоновані нові способи і пристрої керування змінами швидкості на основі односходових і багатосходових диференціальних зубчастих передач з замкнутими гідросистемами [2]. Для таких передач виконані кінематичні дослідження, наприклад, [3], а для виконання силових і енергетичних досліджень необхідні знання про їх коефіцієнт корисної дії (к.к.д.).

Розглядається теоретично-комп'ютерне дослідження к.к.д. багатосходових диференціальних зубчастих передач у пристроях зміни швидкості з замкнутими гідросистемами між ведучими (сонячними зубчастими колесами) і веденими (водидами) ланками через ланки керування – епіцикли. На рис.1 показана схема багатосходової диференціальної передачі, в якій водило першої сходовки $4_{(1)}$ з'єднано з сонячним зубчастим колесом $1_{(2)}$ другої сходовки, водило другої сходовки $4_{(2)}$ з'єднано з сонячним зубчастим колесом $1_{(3)}$ третьої сходовки і т.д., а керування швидкістю здійснюється за рахунок епіциклів першої $3_{(1)}$, другої $3_{(2)}$, третьої $3_{(3)}$, ..., n -ої сходовок $3_{(n)}$ за допомогою встановлених на них замкнутих гідросистем $6_{(1)}$, $6_{(2)}$, $6_{(3)}$, ..., $6_{(n)}$. Ведучою ланкою такої багатосходової диференціальної передачі є сонячне зубчасте колесо $1_{(1)}$ першої сходовки, а веденою ланкою – водило $4_{(n)}$ n -ої сходовки. Замкнуті гідросистеми $6_{(1)}$, $6_{(2)}$, $6_{(3)}$, ..., $6_{(n)}$ однакові за будовою, розміщені на корпусі 5 і з'єднані з епіциклами через зубчасті передачі $7_{(1)}$, $7_{(2)}$, $7_{(3)}$, ..., $7_{(n)}$. Замкнута гідросистема, будова та робота якої більш детально описана, наприклад, в [1-3], містять шестеренчастий гідронасос, короткі трубопроводи, регулювальний кран, зворотний клапан і ємність для рідини. Керування зміною швидкості здійснюється за рахунок регульованого руху рідини в замкнутих гідросистемах.

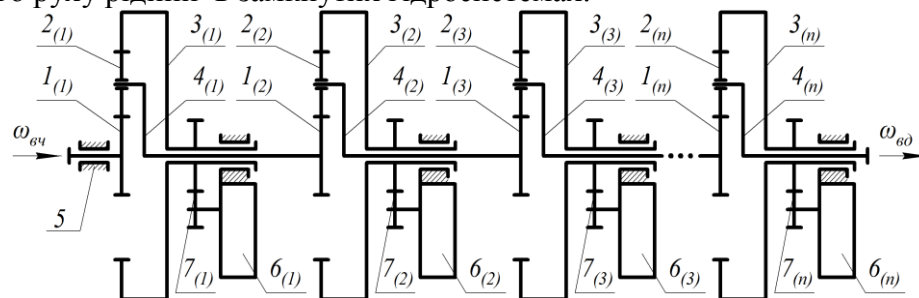


Рис. 1. Схема багатосходової зубчастої диференціальної передачі з замкнутими гідросистемами з керуванням швидкістю через епіцикли

Зв'язок між швидкостями веденої ланки (водида $4_{(n)}$) $\omega_{вд}$ і ведучої ланки (сонячним зубчастим колесом $1_{(1)}$) $\omega_{вч}$ або навпаки, описаний у [3].

Визначити к.к.д. $\eta_{1(1)-4(n)}$ такої передачі можна за допомогою виразу

$$\eta_{14(1)-14(n)} = \eta_{14(1)} \eta_{14(2)} \eta_{14(3)} \cdots \eta_{14(n)}, \quad (1)$$

где $\eta_{14(1)}$ - к.к.д. першої сходинки; $\eta_{14(2)}$ - к.к.д. другої сходинки; $\eta_{14(3)}$ - к.к.д. третьої сходинки; ...; $\eta_{14(n)}$ - к.к.д. n - той сходинки.

