

УДК 621.825

Г.Нагорняк

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ОБЕРТОВОГО МОМЕНТУ НА ЦЕНТРАЛЬНОМУ ВЕДЕНОМУ КОЛЕСІ РОЗРОБЛЕНИХ ПЛАНЕТАРНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ МУФТ

В статті представлено узагальнену модель структурно-схемного синтезу і розроблено на основі даної моделі багатоваріантну структуру планетарних відцентрових муфт, які одночасно виконують функції пускових муфт. Отримані аналітичні залежності дають можливість визначати навантажувальну здатність і описувати закономірності зміни обертового моменту під час пуску і дії перевантаження для всіх розроблених муфт. Встановлено, що мінімальне число сателітів (дебалансів), при якому забезпечується повна збалансованість муфти під час роботи і формування знакопостійного обертового моменту на центральному веденому колесі без його нульових значень, рівне шести. Це має місце при послідовному коловому зміщенні центрів мас дебалансів на кут 120° .

В сучасній техніці широко використовуються кулачкові і кулькові запобіжні муфти [1], в яких при виникненні перевантаження кулачки (кульки) ведучої півмуфти періодично виходять і входять в силовий контакт з кулачками (лунками) веденої півмуфти. Наслідком такого процесу є виникнення інтенсивних динамічних навантажень в деталях при кутових швидкостях відносно пробуксовки півмуфт $\omega > 40 \text{с}^{-1}$. При цьому коефіцієнт динамічності при пробуксовці кулачкових запобіжних муфт досягає значення $K_d = 6$, а при пробуксовці кулькових запобіжних муфт $K_d > 2,5$. Тому виникає завдання зменшення рівня динамічних навантажень при пробуксовці запобіжних механізмів імпульсного типу при кутових швидкостях $\omega > 40 \text{с}^{-1}$. Одним із варіантів вирішення даного питання є використання планетарних відцентрових муфт, в яких забезпечується постійний кінематичний зв'язок між ведучою і веденою частиною через проміжні сателіти.

На рис.1 приведена схема планетарної двохсателітної відцентрової муфти яка є базовою при структурно-схемному синтезі муфт даної групи.

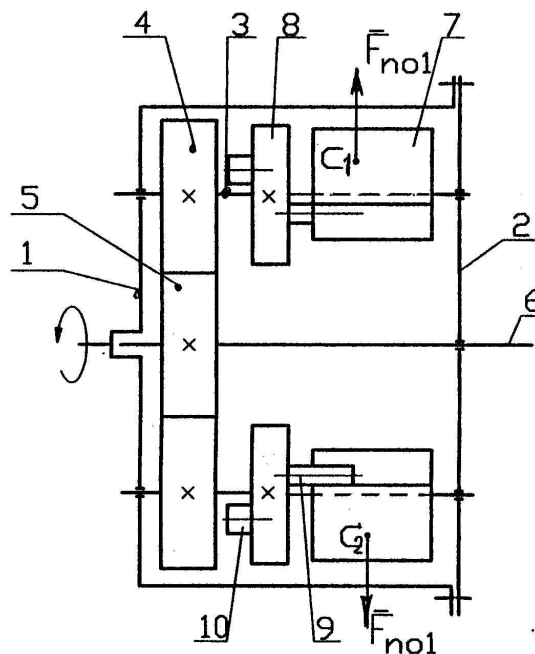


Рис.1. Планетарна двохсателітна відцентрова муфта

В підшипниках водила 1 і його кришки 2 діаметрально-протилежно розміщені вали 3, на яких з однієї сторони жорстко встановлені сателіти 4. Вони знаходяться в постійному кінематичному зчепленні з веденим колесом 5, яке жорстко встановлено на валу 6. На других кінцях валів 3 на підшипниках вільно встановлені дебаланси 7. Крім того в проміжку між сателітами і дебалансами з валами жорстко з'єднані ведучі диски 8 з виступами-поводками 9. Для усунення впливу виступів-поводків на формування обертового моменту на центральному веденому колесі 5, на ведучих дисках 8 зі сторони сателітів розташовані пальці-зрівноважувачі 10.

При обертанні водила 1 вільному перекочуванню сателітів 4 по центральному веденому колесу 5 періодично протидіють відцентрові сили інерції F_{n01} , які діють на вільно розміщені на валах 3 дебаланси 7.

Планетарні відцентрові муфти (ПВМ) можуть мати різну кількість сателітів і дебалансів, центри мас яких можуть займати різні положення по відношенню до радіальних осей, які проходять через вісь обертання водила і вісь обертання сателіта. На рис.2 зображена узагальнена модель структурно-схемного синтезу ПВМ, на основі якої формуються муфти даної групи. Центральний кут ψ між сусідніми осями обертання сателітів 4 залежить від кількості „n”. При $\psi=0^\circ$ маємо односателітну муфту, при $\psi=180^\circ$ - двохсателітну, при $\psi=120^\circ$ - трьохсателітну.

