

факторами успешного использования ЭИО и ХГДН для ремонтных целей являются экономичность и универсальность методов, а также высокие эксплуатационные свойства восстановленных деталей.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - М.: Машиностроение, 1976. - 44 с.
2. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) /МГУ им. Н.П.Огарева и др.; Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин, В.И. Иванов, С.А. Величко, П.А. Ионов. – Саранск: тип. «Красный Октябрь», 2003. – 504 с.
3. Каширин А.И., Шкодкин А.В. Метод газодинамического напыления металлических покрытий: развитие и современное состояние. /Упрочняющие технологии и покрытия, 2007, №12, с. 22-33.
4. Электроискровой способ нанесения толстослойных покрытий повышенной сплошности /Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х., Денисов В.А. //Евразийский патент №017066 по заявке № 201100015

CZU 531/534

CERCETAREA CINETOSTATICII MULTIPLICATOARELOR PLANETARE PRECESIONALE

BOSTAN I., DULGHERU V., CIOBANU R.

Universitatea Tehnică a Moldovei

Summary. The evolution of the technical progress of the machine building industry is influenced to a great extent by the performances of the mechanisms for transforming and transmitting motion and energy. An important element of the energy systems belongs to multipliers which have the role to amplify the revolutions of the generator's rotor and to improve the systems performances. An important condition is imposed to ensure a high yield multipliers, reducing the rotation unevenness of vibrating source, increasing the bearing capacity and reduced overall dimensions. This paper is researched cinetostatica planetary precessional multipliers gear box.

Key words: planetary precessional multipliers gear box, precession motion, linkage mechanism.

INTRODUCERE

În marea majoritate a transmisiilor tradiționale și planetare are loc doar transformarea cantitativă (reducerea sau multiplicarea mișcării de rotație) fără transformarea ei calitativă. Transmisiile planetare precesionale [1, 2, 3, 4], spre deosebire de cele clasice, sunt bazate pe transformări atât cantitative cât și calitative ale mișcării de rotație.

ASPECTE GENERALE ALE CINEMATII MULTIPLICATOARELOR PLANETARE PRECESIONALE

Mișcarea de rotație a elementului conducător (arborelui – manivelă) în regim de reducere (figura 1) prin intermediul părții înclinate a arborelui (manivelei) este transformată într-o mișcare sfero-spațială (mișcare precesională) a satelitului în jurul unui punct „O” numit centru de precesie. În rezultatul interacțiunii dinților satelitului g cu dinții roții centrale b , mișcarea precesională a satelitului se transformă din nou în mișcare de rotație, însă cu un anumit grad de reducere funcție de parametrii geometrici ai angrenajului [1]. La funcționarea transmisiei planetare precesionale în regim de multiplicare în angrenaj au loc aceleași procese însă în consecutivitate inversă. Mișcarea de rotație a elementului condus (roții dințate centrale b) (figura 1 (a)) se transformă în mișcare precesională a satelitului g instalat pe partea înclinată a arborelui-manivelă H datorită efectului planului înclinat (figura 1 (b)), care apare între dinții roții centrale b și rolele satelitului g .

La rotirea elementului conducător (roții centrale b) la un unghi egal cu pasul unghiular al dinților satelitului, instalat pe partea înclinată a arborelui-manivelă, va efectua un ciclu complet de precesie în jurul centrului de precesie „O”. Mișcarea de precesie a punctului de contact E al rolei satelitului g cu

dintele roții centrale b este una complexă, compusă din două mișcări care se realizează în două plane reciproc perpendiculare: planul P_1 perpendicular pe axa elementului conducător și aflat în planul OXY al sistemului cartezian de coordonate imobil $OXYZ$; planul P_2 , care trece prin centrul de precesie „ O ”, se află în planul OY_1Z_1 al sistemului mobil de coordonate cartezian $OX_1Y_1Z_1$ și este legat de axa manivelei H și circulă cu ea la rotirea manivelei (figura 2 (a)). Viteza unghiulară sumară relativă a punctului de contact E în sistemul de coordonate mobil $OX_1X_1Z_1$ va fi:

$$\overline{\omega}_{\Sigma} = \overline{\omega}_{y_1} + \overline{\omega}_{x_1}, \quad (1)$$

iar viteza liniară

$$\overline{V}_{\Sigma} = \overline{V}_{x_1y_1} + \overline{V}_{y_1z_1}.$$

(2)

