

$$\lambda_0 = \left[ \frac{1}{m} \sum (S_{i0} - \bar{S}_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Визначення параметрів здійснюється на основі такого підходу:

$$S_0 = \bar{S}_0 + 2\lambda_0 \quad (6)$$

Значення узагальнюючого показника, що до-рівнює одиниці, буде відповідати середньому значенню [8].

### Висновки

Здійснення процесів глобалізації в три-валій перспективі являє собою зумовлений об'єктивними причинами і принципово неминучий шлях розвитку людства, успішність участі певних країн у реалізації інтеграційних зрушень, який в майбутньому великою мірою визначатиме стан конкурентних позицій національних еко-номік в умовах єдиного світового ринку. Метою участі держав у здійсненні глобальних транс-формацій стає широке долучення до формування інтегрованої системи світогосподарських зв'язків за умови створення дієвого механізму запобігання поширенню негативних наслідків загальносвіто-вих перетворень.

Мірою рівня відкритості національної туристичної індустрії для дії сил міжнародної конкуренції може бути узагальнюючий показник, що змодельований у вигляді таксонометричного коефіцієнта розвитку багатомірних об'єктів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. – Перевод с англ. / Д. Белл. – М.: Academia, 1999. 956 с.
2. Вишневська О. Феномен туризму у сучасному соціокультурному просторі : монографія / О. О. Вишневська. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – 296 с.
3. Гальчинський А. Становлення інвестиційної моделі економічного росту України / А. Гальчинський, С. Львовчкін // Економіка України. – 2004. – №6. – С.4–11
4. География мирового хозяйства: учеб. пособие / Ред. А. П. Голиков / А. П. Голиков, Ю. П. Грицак, Н. А. Казакова, В. И. Сидоров. – К.: Центр учеб. лит., 2008. – 192 с.
5. Любіцева О. Ринок туристичних послуг (геопросторові аспекти) / О.О. Любіцева. – К.: Альтерпрес, 2002. – 436 с.
6. Лукинов І. Східний та західний вектори політики загально-світової трансформації / І. Лукинов // Економіка України. – 2001. – №7. – С. 4–7.
7. Парфіненко А. Національна держава і міжнародний туризм у вимірах глобалізації. Вступ до курсу «Туристичне країнознавство» / А. Ю. Парфіненко. – Харків: Бурун Книга, 2009. – 128 с.
8. Портер М. Стратегія конкуренції: Методика аналізу отраслей и деятельности конкурентов / М. Е. Портер / Перевод с англ. – К.: Основа, 1997. – 584 с.

УДК 621.318.1

## СИНТЕЗ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ У ПРИЛАДО-І МАШИНОБУДУВАННІ НА ПОСТІЙНИХ МАГНІТАХ



**В. І. Гриценко**, канд. техн. наук,  
**В. М. Зіненко**, канд. техн. наук,  
**В. О. Тарасов**, докт. техн. наук

Постійні магніти завдяки досягнутим високим характеристикам сплавів широко використовуються в різних галузях техніки, зокрема для створення постійного магнітного поля в пристроях, які перетворюють електричну енергію в механічну [3], а також механічну енергію в електричну. У ряді випадків за допомогою постійних магнітів створюють механічну силу, яка діє в механічних опорах і фіксаторах на деталі з феромагнітних

матеріалів.

Магнітна опора – пристрій, в якому за рахунок використання статичних магнітних сил обмежуються одна або декілька ступенів свободи, за винятком свободи, яка потребується (наприклад, свобода кутового або лінійного переміщення), зветься удосконаленою, а стан рухомого елемента магнітної опори – левітацією. До таких опор належать силові магнітні підвіси.

Левітуюче тіло повинно знаходитись у стійкій рівновазі без механічної або іншої немагнітної підтримки [2]. Умова для левітації – стійкість рівноваги тіла, що знаходиться під дією випадкових збурюючих зусиль. У системі, яка складається з левітуючого тіла, джерел фіксуєючих полів і середовища, що їх оточує, для здійснення левітації необхідно і достатньо, щоб перша похідна енергії системи по зміщенню левітуючого тіла в будь-якому напрямку від точки рівноваги була негативною. Негативний знак похідної свідчить про те, що енергія системи має бути мінімальною, коли левітуюче тіло знаходиться в точці рівноваги. Це означає, що для здійснення левітації необхідно і достатньо створити навколо точки рівноваги «потенціальну яму». З теорії поля відомо, що в однорідному середовищі статичні поля не можуть створювати потенціальні ями.