Центри мас дебалансів 7 можуть розміщуватися як на однаковій відстані від вісі обертання водила (точки O_1), так і на різних відстанях.

В першому випадку кути між радіальними осями O_1U і положеннями центрів мас дебалансів 7 відносно осей обертання сателітів рівні між собою:

$$\varphi_{c1}^* = \varphi_{c2}^* = \dots = \varphi_{cn}^*$$

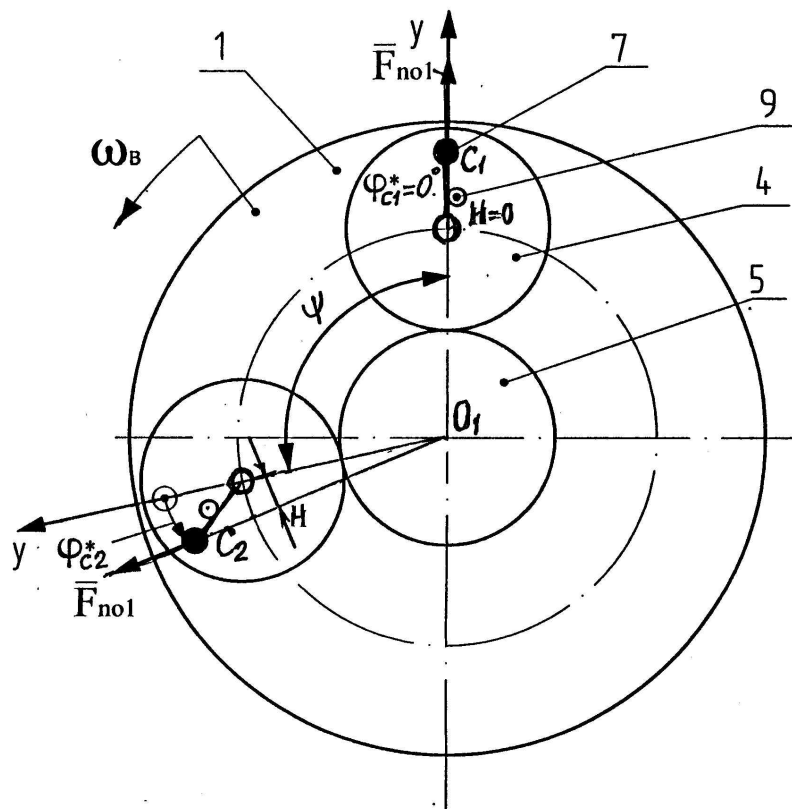


Рис.2. Узагальнена модель структурно-схемного синтезу планетарних відцентрових муфт

В другому випадку, наприклад, при миттєвому початковому значенні $\varphi_{c1}^* = 0$ при співпаданні центра мас дебалансу C_1 з віссю O_1U значення інших кутів φ_c^* можуть бути такими:

- а) для довільної кількості „n” сателітів

$$\varphi_{c2}^* = 2\pi / n; \quad \varphi_{c3}^* = 2 \cdot \varphi_{c2}^*; \quad \varphi_{c4}^* = 3 \cdot \varphi_{c2}^*, \quad \varphi_{cn}^* = (n-1) \cdot \varphi_{c2}^* = \frac{2(n-1) \cdot \pi}{n} \quad (1)$$

б) для парної кількості „ n ” сателітів

$$\varphi_{c2}^* = 4\pi / n; \quad \varphi_{c3}^* = 2 \cdot \varphi_{c2}^* = \frac{8\pi}{n}; \quad \varphi_{c4}^* = 3 \cdot \varphi_{c2}^* = \frac{12\pi}{n}, \quad \varphi_{cn}^* = (n-1) \cdot \varphi_{c2}^* = \frac{4(n-1) \cdot \pi}{n}. \quad (2)$$

В таблиці приведена структурно-схемний синтез ПВМ і його результати. В поз.1 таблиці представлена двохсателітна ПВМ ($n=2$) [2], в якій центри мас дебалансів C_1 і C_2 знаходяться на однаковій відстані від осі обертання водила (точки O_1). В даному випадку центр маси дебалансу C_2 повернутий в коловому напрямку відносно центра маси дебалансу C_1 (осі O_1Y) на кут $\varphi_{c2}^* = 360^\circ$ (логічно вибирати для кращої ілюстрації початкове миттєве значення кута $\varphi_{c1}^* = 0^\circ$).

На половині кожного оберту сателітів. починаючи від найбільш віддаленого щодо осі обертання водила (точка O_1) положення центрів мас (точки C_1 і C_2) дебалансів 7 і завершуючи ближнім до осі обертання положенням центрів мас дебалансів, відцентрові сили інерції F_{n01} чинять опір вільному перекочуванню сателітів 4 по центральному веденому колесі 5. При цьому на дане колесо через виступи – поводки 9 зі сторони сателітів передається обертовий момент T_{m2} , величина якого рівна:

$$T_{m2} = 2T_{m1} = 2F_{n01} \cdot H_i = 2m \cdot \omega_b^2 \cdot r_i \cdot H_i,$$

де T_{m1} – момент, який передається односателітною муфтою, m – маса дебалансу, ω_b – кутова швидкість обертання водила, r_i – відстань від осі обертання водила (точки O_1) до точки „С” розміщення центра маси дебалансу; H_i – відстань від вектора дії сили F_{n01} до осі обертання сателіта.