К.к.д. окремих сходинок визначається:

$$\eta_{14(1)} = \frac{(1 + u_{13(1)}^{(4)} \eta_{13(1)}^{(4)}) (\omega_{1(1)} + \omega_{3(1)} u_{13(1)}^{(4)})}{(1 + u_{13(1)}^{(4)}) (\omega_{1(1)} + \omega_{3(1)} u_{13(1)}^{(4)} \eta_{13(1)}^{(4)})}; \quad \eta_{14(2)} = \frac{(1 + u_{13(2)}^{(4)} \eta_{13(2)}^{(4)}) (\omega_{1(2)} + \omega_{3(2)} u_{13(2)}^{(4)})}{(1 + u_{13(2)}^{(4)}) (\omega_{1(2)} + \omega_{3(2)} u_{13(2)}^{(4)} \eta_{13(2)}^{(4)})};$$

$$\eta_{14(3)} = \frac{(1 + u_{13(3)}^{(4)} \eta_{13(3)}^{(4)}) (\omega_{1(3)} + \omega_{3(3)} u_{13(3)}^{(4)})}{(1 + u_{13(3)}^{(4)}) (\omega_{1(3)} + \omega_{3(3)} u_{13(3)}^{(4)} \eta_{13(3)}^{(4)})}; \quad \dots; \quad \eta_{14(n)} = \frac{(1 + u_{13(n)}^{(4)} \eta_{13(n)}^{(4)}) (\omega_{1(n)} + \omega_{3(n)} u_{13(n)}^{(4)})}{(1 + u_{13(n)}^{(4)}) (\omega_{1(n)} + \omega_{3(n)} u_{13(n)}^{(4)} \eta_{13(n)}^{(4)})}, \quad (2)$$

де $\omega_{1(1)}, \omega_{1(2)}, \omega_{1(3)}, \dots, \omega_{1(n)}$ - кутові швидкості сонячних зубчастих коліс, відповідно, першої, другої, третьої, ..., n - тої сходинки; $\omega_{4(1)}, \omega_{4(2)}, \omega_{4(3)}, \dots, \omega_{4(n)}$ - кутові швидкості епіциклів, відповідно, першої, другої, третьої, ..., n - тої сходинки; $u_{13(1)}^{(4)}, u_{13(2)}^{(4)}, u_{13(3)}^{(4)}, \dots, u_{13(n)}^{(4)}$ - передаточні відношення передач при зупиненому водилі, відповідно, першої, другої, третьої, ..., n - тої сходинки; $\eta_{13(1)}^{(4)}, \eta_{13(2)}^{(4)}, \eta_{13(3)}^{(4)}, \dots, \eta_{13(n)}^{(4)}$ - к.к.д. передач при зупиненому водилі, відповідно, першої, другої, третьої, ..., n - тої сходинки.

Для більшої наочності характеру зміни к.к.д. багатосходинкової диференціальної зубчастої передачі з пристроями у вигляді замкнутих гідросистем, коли ведучою ланкою є сонячне зубчасте колесо, а веденою – водило, від параметрів передачі, аналітичні вирази (2) для двох- і тьохсходинкових диференціальних зубчастих передач запрограмовані та за допомогою ПЕОМ отримані графічні залежності $\eta_{14} = f(\omega_3, \omega_1, u_{13}^{(4)})$, для $\eta_{13} = 0,97$, при різних передаточних числах $u_{13}^{(4)} = 1..20$, та кутовій швидкості ведучої ланки $\omega_1 = 75; 100; 150; 300 \text{ рад/с}$ і $\omega_3 = 0..25 \text{ рад/с}$.

Отримані графічні залежності к.к.д. між ведучою і веденою ланками (сонячним зубчастим колесом і водилом), дозволяють аналізувати значення к.к.д. багатосходинкової диференціальної передачі у залежності від кутової швидкості ланок і передаточного відношення та оцінити його з точки зору самогальмування.

Література

1. Малащенко В.О. Класифікація способів і пристроїв керування процесом зміни швидкості в техніці / В.О. Малащенко, О.Р. Стрілець, В.М. Стрілець // Подіймно-транспортна техніка. – Одеса: 2015. - №1. – С. 70...78.
2. Малащенко В.А. Новый способ бесступенчатого изменения скорости при помощи зубчатых дифференциальных передач с замкнутой гидросистемой / В.А. Малащенко, О.Р. Стрилец, В.Н. Стрелец // Международный инженерный журнал «Приводы и компоненты машин». – М.: 2015. – №4–5, – С. 7...10.
3. Стрілець О.Р. Керування змінами швидкості за допомогою зубчастої диференціальної передачі через епіцикл / О.Р. Стрілець // Науковий журнал «Вісник Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя». – № 4 (80). – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – С. 129...135.