Усі магнітні опори можна розподілити на три групи: феромагнітну, діамагнітну і змішану [1]. Опори феромагнітної групи використовуються як підшипники, підп'ятники і підвіси, вантажопідйомність яких може сягати кількох тон. Для забезпечення стійкості у склад цих опор вводиться підтримка (механічна, магнітна, гідравлічна тощо). Опори діамагнітної групи використовуються тільки у вимірювальних приборах спеціального призначення (високочутливі ваги, акселерометри тощо), підйомна сила яких звичайно не перевищує  $5 \cdot 10^{-3}$  Н. Опори змішаної групи здатні розвивати підйомну силу 0.5 Н, але для її отримання потрібні сильні магнітні поля.

Широке застосування знайшли феромагнітні опори з магнітном'якою арматурою (з великою порядку десятків тисяч проникністю і високою індукцією насичення). Завдяки повному використанню магнітного потоку ці опори здатні розвивати великі зусилля і працювати при високих швидкостях обертання, які лімітуються тільки міцністю матеріалу ротора [2]. Вони широко застосовуються як розвантажуючі пристрої для зменшення навантаження швидкохідних механічних опор, а отже – суттєвого збільшення їхньої довговічності.

Описані в цій роботі силові магнітні відштовхувачі з регульованою силою відштовхування, які утворюють силові магнітні підвіси, належать до феромагнітних опор з магнітном'якою арматурою (екранами). Ці силові магнітні підвіси завдяки силовим магнітним відштовхувачам з регульованою силою відштовхування здатні сприймати навантаження до 10 – 11 кН без зміщення левітуючого тіла (вал шпindelної опори) з точки рівноваги.

Застосування таких пристроїв, які забезпе-

чують точне балансування обертових валів у різноманітних агрегатах приладо- і машинобудівництва, як довели проведені дослідження, можливе лише в разі використання керуючих інформаційних технологій. Розглянемо синтез цих пристроїв на прикладі суперпрецизійної шпindelної опори. За жорсткістю ці опори на постійних магнітах не поступаються аеростатичним опорам.

### Основні параметри магнітнотвердих матеріалів

Магнітнотверді матеріали, з яких виготовляються постійні магніти, характеризуються широкою петлею магнітного гістерезису з великою коерцитивною силою  $H_c$  і малою магнітною проникністю (рис. 1). Для них найважливішою характеристикою є ділянка низгідної петлі магнітного гістерезису, який заключається між значеннями залишкової індукції  $B_r$  і  $H_c$ . Ця ділянка називається кривою розмагнічування (рис. 1б).

Розглянемо дію розмагнічуючого ефекту на положення робочої точки постійного магніту [3]. Нехай зразок у вигляді тороїда з магнітнотвердого матеріалу намагнічений до насичення за допомогою намагнічуючої обмотки. Після проходження току в обмотці в тороїді зберігається залишковий потік і індукція буде дорівнюватися залишковій індукції  $B_r$ . Розріжемо тороїд упоперек і розведемо його половини. Магнітний потік має пройти не тільки по матеріалу зразка, але і через повітряний проміжок. Магнітний опір на шляху потоку збільшиться, а потік зменшиться від  $B_r$  до  $B_o$  по кривій розмагнічування (рис. 1а). Положення робочої точки  $B_o$  у цьому випадку визначиться перетином кривої розмагнічування і прямої, тангенс кута нахилу якої до осі абсцис пропорційний проникності шляху по повітрю між двома половинами тороїда. При їхньому зближенні індукція знову буде збільшуватись, але вже по кривій повернення і під час повного зіставлення полюсів досягне значення  $B_r$ . При подальших циклах замикань і розмикань кінців магніту робоча точка буде переміщуватись між точками  $B_r$  і  $B_o$  по одній з кривих часткового циклу гістерезису, що являють собою вузькі петлі з вершинами, які лежать на кривій розмагнічування. У більшості випадків ці петлі замінюють лініями магнітного повернення. Якщо розмагнічувальне поле перевищує  $I_{\delta}$ , робоча точка залишатиметься в межах лінії повернення  $\hat{A}_r$ ,  $\hat{A}_o$ . Оскільки в практичному використанні зразка розмагнічувальне поле не перевищує визначеної величини, робоча точка завжди буде знаходитись на лінії повернення. У цьому випадку має місце лінійний зв'язок між

індукцією і напруженістю поля, а властивості зразка будуть оборотними.