На другій (що залишилася) половині оберту сателіту дія моменту від відцентрових сил інерції F_{n01} припиняється. Це зв'язано з тим, що на другій половині оберту сателіта вектор дії відцентрової сили інерції F_{n01} співпадає за напрямком з напрямком обертання сателіта і оскільки дебаланс 7 встановлений з можливістю провороту відносно сателіта, то від дії відцентрової сили інерції дебаланс вільно повертається відносно осі сателіта, не діючи при цьому на виступ – поводок 9.

В даному випадку зміна обертового моменту T_{m2} , який передається зі сторони сателітів на центральне ведене колесо, подається у вигляді [2]:

$$T_{m2} = T_{m1max} (\sin \varphi_c + |\sin \varphi_c|), \quad (3)$$

де T_{m1max} – максимальне значення обертового моменту, φ_c – кут повороту сателіта відносно власної осі.

При $\varphi_c = 90^\circ$ $T_{m2} = 2T_{m1max}$.

В цьому випадку муфта повністю збалансована і при її роботі не виникають поперечні згинальні навантаження і коливання.

Доцільно відзначити, що аналогічний характер зміни обертового моменту має місце і для односателітної муфти ($n=1$). При цьому максимальне значення обертового моменту T_{m1max} в два рази менше від значення T_{m2max} . Однак в цьому випадку система невірноважена (ексцентрично розміщені сателіти і дебаланс) і вона недоцільна для практичного використання.

Окрім рівновіддаленого розміщення дебалансів C_1 і C_2 (поз.1), для двохсателітної муфти другим варіантом (поз.2 таблиці) є колове зміщення центра мас дебалансу C_2 на кут $\varphi_{c2}^* = 180^\circ$ відносно початкового миттєвого положення центра маси дебалансу C_1 . В даному випадку, коли центр маси дебалансу C_1 знаходиться на максимальній відстані від точки O_1 , то центр маси дебалансу C_2 знаходиться на мінімальній відстані від даної точки і навпаки.

При цьому миттєве значення моменту T_{m2} в залежності від кута повороту сателітів φ_c є сумою моментів $T_{m2}(c1)$ і $T_{m2}(c2)$, які формуються від дії відцентрових сил інерції F_{n01} на дебаланси C_1 і C_2 :

$$T_{m1}(c_1) = T_{m1max} \frac{\sin \varphi_c + |\sin \varphi_c|}{2};$$

$$T_{m1}(c_2) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 180^\circ) + |\sin(\varphi_c + 180^\circ)|}{2}.$$

В кінцевому рахунку значення обертового моменту T_{m2} рівне

$$T_{m2} = T_{m1}(c_1) + T_{m2}(c_2) = T_{m1max} |\sin \varphi_c|. \quad (4)$$

При $\varphi_c = 90^\circ$ $T_{m2} = T_{m1max}$.