Utilizând proprietățile matricei de transfer din sistemul de coordonate mobil $OX_1Y_1Z_1$ în cel imobil $OXYZ$ viteza liniară absolută a punctului de contact E în sistemul de coordonate fix $OXYZ$ va fi:

$$\overline{V}_a = T \cdot \overline{V}_{\Sigma}, \quad (3)$$

unde T este matricea de trecere din sistemul de coordonate mobil $OX_1Y_1Z_1$ în sistemul de coordonate fix $OXYZ$. Mișcarea de rotație proprie a satelitului în jurul axei sale Z_1 ω_{y_1} se realizează în planul P_1 , are axa de rotație Z_1 și este preluată de mecanismul de legătură W (articulația Hooke).

$$\omega_{y_1} = \frac{\omega_1}{Z_2}, \quad (4)$$

iar viteza liniară

$$V_{x_1z_1} = \omega_{x_1z_1} \frac{d_m}{2},$$

(5)

unde $d_m = \frac{d_m}{\cos \theta}$ este proiecția diametrului mediu al amplasării punctului de contact în sistemul mobil de coordonate $OX_1Y_1Z_1$. Viteza unghiulară relativă de rotație a punctului E în planul OY_1Z_1 este prima derivată a unghiului de nutație θ :

$$\omega_{x_1} = \dot{\theta}, \quad (6)$$

iar viteza liniară

$$V_{y_1z_1} = \omega_{y_1z_1} \frac{d_m}{2}. \quad (7)$$

Viteza liniară a punctului de contact E exprimată prin parametrii geometrici ai angrenajului precesional se determină cu relația:

$$v_E = \psi \sqrt{\left[\frac{z_d}{z_r} \sin \theta \cos \psi \cdot Z_E - \left(1 - \frac{z_d}{z_r} \sin \theta \sin \psi Z_E + \left(1 - \frac{z_d}{z_r} \cos \theta \right) \right)^2 \right] + \left[\frac{z_d}{z_r} \sin \theta \sin \psi \cdot Y_E + \cos \psi \cdot X_E \right]^2}, \quad (8)$$

Funcție de structura cinematică a multiplicatorului precesional există două variante de formare a mișcării de rotație a elementului condus:

1. Satelitul este legat articulat cu carcasa, iar elementul conducător este legat cu roata dințată centrală (figura 3 (b)). În acest caz mișcarea de rotație proprie a satelitului este anihilată (componenta

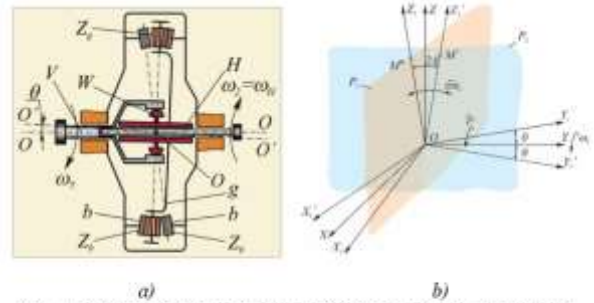


Fig. 1. Schema conceptuală a multiplicatorului planetar precesional (a) și schema de explicare a efectului planului inclinat în transformarea mișcării de rotație a roții dințate centrale în mișcare de precesie a satelitului (b).

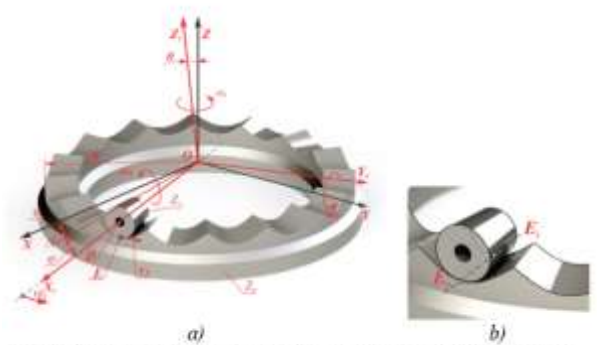


Fig. 2. Cinematica punctului de contact „dinte-rolă” din angrenajul precesional.

$\omega_{Y1}=0$ și $V_{X1Y1}=0$), iar mișcarea de rotație a elementului condus este formată doar de componenta ω_{X1} (V_{Y1Z1});

2. Satelitul este legat articulat cu elementul conducător, iar roata dințată este legată fix cu carcasa (figura 3 (a)). În acest caz mișcarea de rotație a elementului condus este generată de cele două componente ω_{X1} (V_{Y1Z1}) și ω_{Y1} (V_{X1Y1}):

$$\omega_a = \omega_y \pm \omega_{x1}. \quad (9)$$

În ambele cazuri mecanismul formării mișcării de rotație multiplicată a elementului condus, generată de componenta ω_{Y1} (V_{X1Y1}), este același. În cazul când satelitul este legat articulat cu carcasa la rotirea roții dințate centrale la un unghi egal cu pasul unghiular $\varphi_{Z1} = 360^\circ/Z_1$ (în acest caz satelitul va efectua un ciclu complet de precesie) elementul condus H (arborele manivelă) va efectua o rotație completă ($\varphi_{hi} = 360^\circ$). Raportul de multiplicare în acest caz va fi:

$$i = \varphi_{hi}/\varphi_{Z1} = (360^\circ/Z_1)/360^\circ = 1/Z_1. \quad (10)$$