Положення лінії повернення характеризується точкою, в якій вона починається на лінії розмагнічування (точка відходу  $\hat{A}_r$ ), а також кутовим коефіцієнтом, який являє собою проникність  $\mu_\Delta$  (коефіцієнтом повернення  $\rho$ ):

$$\rho = \mu_\Delta = \Delta \hat{A} / \Delta H \quad (1)$$

Якщо прийняти, що крива розмагнічування (рис. 2) проходить через точки  $B_r$  і  $H_c$ , то отримаємо такий аналітичний вираз кривої розмагнічування:

$$B_o = B_r (H_c - H_o) / (H_c - \alpha H_o). \quad (2)$$

$$\alpha = B_r / B_o. \quad (3)$$

На рис. 2 б наведено графік залежності магнітної енергії ( $B_o H_o / 2$ ) від  $B_o$  для матеріалу, крива розмагнічування якого зображена на рис. 2а. Максимум енергії відповідає точці, яка лежить на перетині кривої розмагнічування з прямою  $\hat{I} \hat{I}^1$ .

### Стабільність постійних магнітів

Магнітний потік, який створюється постійним магнітом, змінюється під дією зовнішніх умов (магнітні поля, механічні навантаження, вплив сусідніх феромагнітних мас).

Розрізняють структурну і магнітну нестабільність. Структурна нестабільність пов'язана з кристалічною будовою, зменшенням внутрішніх напруг, фазовими перетвореннями тощо. Ступінь структурного старіння для різних матеріалів надто

різний і може бути поновлений тільки в результаті регенерації структури.

Причина магнітної нестабільності полягає у зміні магнітної структури речовини, яка наближається до встановлення стійкої термодинамічної рівноваги як у часі, так і в разі зміни зовнішніх умов. Магнітна нестабільність має поворотний і неповоротний характер. Якщо після повернення зовнішніх умов до вихідних магнітні властивості поновлюються, то мають місце поворотні зміни. Магнітне старіння постійних магнітів залежно від марки матеріалу і положення робочої точки змінюється від десятих часток відсотка до кількох відсотків на рік. Основними методами магнітної стабілізації є часткове розмагнічування магніта й обробка його температурними циклами. У результаті магнітної стабілізації вдається зменшити неповоротні зміни магнітної індукції до сотих часток відсотка. Зміну магнітних властивостей стабілізованого магніта оцінюють за допомогою температурного коефіцієнта магнітної індукції

$$\alpha_B = \frac{\Delta B}{B \Delta \vartheta}, \quad (4)$$

де  $B$  – магнітна індукція при початковій температурі;

$\Delta \vartheta$  – зміна температури;

$\Delta B$  – змінювання магнітної індукції, яке викликане зміною температури на  $\Delta \vartheta$ .

### Синтез прецизійної шпindelьної опори на постійних магнітах

На рис. 3 зображена шпindelьна опора на постійних магнітах з валами: несучим 2, вихідним 3 і хвостовиком 4. Усі вали – одного діаметра. По

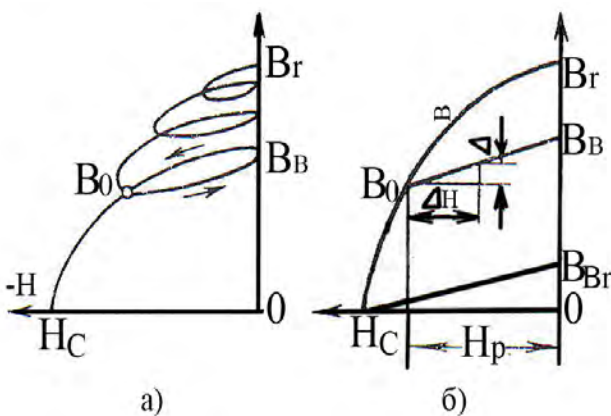


Рис. 1. Робоча частина петлі гістерезису магнітотвердого матеріалу:  
а – положення робочої точки під час розмагнічування;  
б – положення робочої точки під час дії розмагнічуючого поля  $\hat{I}_\delta$

