



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83475 (13) C2
 (51) МПК (2006)
 G01L 3/04
 G01P 3/64
 G01R 21/133 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ, КРУТНОГО МОМЕНТУ ТА МЕХАНІЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ

1

2

(21) а200505380

(22) 06.06.2005

(46) 25.07.2008, Бюл.№ 14, 2008 р.

(72) ГРАБАР ІВАН ГРИГОРОВИЧ, UA

(73) ГРАБАР ІВАН ГРИГОРОВИЧ, UA

(56) US 3978718, 07.09. 1976

GB 703531, 03.02.1954

DE 3423694, 10.01.1985

DE 3521363, 16.01.1986

DE 10351121, 30.09.2004

JP 55141671, 05.11.1980

JP 63223566, 19.09.1988

SU 1204984, 15.01.1986

GB 968758, 02.09.1964

(57) Пристрій для вимірювання куткової швидкості, крутного моменту та механічної потужності, що містить вхідний вал (1), механічно з'єднаний з вихідним валом (2) за допомогою динамометра (3) крутного моменту, обчислювальний пристрій (11), який відрізняється тим, що динамометр (3) крутного моменту складений з двох півмуфт (4, 5), з'єднаних між собою пружним елементом (6) з жорсткістю С, причому на кожній з півмуфт (4, 5) по колу заданого діаметра з центром на осі обертання вхідного вала (1) встановлено по S (S = 1, 2, 3) точкових магнітів (7, 8), в зоні дії яких нерухомо закріплено по одному чутливому до дії магнітного поля елементу (9, 10) на відстані, достатній, щоб під час переміщення кожних S точкових магнітів (7, 8) повз відповідний чутливий до дії магнітного поля елемент (9, 10) в останньому генерувались

імпульси електрорушійної сили, причому чутливі до дії магнітного поля елементи (9, 10) з'єднані з обчислювальним пристроєм (11), в якому миттєві кутова швидкість ω_i , крутний момент M_i та механічна потужність N_i розраховуються за відповідними формулами:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{S \cdot \tau_i};$$

$$M_i = \frac{2\pi \cdot C}{S} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right);$$

$$N_i = \frac{4\pi^2 C}{\tau_i \cdot S^2} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right),$$

де: τ_i - час між двома послідовними імпульсами одного й того ж чутливого до дії магнітного поля елемента;

$\Delta\tau_i$ - зсув між імпульсами для двох різних чутливих до дії магнітного поля елементів внаслідок деформації пружного елемента крутним моментом;

τ_0 - час між двома послідовними імпульсами одного й того ж чутливого до дії магнітного поля елемента за умови відсутності крутного моменту ($M_i = 0$);

$\Delta\tau_0$ - зсув між імпульсами для двох різних чутливих до дії магнітного поля елементів за умови відсутності крутного моменту.

Динамометр-тахометр-ватметр професора Грабара належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для визначення миттєвих куткової швидкості, крутного моменту та потужності, що передаються за допомогою механічних силових пристроїв, зокрема, механічних трансмісій.

Вимірювання куткової швидкості та крутного моменту зазвичай виконують за допомогою окре-

мих спеціалізованих вимірювальних пристроїв, а саме - тахометра та динамометра крутного моменту відповідно.

Відомий тахометр на вихрових струмах [1, с. 124], що містить обертовий постійний магніт, поле якого збуджує вихрові струми в алюмінієвому диску, з'єднаному з показником. Виникаючий при цьому обертаючий момент пропорційний частоті обертання магніту і переміщає показчик доти, по-

(13) C2

(11) 83475

(19) UA

ки момент, створюваний вихровими струмами, не зрівноважується моментом, створеним поворотною пружиною.

Відомий динамометр крутного моменту [1, с. 146], який містить дві півмуфти, з'єднані пружними елементами. Кути відносного повороту півмуфт, що пропорційні крутному моменту, перетворюються в електричні сигнали перетворювача, які реєструються, та за їх значеннями визначаються відповідні величини вимірюваних моментів.

Механічну потужність зазвичай визначають шляхом непрямих вимірювань. Для цього безпосередньо вимірюють крутний момент та швидкість обертального руху. За результатами цих вимірювань розраховують механічну потужність [2].