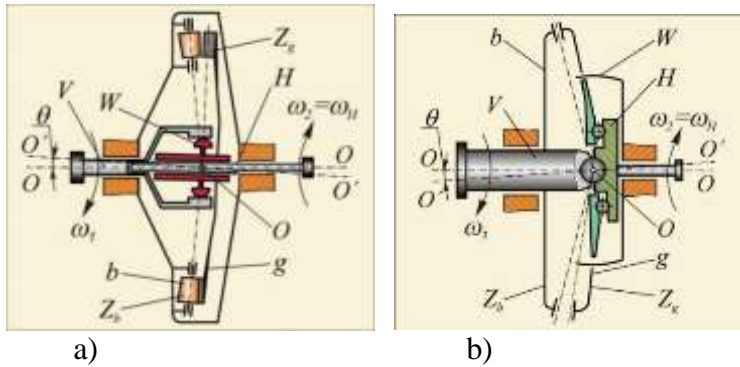


Fig. 3. Scheme cinematice ale multiplicatoarelor planetare precesionale de tip K-H-V.

În cazul când satelitul este legat articulat cu elementul conducător la rotirea lui cu un unghi egal cu pasul unghiular $\varphi_{Z2} = 360^\circ/z_2$ (în acest caz satelitul va efectua un ciclu complet de precesie) elementul condus H (arborele manivelă) se va roti la un unghi egal cu suma unghiurilor generate de componentele ω_{Z1} și ω_{X1} ale vitezei unghiulare absolute, egale cu $\varphi_{hi} = 360^\circ$ și, respectiv, $\varphi_{Z2} = 360^\circ/Z_1$ (unghiul de rotire proprie a satelitului):

$\varphi_{hi\Sigma} = 360^\circ \pm 360^\circ/z_1 = 360^\circ(1 \pm 1/z_1)$. În cazul când $z_2 = z_1 + 1$ se ia semnul "+", iar când $z_2 = z_1 - 1$ se ia semnul "-".

Raportul de multiplicare în acest caz va fi:

$$i = \frac{\varphi_{hi\Sigma}}{\varphi_{z_2}} = \frac{360^\circ \cdot \left(1 \pm \frac{1}{z_1}\right)}{\frac{360^\circ}{z_2}} = \frac{z_2 z_1}{z_2 \pm 1} \quad (11)$$

ASPECTE ALE CINETOSTATICII MULTIPLICATOARELOR PLANETARE PRECESIONALE

La baza mecanismului de formare a mișcării de rotație a elementului condus [1] în multiplicatoarele precesionale sunt luate efectele de pană în contactul „dinte-rolă” și pârghiei la transformarea și transmiterea forței din contactul „dinte-rolă” la arborele condus. Pentru a analiza acest mecanism este necesară efectuarea analizei cinetostatice a angrenajului precesional. Forța normală, care acționează în punctul de contact M „dinte-rolă”, o descompunem în trei componente: componentele tangențială, axială și radială (figura 4 (c)):

$$\begin{aligned} F_t &= F_n \cdot \cos\alpha_w - \text{componenta tangențială;} \\ F_a &= F_n \cdot \sin\alpha_w - \text{componenta axială;} \\ F_r &= F_n \cdot \sin\delta - \text{componenta radială.} \end{aligned} \quad (12)$$

Componenta tangențială F_t a forței normale participă doar la formarea mișcării de rotație proprie a satelitului (componentei ω_{Z1}) în jurul axei sale geometrice (OZ_1). Forța, care formează mișcarea de rotație a elementului condus în multiplicatorul precesional, este:

$$\overline{F}_{\Sigma M} = \overline{F}_a + \overline{F}_r. \quad (13)$$

Forța sumară $F_{\Sigma Mi}$, aplicată în punctul de contact M (figura 4 (b)), generează prin pârgiile MO și ON (figura 4 (a)) o altă forță F_{Ni} care, prin intermediul excentricității „ e ”, creează momentul de torsiune T_{hi} (figura 4 (a)) aplicat la arborele conducător. Din ecuația de echilibru al momentelor avem:

$$\Sigma M_o = 0; F_{\Sigma M} \cdot MO - F_{Ni} \cdot ON = 0. \quad (14)$$

Din această ecuație de echilibru forța, care acționează asupra manivelei, va fi:

$$F_{Ni} = F_{\Sigma M} \frac{MO}{ON}. \quad (15)$$

Atunci momentul de torsiune, generat la elementul condus (arborele manivelă), va fi:

$$T_{hi} = F_{Ni} \cdot h_i, \quad (16)$$

unde h_i este brațul acțiunii forței F_{Ni} la diferite faze de rotire a arborelui manivelă H (figura 4 (d)).