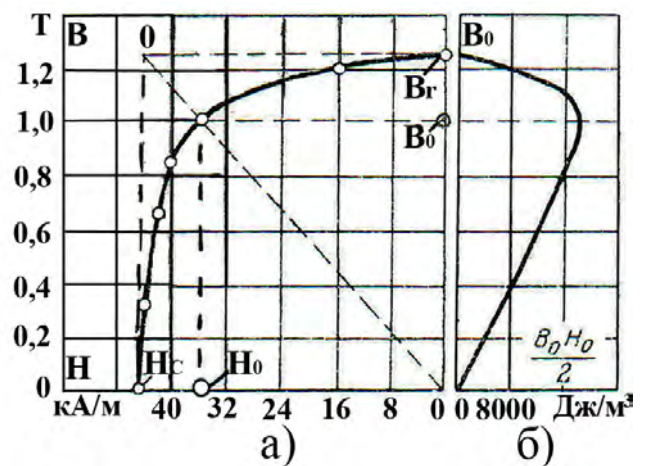


Рис. 2. Залежність корисної енергії постійного магніта від вибору робочої точки на кривій розмагнічування:  
а – крива розмагнічування;  
б – крива корисної енергії

краях несучого вала в екранах установлені магніти 8 вала. у корпусі 1 опори в перерізах по Б – Б і В – В над магнітами 8 вала встановлені силові магнітні відштовхувачі 11. Їхні постійні магніти 9 переміщуються п'єзoeлектричними двигунами 13. Полюси магнітів 9 спрямовані до однойменних полюсів магнітів 8 вала Б – Б. Магніти 9 силових магнітних відштовхувачів 11 установлені з зазором  $l_{\zeta}$  відносно магніта 8 вала.

Як відомо, однойменні полюси магнітів відштовхуються. Розглянемо силу відштовхування між силовим магнітним відштовхувачем і магнітом вала. Магніти 9 силових магнітних відштовхувачів розташовані в екранах 12, які виконані з магнітнотімного матеріалу. Ці екрани являють собою магнітопровід, магнітним потоком поза яким можна знехтувати. Отже, магнітні потоки зосереджені в зазорах між відкритими полюсами магнітів 9 і 8.

Сила відштовхування між силовим магнітним відштовхувачем і магнітом вала розраховується за формулою [2]

$$F_{\text{від}} = \frac{B_{M\text{від}}^2 S_n}{\mu_0 [1 + 2l_3 / Q_M l_{M\text{від}}]^2} + \frac{B_{M\text{вала}}^2 S_n}{\mu_0 [1 + 2l_3 / Q_M l_{M\text{вала}}]^2} \quad (5)$$

де:  $Q_M$  – магнітна жорсткість магнітів 9 і 8;

$l_3$  – величина зазору між магнітом відштовхувача і магнітом напрямної;

$\mu_0$  – магнітна постійна;

$B_{M\text{від}}^2 B_{M\text{вала}}^2$  – індукції магнітів силового магнітного відштовхувача і магніта вала;

$l_M = (l_{M\text{від}} + l_{M\text{вала}}) / 2$  – середня довжина магнітів силового магнітного відштовхувача і магніта вала;

$S_f$  – площа полюсів магніта. Площа магніта 8 дорівнює площі магніта 9.

У момент, коли різниця сили відштовхування  $F_{\text{від}}$  силового магнітного відштовхувача, установленого по півосі  $-Y^A$  системи координат  $\vec{O}^A \vec{I}^A Y^A$  у перерізі по Б – Б опори, і магніта

вала, і сила відштовхування  $F_{A^2A}$  силового магнітного відштовхувача, установленого по півосі  $+Y^A$  системи координат  $\vec{O}^A \vec{I}^A Y^A$  у перерізі по Б – Б опори і вала – магніта будуть дорівнювати

радіальному навантаженню в перерізі по Б – Б шпindelної опори на постійних магнітах, вал опори буде займати нове положення. При цьому сила відштовхування між цими магнітами при їхній намагніченості  $M = 1,592 \cdot 10^6$ , магнітній індукції 2 Тл, і  $l_{\zeta} = 50$  мкм дорівнює 1313 Н. За цих же параметрів магнітів і  $l_{\zeta} = 40$  мкм дорівнює