Недоліками відомих вимірювальних пристроїв є те, що кожен з них здатний вимірювати тільки одну величину. Тому жоден з них не можна назвати аналогом запропонованого винаходу, оскільки вони не є засобами того ж самого призначення, що й динамометр-тахометр-ватметр професора Грабара.

Відомий випробувальний стенд [3] чеської фірми Mezsergis Vsetin, призначений для вимірювання кутової швидкості, крутного моменту та потужності машин, що використовують крутний момент для передачі сили. Він обраний як прототип і містить асинхронний динамометр типу ASD, оснащений тензометричним вимірювальним фланцем та інкрементальним датчиком обертів. З'єднання між динамометром та об'єктом випробування здійснюється за допомогою карданного валу. Виміряні дані передаються до обчислювального пристрою.

Загальними суттєвими ознаками пристрою-прототипу і пристрою-винаходу є вхідний вал, механічно з'єднаний з вихідним валом за допомогою динамометра крутного моменту, обчислювальний пристрій.

Проте, на відміну від пристрою-винаходу, в пристрої-прототипі динамометр крутного моменту містить тензометричний вимірювальний фланець та інкрементальний датчик обертів, які вимірюють лише інтегральні характеристики обертального руху вхідного валу за певний проміжок часу та усереднюють їх. Це зумовлює обмежені функціональні можливості пристрою-прототипу.

В основу групи винаходів поставлена задача розширення функціональних можливостей вимірювального пристрою.

Розширення функціональних можливостей вимірювального пристрою вирішується шляхом того, що динамометр крутного моменту складений з двох півмуфт, з'єднаних між собою пружним елементом з жорсткістю C , причому на кожній з півмуфт по колу заданого діаметра з центром на осі обертання вхідного валу встановлено по S ($S = 1, 2, 3, \dots$) точкових магнітів, в зоні дії яких нерухомо закріплено по одному чутливому до дії магнітного поля елементу на відстані достатній, щоб під час переміщення кожних S точкових магнітів повз відповідний чутливий до дії магнітного поля елемент в останньому генерувались імпульси електрорушійної сили, причому чутливі до дії магнітного поля елементи з'єднані з обчислювальним при-

строєм, в якому миттєві кутова швидкість ω_i , крутний момент M_i та механічна потужність N_i розраховуються за відповідними формулами:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{S \cdot \tau_i};$$

$$M_i = \frac{2\pi \cdot C}{S} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right);$$

$$N_i = \frac{4\pi^2 C}{\tau_i \cdot S^2} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right);$$

де: τ - час між двома послідовними імпульсами одного й того ж чутливого до дії магнітного поля елемента;

$\Delta\tau_i$ - зсув між i -ми імпульсами двох різних чутливих до дії магнітного поля елементів внаслідок деформації пружного елемента крутним моментом.

Все це дозволяє вимірювати миттєві значення кутової швидкості, крутного моменту та потужності, що передаються за допомогою механічних силових пристроїв, а отже, отримувати більше інформації про обертальний рух, що призводить до розширення функціональних можливостей винаходу.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

Фіг.1 - структурна схема пристрою при $S=1$ (загальний випадок розташування точкових магнітів);

Фіг.2 - вид А пристрою при $S=1$ (загальний випадок розташування точкових магнітів);

Фіг.3 - структурна схема пристрою при $S=4$ (загальний випадок розташування точкових магнітів);

Фіг.4 - вид А пристрою при $S=4$ (загальний випадок розташування точкових магнітів);

Фіг.5 - часова діаграма імпульсів електрорушійної сили, що генеруються в чутливих до дії магнітного поля елементах (загальний випадок розташування точкових магнітів):

а) механічне навантаження на вихідному валу відсутнє;

б) механічне навантаження на вихідному валу присутнє;

Фіг.6 - часова діаграма імпульсів електрорушійної сили, що генеруються в чутливих до дії магнітного поля елементах (окремих випадок розташування точкових магнітів):

в) механічне навантаження на вихідному валу відсутнє;

г) механічне навантаження на вихідному валу присутнє.