$$h_i = e \cdot \sin \varphi_i, \quad (17)$$

unde $e = ON \sin \theta$ este brațul format de abaterea unghiulară a axei manivelei față de axa arborelui în planul aplicării forței la unghiul de rotire a arborelui manivelă $\varphi_i = 90^\circ$ și $\varphi_i = 270^\circ$. Din analiza schemei prezentate în figura 1 (b) și figura 4 (a) se observă că în pozițiile punctului de contact MO și M'' (schema este amplasată în planul P_2) brațul acțiunii forței F_{Ni} este egal cu zero. Acestea sunt puncte moarte în cursa rolei satelitelui pe dinte. În poziția punctului de contact M' brațul acțiunii forței F_{Ni} este maxim și este egal cu excentricitatea „ e ”.

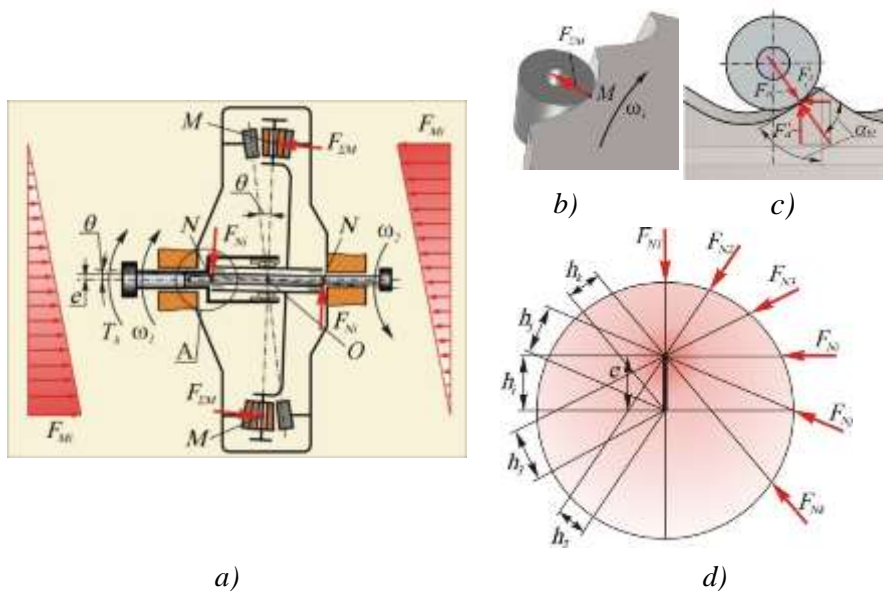


Fig. 4. Schema forțelor în angrenajul precesional (a), forța sumară $F_{\Sigma Mi}$, aplicată în punctul de contact M (b), componentele tangențială, axială și radială a forței normale, care acționează în punctul de contact M „dintelorol” (c) și brațul acțiunii forței F_{Ni} la diferite faze de rotire a arborelui manivelă H (d).

CONCLUZII

În rezultatul analizei cinematische multiplicatorului precesional cu cuplaj cu dinți, stabilite efectele cinematische, care au loc în angrenajul precesional. Analiza cinetostaticii multiplicatoarelor precesionale au demonstrat că sarcina este distribuită uniform între numărul de dinți simultan angrenați, momentul de torsiune este format de forțele normale elementare și brațele instantanee determinat de unghiul de rotire a manivelei φ și unghiului de nutație θ .

BIBLIOGRAFIE

1. Ciobanu R. Contribuții privind cercetarea multiplicatoarelor planetare precesionale. Teză de dr. în tehnică. Chișinău, 2014. 176 p.
2. Bostan I., Dulgheru V., Sochirean A., Babaian I. Antologia invențiilor: transmisii planetare precesionale. Vol. 1. Chișinău: Combinatul Poligrafic, 2011, 593 p. ISBN 978-9975-4100-9-0.
3. Bostan I. Preczessionny'e peredachi s mnogoparny'm zacepleniem. Chișinău: Știința, 1991. 356 p. ISBN 5-376-01005-8.
4. Bostan I., Dulgheru V., Grigoraș Ș. Transmisii planetare, precesionale și armonice. Atlas. Chișinău-București: Tehnică, 1997. 200 p. ISBN 9975-910-20-3.