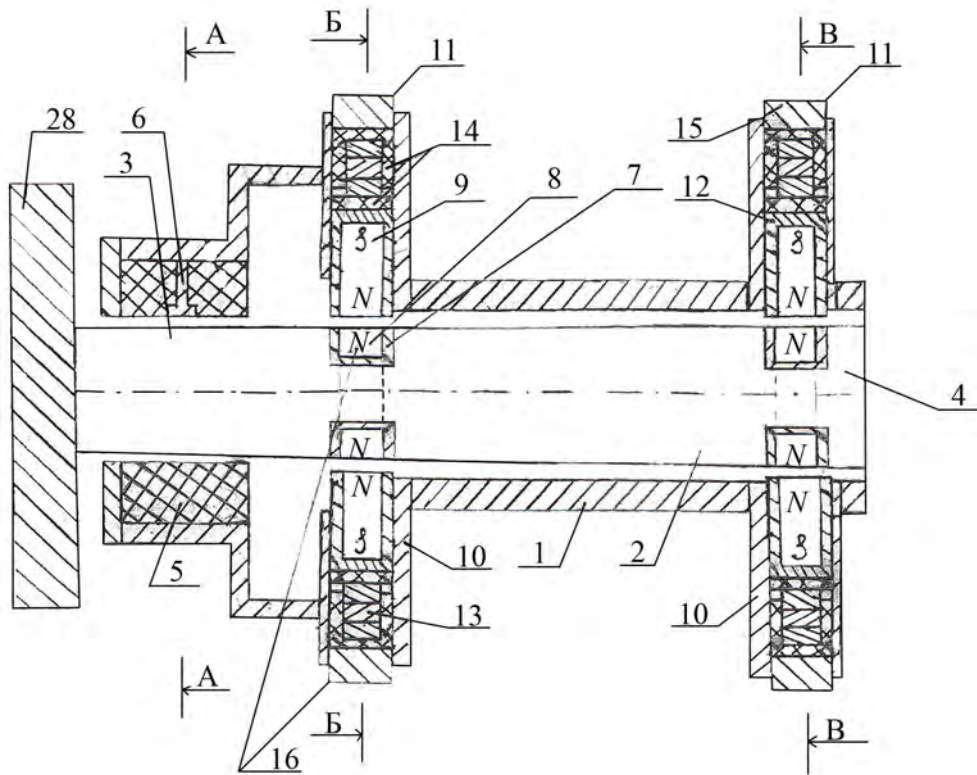


Рис. 3. Радіальна шпindelна опора на постійних магнітах

2052 Н. Це означає, що жорсткість одного силового магнітного підвісу дорівнює 73,9 Н / мкм.

Шпindelьна опора на постійних магнітах оснащується пристроєм управління положенням вала опори. Цей пристрій шляхом зміни величин зазорів між магнітом 8 і магнітами 9 п'єзоелектричними двигунами 13 відштовхувачів постійно компенсує радіальне навантаження на вал опори і запобігає його зміщенню.

Сила відштовхування між магнітом вала і магнітними силовими відштовхувачами визначається їхньою індукцією, площиною полюсів, середньою довжиною магнітів і зазором між ними

У корпусі 1 шпindelьної опори в керамічних втулках 5 у перерізі по А – А опори по півосям  $+X^A$  і  $+Y^A$  системи координат  $\vec{O}^A \hat{I}^A Y^A$  (рис. 4) установлені датчики 6 положення вала шпindelьної опори.

Керамічні втулки застосовуються як ізолятори датчиків, а також послаблюють дію стороннього магнітного поля на них. Датчики положення вала шпindelьної опори використовують для вимірювання величин зазорів між основами датчиків і вихідним валом 3 для забезпечення стабілізації радіального положення вала шпindelьної опори на постійних магнітах.

По краях несучого вала 2 в ізоляторах 7 установлені магніти 8 вала, які мають вигляд порожнистих циліндрів з полюсами на внутрішній і зовнішній бокових поверхнях. Екран 7, виконаний з магнітнотривкого матеріалу (пермюндера) [2] з високою магнітною проникністю ( $\mu_r \geq 60000$ ), високою індукцією насичення ( $B_r > 10 \text{ Тл}$ ) забезпечує концентрацію магнітного поля між магнітами вала і магнітами силових магнітних відштовхувачів, а також перешкоджають проникненню магнітних потоків розсіювання у вихідний вал 3 і далі – під

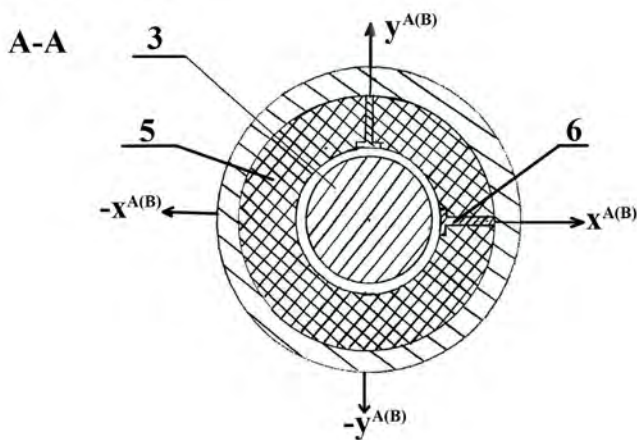


Рис. 4. Датчики величин зазорів у перерізах А – А опори

датчики положення вала.