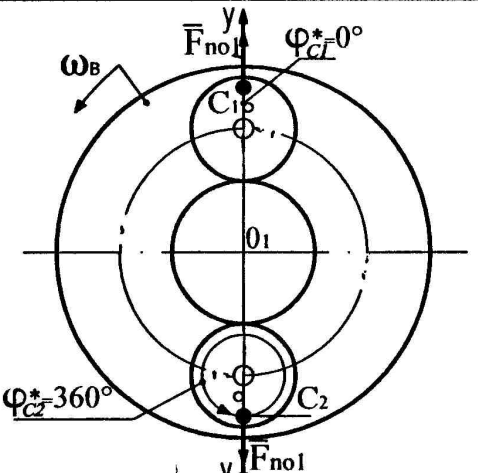
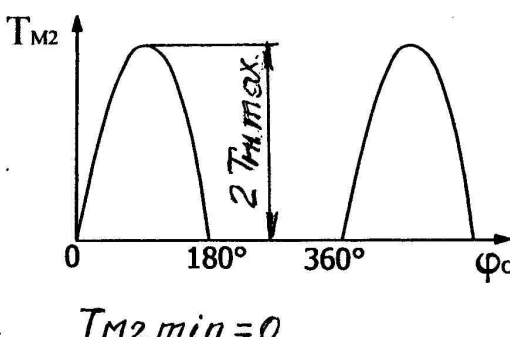
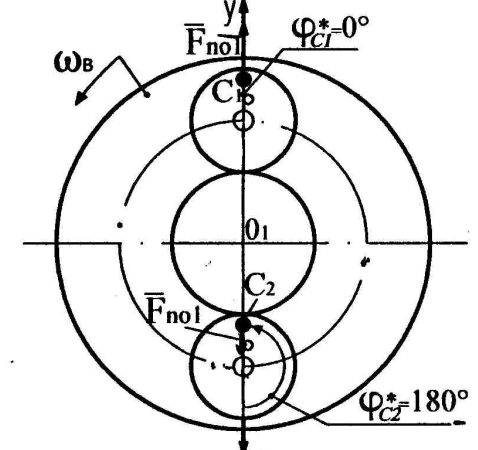
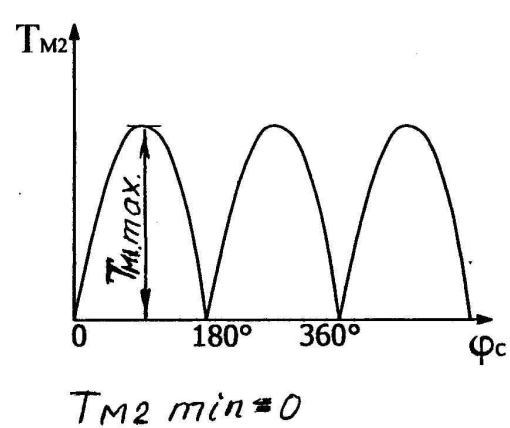
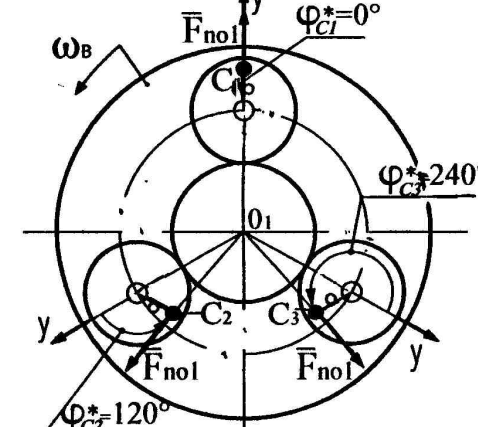
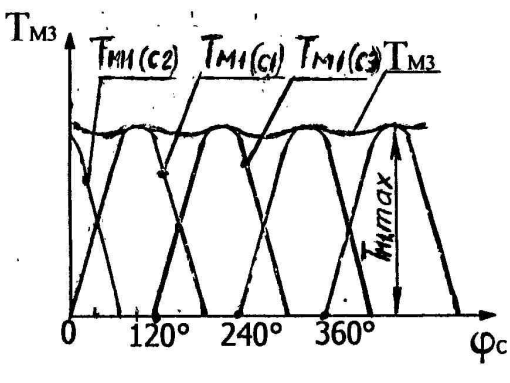
Оскільки дана муфта є незбалансованою, то її використання не є раціональним.

Розглянемо трьохсателітну муфту ($n=3$) (поз.3 таблиці), в якій $\varphi_{c1}^* = 0^\circ$;

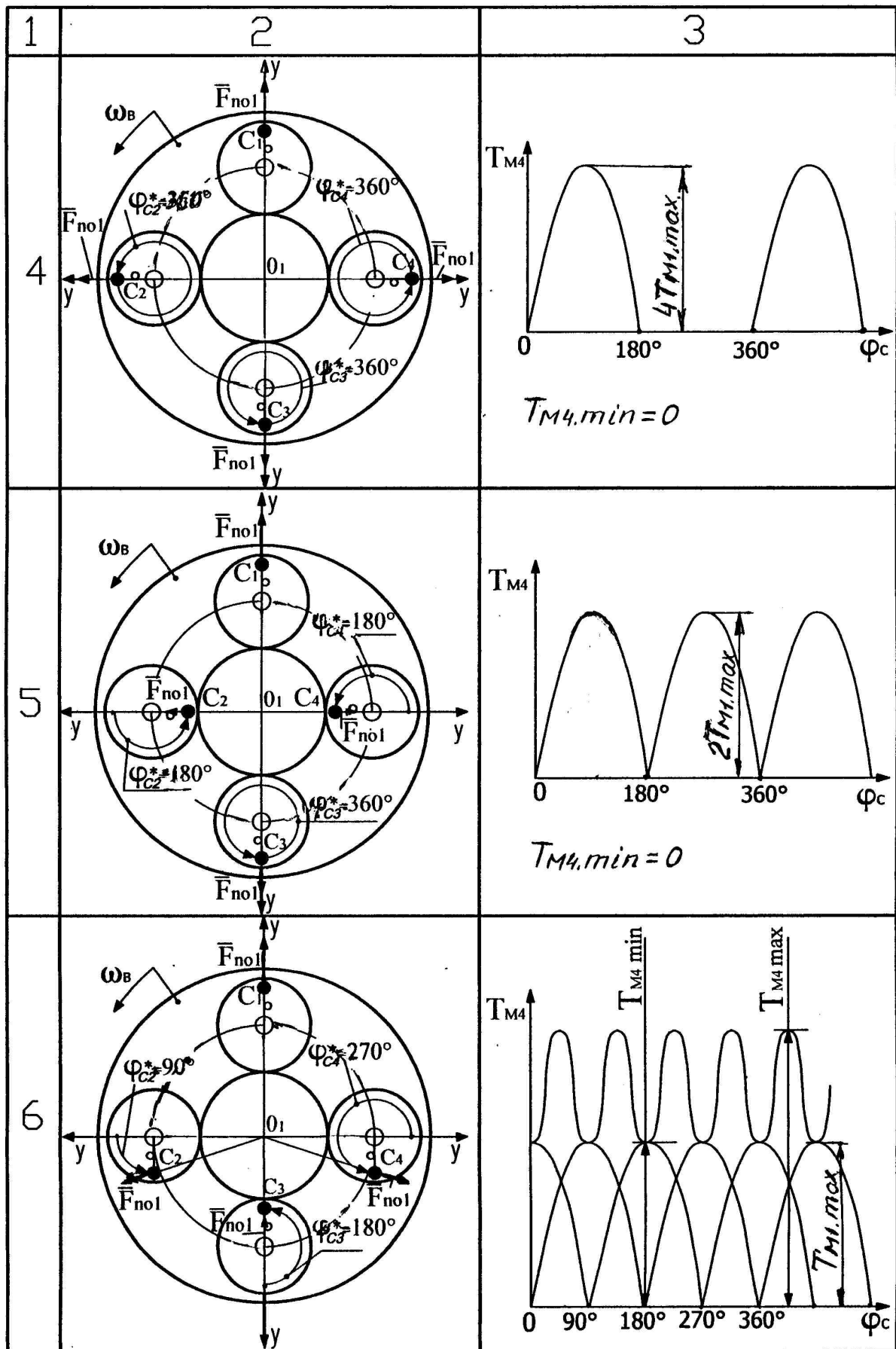
$$\varphi_{c2}^* = \frac{2\pi}{n} = \frac{2}{3}\pi = 120^\circ, \text{ а } \varphi_{c3}^* = 2\varphi_{c2} = 240^\circ.$$