Пристрій містить вхідний вал 1, механічно з'єднаний з вихідним валом 2 за допомогою динамометра 3 крутного моменту, складеного з двох півмуфт 4, 5, з'єднаних між собою пружним елементом 6. На кожній з півмуфт 4, 5 по колу заданого діаметра з центром на осі обертання вхідного валу 1 встановлено по S ($S = 1, 2, 3, \dots$) точкових магнітів 7, 8 відповідно. В зоні дії S точкових магнітів 7 нерухомо закріплений чутливий до дії магнітного поля елемент 9, а в зоні дії S точкових магнітів 8 - чутливий до дії магнітного поля елемент 10. Чут-

ливі до дії магнітного поля елементи 9 та 10 закріплені на відстані достатній, щоб під час переміщення кожних S точкових магнітів 7, 8 повз відповідний чутливий до дії магнітного поля елемент 9, 10 в останньому генерувались імпульси електрорушійної сили. Чутливі до дії магнітного поля елементи 9, 10 з'єднані з обчислювальним пристроєм 11.

Якщо точкові магніти 7, 8 встановлено на півмуфтах 4, 5 по колу заданого діаметра з центром на осі обертання вхідного вала 1 на максимальній відстані від осі обертання вхідного вала 1, маємо найбільшу амплітуду імпульсів електрорушійної сили, що генеруються в чутливих до дії магнітного поля елементах 9, 10. Це означає, що в цьому випадку пристрій матиме найбільшу завадостійкість, отже, й найвищу точність вимірювань.

Пристрій працює таким чином.

Розглянемо загальний випадок розташування точкових магнітів 7, 8 (Фіг.5 а, б) при $S = 1$, коли в недеформованому стані пружного елемента 6 (крутний момент на вхідному валу 1 відсутній) має місце кутовий зсув $0 < \alpha_0 < \pi$ точкового магніту 7 відносно точкового магніту 8 (Фіг.2).

Якщо на вхідному валу 1 відсутній крутний момент, а тертя в опорах вважаємо безкінечно малим, то при відсутності навантаження на вихідному валу 2 (Фіг.5а) вхідний вал 1 обертатиметься з постійною кутовою швидкістю ω_0 [2]:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{\tau_0}, \quad (1)$$

де: τ_0 - період обертання вхідного вала 1 при відсутності на ньому крутного моменту.

В даному пристрої величину τ_0 можна виміряти як проміжок часу між двома послідовними імпульсами електрорушійної сили, які генеруються в будь-якому з чутливих до дії магнітного поля елементів 9, 10 під час переміщення повз останні відповідних точкових магнітів 7, 8. Імпульси електрорушійної сили чутливого до дії магнітного поля елемента 9 зсунуті у часі відносно відповідних імпульсів електрорушійної сили чутливого до дії магнітного поля елемента 10 на величину $\Delta\tau_0$ за рахунок кутового зсуву $\alpha_0 \neq 0$ точкового магніту 7 відносно точкового магніту 8.

Якщо до вихідного вала 2 підключити навантаження (Фіг.5б), то для його обертання потрібно прикласти до вхідного вала 1 крутний момент.

В цьому випадку вхідний вал 1 починає обертатися з кутовою швидкістю ω_i і передає крутний момент M_i вихідному валу 2. Спочатку крутний момент M_i передається півмуфті 4, а потім через пружний елемент 6 з жорсткістю C крутний момент M_i передається півмуфті 5. За рахунок деформації пружного елемента 6 півмуфта 5 з точковим магнітом 8 зміщується відносно півмуфти 4 з точковим магнітом 7. Під час переміщення точкового магніту 7 повз чутливий до дії магнітного поля елемент 9 на виході останнього генерується імпульс електрорушійної сили. Через деякий час

відбувається переміщення точкового магніту 8 повз чутливий до дії магнітного поля елемент 10, на виході якого теж генерується імпульс електрорушійної сили, але зсунутий у часі на величину $\Delta\tau_i$ відносно імпульсу електрорушійної сили на виході чутливий до дії магнітного поля елемента 9, причому $\Delta\tau_i > \Delta\tau_0$ за рахунок деформації пружного елемента 6 та додаткового кутового зсуву півмуфти 5 відносно півмуфти 4.

При наступному оберті механічної трансмісії все повторюється спочатку і на виході кожного з чутливих до дії магнітного поля елементів 9 та 10 з'являються наступні імпульси електрорушійної сили, також зсунуті у часі один відносно іншого на величину $\Delta\tau_i$. Імпульс електрорушійної сили від чутливого до дії магнітного поля елемента 9 зсунутий у часі на величину τ_i відносно імпульсу електрорушійної сили, отриманого від цього ж чутливого до дії магнітного поля елемента на попередньому оберті півмуфти 4.