У перерізах по Б – Б і В – В шпindelьної опори у втулках 10 установлені силові магнітні відштовхувачі 11 з керованою силою відштовхування між ними і магнітами вала (рис. 5). Кожний силовий магнітний відштовхувач включає в себе магніт, виконаний із закритичного магнітного матеріалу, наприклад, фериту або рідкоземельного магнітного матеріалу з коерцитивною силою  $H_c$  до 400  $kA/m$  і енергією до 25000  $\text{Å}\alpha / i^3$ . Такі магніти не зазнають розмагнічування в сильних магнітних полях [2].

Магніти силових магнітних відштовхувачів установлені в екрани 12, які виконані з магнітнотривкого матеріалу, що також забезпечує зосередження їхнього магнітного потоку в зазорах між магнітом вала і магнітом силового магнітного відштовхувача.

Переміщення магнітів 9 здійснюється п'єзоелектричними двигунами 13. П'єзоелектричні двигуни встановлені в ізолятори 14.

Регульовальний гвинт 15 використовують для установки початкової величини зазору між магнітом силового магнітного відштовхувача і магнітом вала, а отже, для установки між ними початкової сили відштовхування. Магніти відштовхувачів і магніти вала спрямовані один до одного однойменними полюсами.

У перерізах опори по Б – Б і В – В по осях систем координат  $\vec{O}^{B \hat{I} B} Y^B$  і  $\vec{O}^{V \hat{I} V} Y^V$  (див рис. 5) установлені по чотири силових магнітних відштовхувачі, які в цих перерізах вала з магнітами 8 вала утворюють силові магнітні підвіси 16, причому осі систем координат  $\vec{O}^A \hat{I}^A Y^A$  і  $\vec{O}^{B \hat{I} B} Y^B$

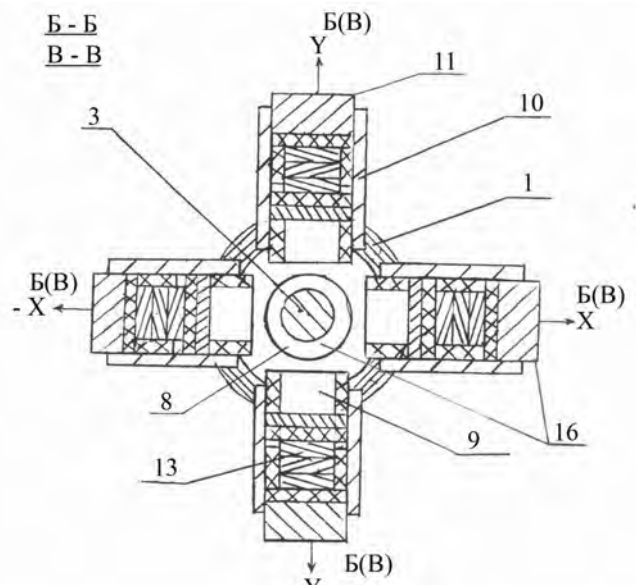


Рис. 5. Силові магнітні підвіси в перерізах по Б – Б і В – В опори

паралельні осям системи координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$ . Силкові магнітні підвіси утримують вал опори у виваженому стані, запобігають зміщенню вала опори з заданого положення під дією радіального навантаження.

Пристрій 17 автоматичного управління положенням вала шпindelної опори на постійних магнітах (рис. 6) включає задатчик 18, який служить для установки заданої величини зазорів під датчиками 6 положення вала, установлених по півосях  $+X^A$  і  $+Y^A$  системи координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  в перерізі по  $A - A$  опори.

З виходу задатчика 18 сигнал надходить на перші входи першого 19 і другого 20 диференційних підсилювачів сигналу неузгодження.