Таблиця

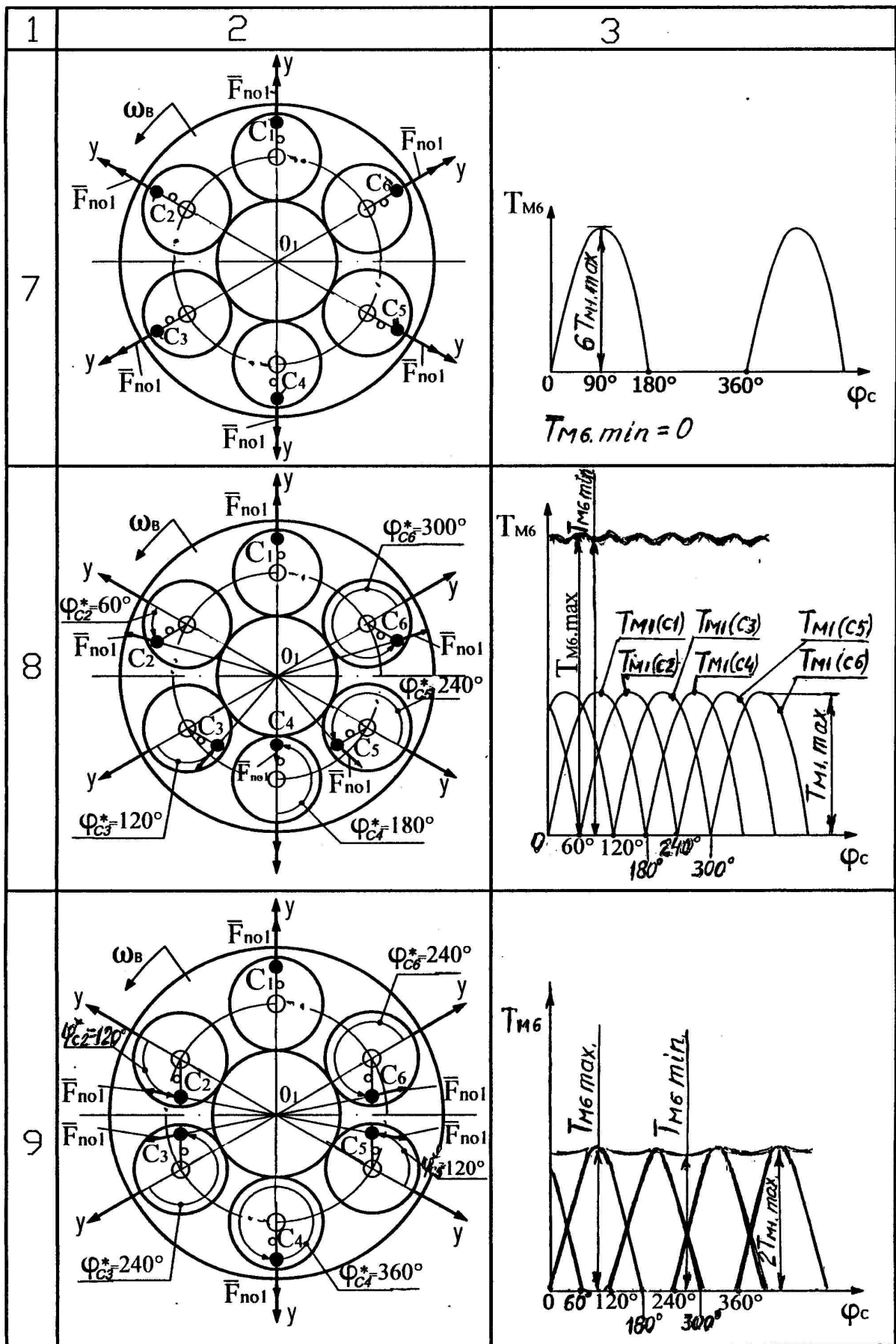
Структурно-схемний синтез планетарних відцентрових муфт і його результати