Імпульси електрорушійної сили з чутливих до дії магнітного поля елементів 9 та 10 надходять до обчислювального пристрою 11, який оброблює їх і визначає величини τ_0 , $\Delta\tau_0$ та τ_i , $\Delta\tau_i$, де $i = 1, 2, \dots$

Як відомо [2], миттєві кутову швидкість, крутний момент та потужність можна визначити за формулами:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{\tau_i}; \quad (2)$$

$$M_i = C \cdot \Delta X; \quad (3)$$

$$N_i = M_i \cdot \omega_i, \quad (4)$$

де ΔX - кутовий зсув півмуфти 5 відносно півмуфти 4, що зумовлено деформацією пружного елемента 6 під дією крутного моменту M_i .

$$\text{Для даного пристрою } \Delta X = 2\pi \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right), \text{ що}$$

витає з часових діаграм (Фіг.5 а, б). Враховуючи це, за кожен оберт механічної трансмісії обчислювальний пристрій розраховує миттєві кутову швидкість ω_i вхідного вала 1, крутний момент M_i та миттєву потужність N_i за відповідними формулами:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{\tau_i}; \quad (5)$$

$$M_i = 2\pi C \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right); \quad (6)$$

$$N_i = M_i \cdot \omega_i = \frac{4\pi^2 C}{\tau_i} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0} \right), \quad (7)$$

Розглянемо окремий випадок розташування точкових магнітів 7, 8 (Фіг.6 а, б) при $S = 1$, коли в недеформованому стані пружного елемента 6 кутовий зсув точкового магніту 7 відносно точкового магніту 8 відсутній, тобто $\alpha_0 = 0$.

В цьому випадку $\Delta\tau_0 = 0$, тому формули (5), (6), (7) спрощуються і матимуть вигляд:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{\tau_i}; \quad (8)$$

$$M_i = C \cdot \frac{2\pi}{\tau_i} \cdot \Delta\tau_i; \quad (9)$$

$$N_i = M_i \cdot \omega_i = C \cdot \left(\frac{2\pi}{\tau_i}\right)^2 \cdot \Delta\tau_i. \quad (10)$$

Відмінність між випадками, коли $S=1$ (Фіг.1, 2) та $S=2,3,4,\dots$ (Фіг.3, 4) полягає в тому, що при $S=1$ час τ_0 і час τ_i на діаграмах (Фіг.5, 6) та в формулах (2) - (7) відповідає цілому періоду обертання вхідного вала 1, а при $S=2,3,4,\dots$ - $\frac{1}{S}$ частині періоду обертання вхідного вала 1.

Тому в загальному випадку розташування точкових магнітів 7, 8 (Фіг.5 а, б), коли в недеформованому стані пружного елемента 6 має місце кутовий зсув $0 < \alpha_0 < \pi$ кожного з S точкових магнітів 7 відносно відповідного йому S -го точкового магніту 8 (Фіг.4), формули (5), (6), (7) матимуть такий вигляд:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{S \cdot \tau_i}; \quad (11)$$

$$M_i = \frac{2\pi C}{S} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0}\right); \quad (12)$$

$$N_i = \frac{4\pi^2 C}{\tau_i S^2} \cdot \left(\frac{\Delta\tau_i}{\tau_i} - \frac{\Delta\tau_0}{\tau_0}\right), \quad (13)$$

В окремому випадку розташування точкових магнітів 7, 8 (Фіг.6 а, б), коли в недеформованому стані пружного елемента 6 кутовий зсув кожного з S точкових магнітів 7 відносно відповідного йому S -го точкового магніту 8 відсутній, тобто $\alpha_0 = 0$, формули (8), (9), (10) матимуть такий вигляд:

$$\omega_i = \frac{2\pi}{S \cdot \tau_i}; \quad (14)$$

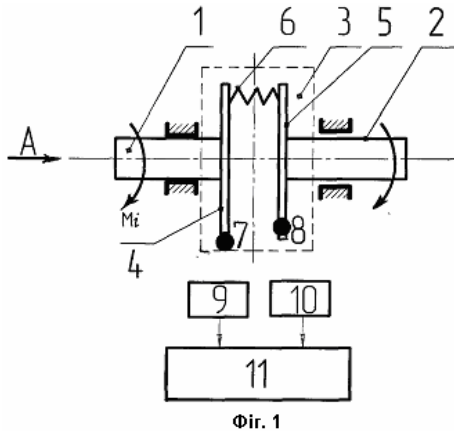
$$M_i = C \cdot \frac{2\pi}{S \cdot \tau_i} \cdot \Delta\tau_i; \quad (15)$$

$$N_i = C \cdot \left(\frac{2\pi}{S \cdot \tau_i}\right)^2 \cdot \Delta\tau_i. \quad (16)$$