Диференційні підсилювачі 19 і 20 виробляють сигнали неузгодження, які є пропорційними величинам зазорів під відповідним датчиком положення вала від заданих за датчиком величин цих зазорів. Сигнали датчиків положення вала опори надходять на входи першого 21 і другого 22 вимірювачів величини зазору. Сигнали вимірювачів 21 і 22 надходять на другі входи диференційних підсилювачів 19 і 20 сигналів неузгодження, відповідно. Як вимірювачі величини зазорів використовуються вимірювачі мікропереміщень, погрішність вимірювання яких не перевищує  $10^{-3} \div 10^{-4}$  величини зазору.

З виходів першого диференційного підсилювача сигналу неузгодження сигнал надходить на входи підсилювачів 23 і 24, а з їхніх виходів через вимикач 25 – на п'єзоелектричні двигуни силкових магнітних відштовхувачів, установлених по півосях  $+\tilde{O}^A z - \tilde{O}^A$ ,  $+\tilde{O}^B z - \tilde{O}^B$  систем координат

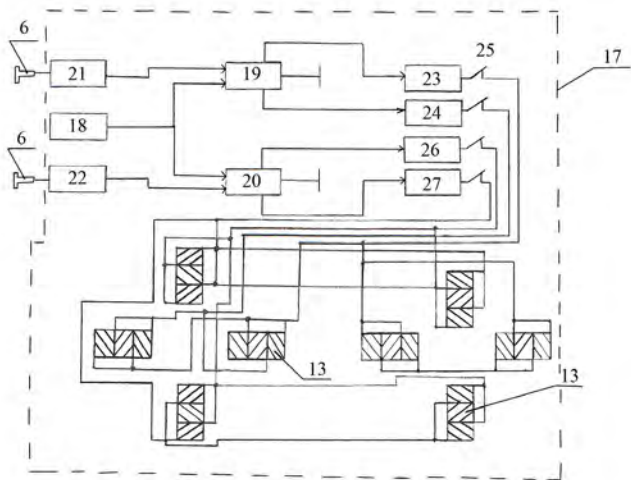


Рис. 6. Функціональна схема пристрою управління радіальним положенням вала опори

$\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  і  $\tilde{O}^B \hat{I}^B Y^B$ . П'єзодвигуни силкових магнітних відштовхувачів, які встановлені по одній осі систем координат, живляться в протифазі. Залежно від напрямку зміни величини зазору магніт одного із силкових магнітних відштовхувачів наближається до магніта вала і збільшує силу відштовхування, а другого – віддаляється від магніта вала і зменшує силу відштовхування. У результаті по цій осі координат під дією сил відштовхування вал займе задане положення.

З виходів другого диференційного підсилювача сигналу неузгодження сигнал надходить на входи підсилювачів 26 і 27, а з їхніх виходів через вимикач 25 – на п'єзоелектричні двигуни силкових магнітних відштовхувачів 11, установлених по півосях  $+Y^B$  і  $-Y^B$ ,  $+Y^B$  і  $-Y^B$  систем координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  і  $X^B O^B Y^B$ . На вихідному валу 4 встановлена планшайба 28.

Працює шпindelна опора на постійних магнітах так: вимикачі встановлюють в положення «увімк.» і підключають підсилювачі 23, 24, 26, 27 до п'єзоелектричних двигунів силкових магнітних відштовхувачів. Пара п'єзоелектричних двигунів силкових магнітних відштовхувачів, установлених по одній осі координат, зустрічно підключена до відповідних підсилювачів.

На виході задатчика установлюють напругу, яка дорівнює вихідним напругам вимірювачів 21 і 22 при розрахунковій величині зазору під датчиками положення вала шпindelної опори.

За показаннями вимірювачів 21 і 22 величин зазорів зміщують регульовальними гвинтами магніти силкових магнітних відштовхувачів 11, а отже, і вал опори під датчиками положення вала опори, розміщеними в перерізі по  $A - A$  опори, і встановлюють розрахункові величини зазорів.

Нехай під дією радіального навантаження зазор під датчиком положення вала опори, установленого по півосі  $+X^A$  системи координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  в перерізі по  $A - A$  шпindelної опори на постійних магнітах опори, стане більшим. Отже, збільшиться напруга на другому вході диференціального підсилювача 19. У результаті на виході диференційного підсилювача 19 виникає різниця потенціалів. Напруга з виходів диференційного підсилювача 19 через підсилювачі 23 і 24 надходить на п'єзоелектричні двигуни силкових магнітних відштовхувачів, установлених по осях  $\tilde{O}^A$  і  $X^B$  систем координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  і  $X^B O^B Y^B$  у перерізах по  $B - B$  і  $B - B$  опори.