№ поз	Схеми муфт	Закон зміни обертового моменту
1	<p style="text-align: center;">2</p> 	<p style="text-align: center;">3</p>  <p style="text-align: center;">$T_{M2.min} = 0$</p>
2		 <p style="text-align: center;">$T_{M2.min} \neq 0$</p>
3		 <p style="text-align: center;">T_{M3}</p> <p style="text-align: center;">$T_{M1(C2)} \quad T_{M1(C1)} \quad T_{M1(C3)} \quad T_{M3}$</p>

Продовження таблиці



Продовження таблиці



В цьому випадку сумарний обертовий момент T_{m3} , який формується на центральному веденому колесі, є сумою моментів $T_{m1}(c_1)$, $T_{m1}(c_2)$ і $T_{m1}(c_3)$, які

формуються від дії відцентрових сил інерції F_{n0l} на трьох зміщених в коловому напрямку відносно осей O_1U дебалансах C_1, C_2, C_3 :

$$T_{m1}(c_1) = T_{m1max} \frac{\sin \varphi_c + |\sin \varphi_c|}{2};$$

$$T_{m1}(c_2) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 120^\circ) + |\sin(\varphi_c + 120^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(c_3) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 240^\circ) + |\sin(\varphi_c + 240^\circ)|}{2}.$$

Звідси

$$T_{m3} = T_{m1}(c_1) + T_{m1}(c_2) + T_{m1}(c_3) =$$

$$= T_{m1max} \frac{|\sin \varphi_c| + |-0.5 \cdot \sin \varphi_c + 0.87 \cos \varphi_c| + |-0.5 \cdot \sin \varphi_c - 0.87 \cos \varphi_c|}{2}. \quad (5)$$

При $\varphi_c = 90^\circ$, $T_{m3} = T_{m1max}$.

При $\varphi_c = 150^\circ$, $T_{m3} = 0.95 \cdot T_{m1max}$.

Однак, незважаючи на отримані в результаті такого технічного рішення знакопостійного моменту T_{m3} без його нульових значень, як видно зі схеми муфти, вона є незбалансованою. В даному положенні дебалансів відцентрова сила інерції F_{n0l} притискає дебаланс C_2 до виступу – поводка і створює момент опору вільному перекошуванню сателіта по центральному веденому колесі, а відцентрова сила інерції, яка діє на дебаланс C_3 , не чинить такого моменту опору.

Збільшимо кількість сателітів до чотирьох ($n=4$). Можливі три основні варіанти відносного розміщення дебалансів C_1, C_2, C_3, C_4 .

В поз.4 таблиці представлений ПВМ з однаковими відстанями від вісі обертання водила (т. O_1) і центрами мас дебалансів. При цьому: $\varphi_{c2}^* = \varphi_{c3}^* = \varphi_{c4}^* = 360^\circ$. Характер зміни обертового моменту аналогічний до показаного в поз.1. В даному випадку муфта збалансована і має вдвічі більшу навантажувальну здатність у порівнянні з першою муфтою (поз.1).

В поз.5 таблиці приведений чотирьохсателітна муфта, в якій в миттєвому положенні елементів діаметрально розташовані дебаланси C_1 і C_3 знаходяться на максимальній відстані від осі обертання водила (точка O_1), діаметрально розташовані дебаланси C_2 і C_4 знаходяться на мінімальній відстані від точки O_1 . В цьому випадку $\varphi_{c1}^* = 0^\circ$; $\varphi_{c2}^* = 180^\circ$; $\varphi_{c3}^* = 360^\circ$; $\varphi_{c4}^* = 180^\circ$.

Характер зміни обертового моменту T_{m4} аналогічний представленою в поз.2. При цьому навантажувальна здатність синтезованої муфти в поз.5 в два рази вища від навантажувальної здатності синтезованої муфти в поз.2.

