

Рис. 2. Функциональная схема системы управления с комбинированным параметрическим управлением.

ющего работой транзисторов силовой части, задавая на него новое значение $\gamma[n]$. В функциональной схеме отсутствует связь по питающему напряжению. Этого можно добиться путем нормирования всех входных величин системы по величине E , Аналоговые величины $U_{n \min}$ и $U_{n \max}$ вводятся в систему управления через АЦП, в качестве опорного напряжения которого используется E . Величина управляющего тока I_u также нормируется: на схему подается нормированный управляющий сигнал: I_u/E . Если управляющий сигнал аналоговый, то он также преобразуется АЦП с опорным напряжением E . При цифровом управ-

ляющем сигнале он делится на E помощью таблицы деления, зашитой в ПЗУ микроконтроллера. Ограниченность диапазона изменения E при этом препятствует возникновению больших погрешностей дискретизации при делении. В схеме существует функциональный блок, осуществляющий защиту от режима холостого хода: при превышении напряжением на нагрузке предельного значения на величину ΔU формируется управляющий импульс на силовой тиристор с приращением $\Delta \gamma = -k \cdot \Delta U$, где k - размерный коэффициент, выбираемый при анализе САУ. Контур стабилизации тока нагрузки при этом не функционирует.

Выводы

Параметрическое управление позволяет осуществить обратную связь по току при отсутствии в схеме датчиков тока и интеграторов. Предложены два способа параметрического управления без использования датчика тока и интегрирующих элементов (по внешним характеристикам и по интервалу проводимости диода).

Литература

1. Булатов, О.Г., Царенко А.Л. Тиристорно-конденсаторные преобразователи, М: Энергоатомиздат, 1982г.
2. Ранькис, И.Я. Оптимизация параметров тиристорных систем импульсного регулирования тягового электропривода / И.Я. Ранькис.- Рига.: Зинатке, 1985.-206 с.

Запропоновано новий підхід до створення безконтактних приводів робочих органів машин різного призначення на основі структурного синтезу. Теоретично обґрунтовується наявність певних структурних та конструктивних елементів у безконтактному приводі

Ключові слова: безконтактний привод, робочі органи, структурний синтез

Предложен новый подход создания бесконтактных приводов рабочих органов машин разного назначения на основе структурного синтеза. Теоретически обосновывается наличие определенных структурных и конструктивных элементов в бесконтактном приводе

Ключевые слова: бесконтактный привод, рабочие органы, структурный синтез

A new approach in creating non-contact drives for working bodies of machines of different function based on structural synthesis was suggested. The existence of certain structural and design elements in non-contact drive is being theoretically explained

Key words: non contact drive, working bodies, structural synthesis

УДК 621.01: 62-882

СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ БЕЗКОНТАКТНИХ ПРИВОДІВ РОБОЧИХ МАШИН

В.Е. Брешев

Кандидат технічних наук, доцент*
 кафедра "Обладнання електронної промисловості"
 Контактный тел. (0642) 41-44-97, 095-13-95-105
 E-mail: oepvnu@mail.ru

О.В. Брешев

Аспірант
 кафедра «Машинознавство»
 *Східноукраїнський національний університет імені
 Володимира Даля.
 кв. Молодіжний, 20-А, м. Луганськ, Україна, 91034
 Контактный тел. (0642) 53-85-65, 095-871-82-56
 E-mail: abreshev@gmail.com

Вступ

Одним з ефективних шляхів вирішення комплексного завдання вдосконалення машин для підвищення їх продуктивності та надійності, при одночасному зниженні собівартості, є використання безконтактних приводів робочих органів (РО) машин. Безконтактний привод РО є прямим приводом (прямої дії), у якому створений механічний рух тіла – робочого органа – не перетворюється та не передається іншим вузлам, а відразу використовується для здійснення корисної роботи. У машинобудуванні прямі приводи знаходять все більш широке застосування. Впровадження нових технічних рішень, матеріалів і технологій, використання керуючої електроніки дозволили сучасним прямим приводом, у низці випадків, замінити приводи з механічними передачами. У сучасному прямому приводі досягнуте багаторазове збільшення крутного моменту (до 15000 Н м) і зусиль при поступальному русі (до 10000 Н), досягнуті окружні швидкості до 50 м/с, висока рівномірність руху та мікрометрична (до 1...3 мкм) точність позиціонування [1].

Розробка безконтактного привода починається з визначення його структури. Взагалі цей процес підпорядкований вирішенню комплексного завдання вдосконалення машини, вимагає визначення тих принципів та умов побудови структури, які підвищують її ефективність та технічний рівень. Але для синтезу безконтактного привода ключовим та найскладнішим питанням є стійкість руху РО, тому вибір структури підпорядкований, насамперед, задачам динаміки привода.