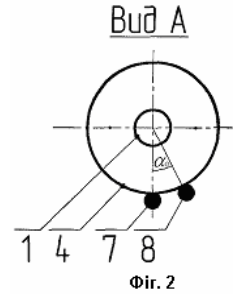
Розроблено діючий макет динамометра-тахометра-ватметра професора Грабара, на якому проведено серію дослідів. Отримані результати підтвердили можливість практичної реалізації винаходу.

Література:

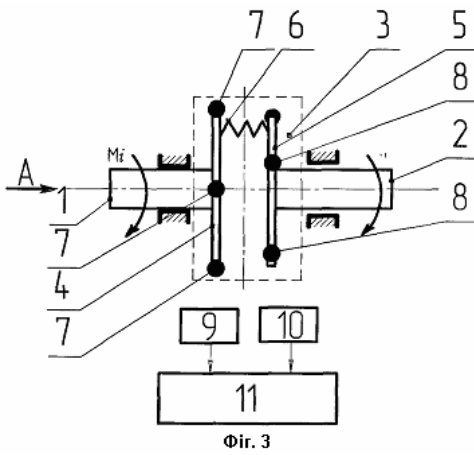
1. Исследования и изобретательство в машиностроении: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / М.Ф. Пашкевич, А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожура, В.М. Пашкевич // Под общ. ред. М.Ф. Пашкевича. - Мн.: Адукацыя і выхавання, 2005. - 287 с.: ил.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. - Изд. 9-е, М.: Наука, 1974. - 480 с.
3. Продукция Mezservis Vsetin // Техника в движении, ООО «Элтехникс», 2004.



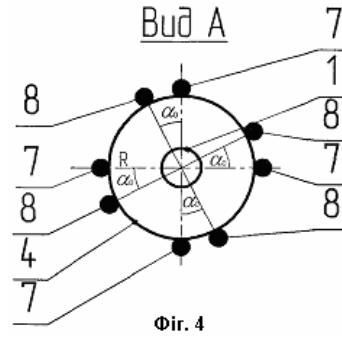
Фиг. 1



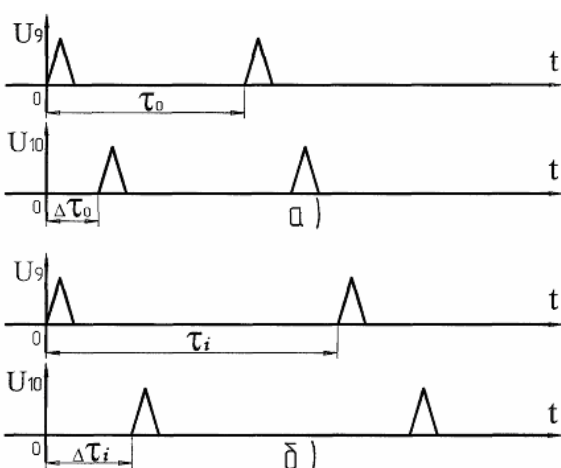
Фиг. 2



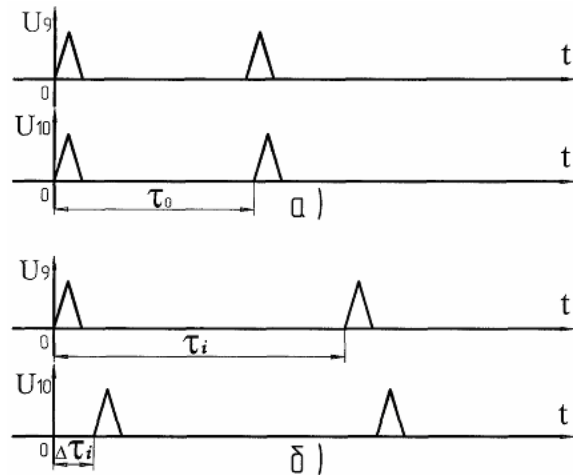
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6