Розглянемо третю схему чотирьохсателітної муфти (поз.6 таблиці), в якій $\varphi_{c1}^* = 0^\circ$; $\varphi_{c2}^* = 90^\circ$; $\varphi_{c3}^* = 180^\circ$; $\varphi_{c4}^* = 270^\circ$. В цьому випадку обертовий момент T_{m4} , який передається на центральне ведене колесо, дорівнює:

$$T_{m4} = T_{m1}(C_1) + T_{m1}(C_2) + T_{m1}(C_3) + T_{m1}(C_4).$$

$$T_{m1}(C_1) = T_{m1max} \frac{\sin \varphi_c + |\sin \varphi_c|}{2}.$$

$$T_{m1}(C_2) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 90^\circ) + |\sin(\varphi_c + 90^\circ)|}{2}.$$

$$T_{m1}(C_3) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 180^\circ) + |\sin(\varphi_c + 180^\circ)|}{2}.$$

$$T_{m1}(C_4) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 270^\circ) + |\sin(\varphi_c + 270^\circ)|}{2}.$$

В кінцевому рахунку аналітична залежність для визначення T_{m4} буде мати вигляд:

$$T_{m4} = T_{m1max} (|\sin \varphi_c| + |\cos \varphi_c|). \quad (6)$$

При $\varphi_c = 90^\circ$, $T_{m4} = T_{m1max}$.

При $\varphi_c = 45^\circ$, $T_{m4} = 1.4 \cdot T_{m1max}$.

Однак, незважаючи на отримане знакопостійне значення моменту T_{m4} без його нульових значень, як це мало місце від чотирьох сателітних муфт поз.4, поз.5, муфта в поз.6 належить до незбалансованих муфт.

П'ятисателітну муфту ($n=5$) розглядати недоцільно, оскільки вона є поєднанням двохсателітної муфти ($n=2$) з поз.1 і поз.2 і трьохсателітної муфти ($n=3$) з поз.3. При $n=5$ при однакових відстанях від осі обертання водила (т. O_1) до центрів мас дебалансі C_1, C_2, C_3, C_4 і C_5 характер зміни обертового моменту аналогічний представленим в поз.1 і поз.4, а при кутовому зміщенні центрів мас дебалансів відносно осей O_1Y у всіх випадках синтезовані муфти будуть незбалансованими.

Задачею структурно-схемного синтезу є створення ПВМ, в який забезпечується формуванням на центральному веденому колесі позитивного обертового моменту без його нульових значень при одночасній збалансованості муфти.

Проведемо структурно-схемний синтез шестисателітної муфти. В базовій схемі шестисателітної муфти (поз. 7 таблиці) центри мас дебалансів C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 і C_6 рівновіддалені від осі обертання водила (т. O_1). В цьому випадку характер зміни обертового моменту T_{m6} аналогічний до показаного з поз.1 і поз.4. Муфта в цьому випадку повністю збалансована і її навантажувальна здатність в три рази перевищує навантажувальну здатність двохсателітної муфти (поз.1).

При послідовному відносному коловому зміщенні центрів мас дебалансів на кут $\frac{2\pi}{n} = 60^\circ$ (поз.8) початкові миттєві значення кутів наступні: $\varphi_{c1}^* = 0^\circ$; $\varphi_{c2}^* = 60^\circ$; $\varphi_{c3}^* = 120^\circ$; $\varphi_{c4}^* = 180^\circ$; $\varphi_{c5}^* = 240^\circ$; $\varphi_{c6}^* = 300^\circ$.

При цьому сумарний обертовий момент T_{m6} рівний сумі моментів $T_{m1}(c_1)$, $T_{m1}(c_2)$, $T_{m1}(c_3)$, $T_{m1}(c_4)$, $T_{m1}(c_5)$ і $T_{m1}(c_6)$, які відповідно формуються відцентровими силами інерції F_{n01} , які діють на дебаланси C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 і C_6 .

$$T_{m1}(C_1) = T_{m1max} \frac{\sin \varphi_c + |\sin \varphi_c|}{2};$$

$$T_{m1}(C_2) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 60^\circ) + |\sin(\varphi_c + 60^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_3) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 120^\circ) + |\sin(\varphi_c + 120^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_4) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 180^\circ) + |\sin(\varphi_c + 180^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_5) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 240^\circ) + |\sin(\varphi_c + 240^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_6) = T_{m1max} \frac{\sin(\varphi_c + 300^\circ) + |\sin(\varphi_c + 300^\circ)|}{2}.$$

Після перетворення і сумування аналітична залежність для визначення T_{m6} має вигляд:

$$T_{m6} = T_{m1max} (|\sin \varphi_c| + |0.5 \sin \varphi_c + 0.87 \cdot \cos \varphi_c| + |0.5 \sin \varphi_c - 0.87 \cos \varphi_c|). \quad (7)$$

При $\varphi_c=60^\circ$, $T_{m6}=T_{m6 \min}=1.74 T_{m1 \max}$.

При $\varphi_c=90^\circ$, $T_{m6}=T_{m6 \max}=2 \cdot T_{m1 \max}$.