У роботі розглядається структурний синтез безконтактних приводів РО машин різного призначення. Теоретично обґрунтовується наявність певних структурних і конструктивних елементів привода, надається загальний опис їх функціональної взаємодії, формулюються основні вимоги до елементів структури, а також запропоновано узагальнений алгоритм структурного синтезу безконтактного привода.

Структурний синтез безконтактного приво́ду

У безконтактних приводах робочі органи машин, залежно від призначення, можуть робити обертальне, поступальне, плоско-паралельне або просторовий рухи. Визначимо принципи побудови структури безконтактного привода, склад і умови взаємодії елементів даної структури при функціонуванні привода певного призначення. При цьому будемо виходити із принципів відмінностей, які має безконтактний привод у порівнянні з приводами, що використовують механічний зв'язок для приведення до руху РО та механічні опори для фіксації положення РО при русі.

Відмінною рисою безконтактного привода є відсутність механічного зв'язку РО з нерухливою частиною привода. У робочому просторі безконтактного привода, де розміщується РО, формується поле потенційних сил різної природи, що приводять його до руху. Таким чином, між статичною частиною привода та робочим органом, що рухається, існує пружний силовий зв'язок, який можна розглядати як деякий віртуальний пружний об'єкт. Цей зв'язок

виконує двоєдине завдання: створює заданий рух РО та утримує його у просторі, забезпечуючи стійкість положення при русі.

Рух створюється прикладанням рушійних сил (для поступального руху) або крутного моменту (для обертового руху), а стійкість положення при русі забезпечується прикладанням додатково відновлювальної пружної сили (ВУС), яка утримує РО при дії на нього технологічних сил, випадкових або систематичних збурень. Фактично ВУС визначає твердість безконтактної опори РО у приводі. Узагальнена структурна схема безконтактного привода робочих органів машин показана на рис. 1.

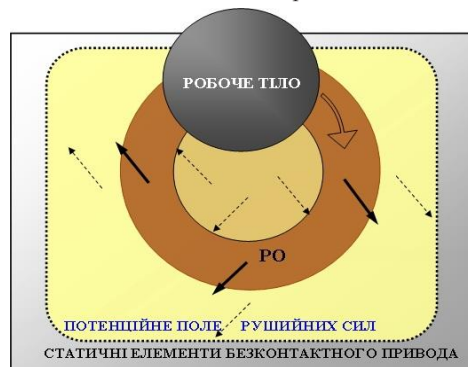


Рис. 1. Структурна схема безконтактного привода РО машини

Безконтактний привод працює в умовах відсутності постійного механічного контакту РО зі статичними елементами машини. При виконанні роботи РО без використання механічних опор рухається за встановленою траєкторією, а його центр мас рухається або займає фіксоване положення у просторі. Механічний контакт, характерний для стану спокою, переривається при розгоні РО та виході його на робочий режим руху. Конструктивно дане положення вимагає встановлення у робочому просторі машини зазорів, достатніх для надійного розділення РО зі статичними елементами привода та обтікання його потоком рідини або газу. Сили, що створюють рух та утримують РО, мають гідро-, аеро-, або електродинамічну природу, розподілені у просторі особливим чином та діють при наявності гарантованих зазорів.

Корисна робота відбувається у процесі контакту РО з робочим тілом (див. рис. 1). Це означає, що в безконтактному приводі повинні бути створені умови для підведення робочого тіла до рухомого РО. У випадку динамічних насосів та відцентрових компресорів робочим тілом є рідина або газ, які підводять уздовж осі обертання робочого колеса, що створює приблизно симетричне навантаження.

Структурний прототип РО безконтактного привода відцентрового насоса показаний на рис. 2.

Підведення рідини здійснюється уздовж осі обертання робочого здвоєного колеса 1 відцентрового насоса, а з'єднане з ним спицями мідне кільце 2 створює крутний момент і ВУС (електродинамічної й гідродинамічної природи), яка утримує РО в робочому положенні. Відводиться рідина по периферії РО. Використання симетричного робочого колеса із двостороннім осьовим входом дозволяє зрівноважити

осьові сили та забезпечити його «лівітацію» у потоці рідини, яка обтікає з усіх боків. При цьому по зовнішньому діаметру робочого колеса може бути створений гідродинамічний підшипник. Його принцип дії полягає у тому, що наближення робочого колеса до стінки корпусу при радіальному зсуві приводить до локального підвищення тиску й виникнення додаткової ВУС гідродинамічної природи, яка спрямована проти виникаючого зсуву та забезпечує стабілізацію РО.