Унаслідок цього п'єзоелектричні двигуни силкових магнітних відштовхувачів, установлених

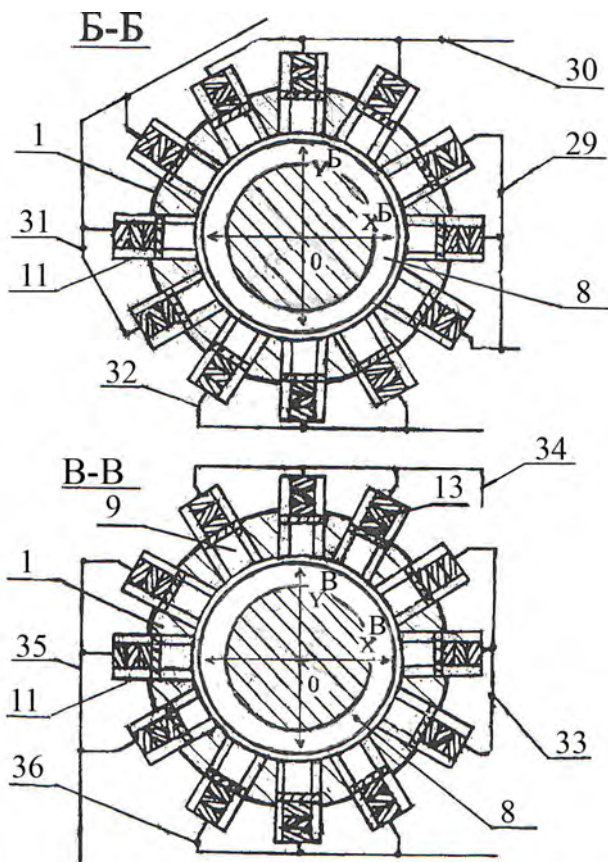


Рис. 7. Групи силових магнітних підштовхувачів у перерізах по Б – Б і В – В опори

по півосях  $-\tilde{O}^A$  і  $-X^B$  подовжуються. Зазори між магнітом вала і магнітами силових магніт-

них відштовхувачів зменшуються, а отже, сила відштовхування між ними збільшується.

П'єзоелектричні двигуни силових магнітних відштовхувачів, установлених по півосях  $+\tilde{O}^A$  і  $+X^B$  укорочуються. Зазори між магнітами вала і магнітами силових магнітних відштовхувачів збільшуються, а сила відштовхування між ними зменшується.

Під дією сил відштовхування вал опори зміститься в напрямку півосей  $+X^A$  і  $+X^B$  і займе початкове положення.

Для підвищення піднімальної сили і жорсткості шпиндельної опори на постійних магнітах у перерізах опори по Б – Б і В – В по осях систем координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  і  $\tilde{O}^B \hat{I}^B Y^B$  можуть установлюватися по чотири групи (рис. 7): 29, 30; 31, 32; 33, 34; 35, 36 паралельно підключених силових магнітних відштовхувачів, які з магнітами вала утворюють силові магнітні підвіси.

Кожну групу силових магнітних відштовхувачів установлюють симетрично відносно осей систем координат  $\tilde{O}^A \hat{I}^A Y^A$  і  $\tilde{O}^B \hat{I}^B Y^B$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Калашиников С. Г. Электричество. – М.: Наука, 1970.
2. Пятин Ю. М. Постоянные магниты. – М.: Энергия, 1980.
3. Сливинская А. Г. Электромагниты и постоянные магниты. – М.: Энергия, 1972.
4. Гриневич Б. Ф. Измерительные компенсационно-мостовые устройства с емкостными датчиками. – К.: Наукова Думка, 1987.

## УкрІНТЕІ надає послуги:

видавничо-поліграфічні

521-09-37, 521-09-06

тиражування матеріалів

повнокольоровий друк

комп'ютерний набір і верстка

додрукарська підготовка та післядрукарська обробка

наукове й літературне редагування науково-економічних та інформаційних матеріалів

виготовлення брошур, журналів, каталогів, буклетів, бланків

з організації виставкової діяльності

521-00-18

організація і проведення тематичних

виставок і виставок-ярмарків