В розглянутій схемі муфти забезпечується формуванням знакопостійного обертового моменту. Однак в процесі роботи муфти є незрівноваженою.

В поз.9 приведена синтезована ПВМ, в якій $\varphi_{c1}^* = 0^\circ$; $\varphi_{c2}^* = 120^\circ$; $\varphi_{c3}^* = 240^\circ$; $\varphi_{c4}^* = 360^\circ$; $\varphi_{c5}^* = 120^\circ$; $\varphi_{c6}^* = 240^\circ$.

В цьому випадку складові сумарного обертового моменту T_{m6} наступні:

$$T_{m1}(C_1) = T_{m1 \max} \frac{\sin \varphi_c + |\sin \varphi_c|}{2};$$

$$T_{m1}(C_2) = T_{m1 \max} \frac{\sin(\varphi_c + 120^\circ) + |\sin(\varphi_c + 120^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_3) = T_{m1 \max} \frac{\sin(\varphi_c + 240^\circ) + |\sin(\varphi_c + 240^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_4) = T_{m1 \max} \frac{\sin(\varphi_c + 360^\circ) + |\sin(\varphi_c + 360^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_5) = T_{m1 \max} \frac{\sin(\varphi_c + 120^\circ) + |\sin(\varphi_c + 120^\circ)|}{2};$$

$$T_{m1}(C_6) = T_{m1 \max} \frac{\sin(\varphi_c + 240^\circ) + |\sin(\varphi_c + 240^\circ)|}{2}.$$

Після перетворень і сумування лівої і правої частини отримуємо аналітичну залежність для визначення обертового моменту T_{m6} :

$$T_{m6} = T_{m1 \max} (|\sin \varphi_c| + |-0.5 \sin \varphi_c + 0.87 \cos \varphi_c| + |-0.5 \sin \varphi_c - 0.87 \cos \varphi_c|). \quad (8)$$

При $\varphi_c=90^\circ$, $T_{m6} = T_{m6 \max} = 2 T_{m1 \max}$.

При $\varphi_c=30^\circ$, $T_{m6} = T_{m6 \min} = 1,9 T_{m1 \max}$.

В даному випадку синтезована шестисателітна муфта забезпечує формування на центральному веденому колесі знакопостійного обертового моменту при повній збалансованості в процесі роботи.

Таким чином, із дев'яти синтезованих схем планетарних відцентрованих муфт найкращою схемою є схема ПВМ з шістьма сателітами і послідовному відносному коловому зміщенні центрів мас дебалансів на кут $\varphi_{c2}^* = \frac{4\pi}{n} = 120^\circ$.

Окрім шести сателітних ПВМ, повністю збалансованими є восьми, десяти і т.д. муфти, кількість сателітів (дебалансів) в яких є парним числом. При цьому на центральному веденому колесі муфти завжди формується сумарний знакопостійний момент без його нульових значень при певних відносних кутових положеннях центрів мас дебалансів. Такі муфти одночасно виконують функції пускових муфт.

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Розроблена узагальнена модель структурно-схематичного синтезу планетарних дебалансних відцентрованих муфт забезпечує можливість отримати багатоваріантну структуру муфт нової групи.
2. Мінімальне число сателітів (дебалансів), при якому забезпечується повна збалансованість муфти під час роботи і формування знакопостійного обертового моменту на центральному веденому колесі без його нульових значень, рівне шести. Це має місце при послідовному відносному коловому зміщенні центрів мас дебалансів на кут $\varphi_{c2}^* = 120^\circ$.
3. Отримані аналітичні залежності (4), (5), (6), (7) і (8) дають можливість визначити навантажувальну здатність синтезованих муфт у порівнянні з односателітними

муфтами і встановити характер зміни обертового моменту від кута повороту сателітів.

4. Для практичного використання рекомендується планетарні відцентрові муфти з парним числом сателітів $n=6; 8; 10$ і т.д., які одночасно є пусковими муфтами.

General model of the structural scheme synthesis is presented in the article as well as multivariant structure of the debalanced centrifugal device developed on its basis, which serve as the driving conpling. Analytical dependencies give the possibility to find the loading ability and describ regularities of the togue change during the starting as well as overloading for all developed couplings. It is found that the minimum number of satelites (debalansies) under which the maximum balace of the coupling is provided during operation and formation of the sing-constant toque on the central wheel without its zero value, equals six. It takes place in siries circular displacement of debalance weight centers in angle 120^0 .

Література

1. Нагорняк С.Г., Луцив И.В. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования: справочник. –К.: Техніка, 1992. -72с.
2. Патент UA №59715A, кл. F16D43/20 Планетарний імпульсний запобіжний механізм // Рогатинський Р.М., Нагорняк Г.С.. Оpubл. 15.09.2003, Бюл. №9. -3с.
3. Нагорняк Г. Визначення навантажувальної здатності інерційних планетарних запобіжних муфт // Машинознавство. -2003. -№2. –С.51-54.

Одержано 25.12.2003 р.