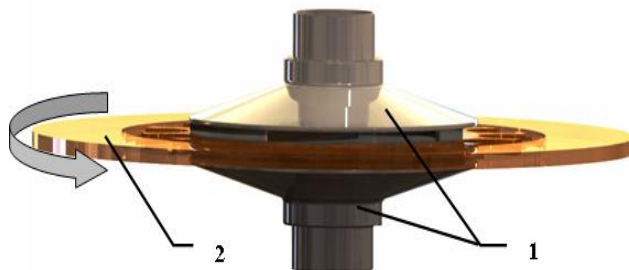


Рис. 2. Структурний прототип РО відцентрового насоса

У верстатах різання, де робочими органами є алмазні круги з внутрішньою ріжучою крайкою, монокристал (робоче тіло, яке розрізається) також підводиться зсередини й при різанні зміщується до периферії (рис. 3).

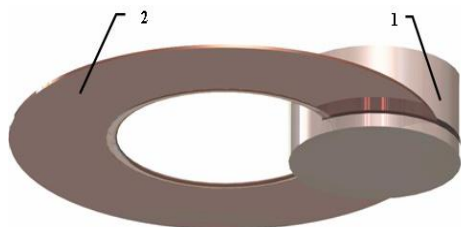


Рис. 3. Різання монокристала 1 алмазним кругом 2 з внутрішньою ріжучою крайкою

Але є дві важливі конструктивні та технологічні особливості. По-перше, не симетричність технологічного навантаження, тому що монокристал діє тільки на частину ріжучої крайки алмазного ріжучого круга, по-друге, відносно великі габаритні розміри монокристалу. Тому конструкція верстата різання з безконтактним приводом має особливості, які показані на рис. 4.

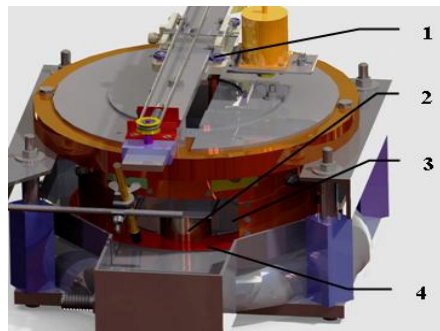


Рис. 4. Верстат різання з безконтактним приводом

Верстат різання має механізм подачі 1, який переміщує (подає) монокристал 2 через виріз 3 у нерухомому елементі привода. Переміщення забезпечує безперервний контакт робочого тіла з алмазним відрізним кругом 4, який не має механічного зв'язку з іншою частиною привода. Несиметричність технологічного навантаження приводить до зсуву алмазного відрізного круга від вихідного (центрального) положення та вимагає збільшення вільного ходу РО за напрямом руху монокристалу.

Аналогічну структуру та конструктивні особливості буде мати верстат з безконтактним приводом різального інструменту, що робить зворотно-поступальний рух при різанні робочого тіла (рис. 5).

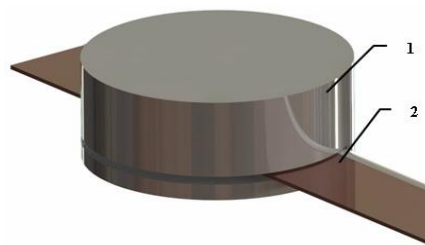


Рис. 5. Різання монокристала 1 при здійсненні різальним інструментом 2 зворотно-поступального руху

Прикладання до РО рушійних сил без використання механічного контакту дозволяє виключити з конструкції безконтактних приводів вали на підшипниках, що суттєво спрощує структуру привода. Відсутність механічної передачі дає можливість відділити РО, наприклад робоче колесо насоса, від іншої машини суцільною герметичною стінкою. Виконання РО корисної роботи в ізолюваному від машини середовищі надає суттєві переваги при проектуванні динамічних насосів. В [2, 3] описана конструкція та робота відцентрово-вихрового насоса з безконтактним приводом робочого колеса (рис.6).

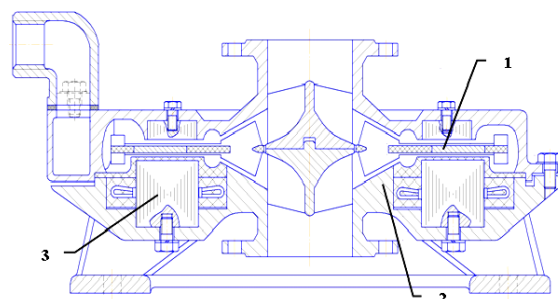


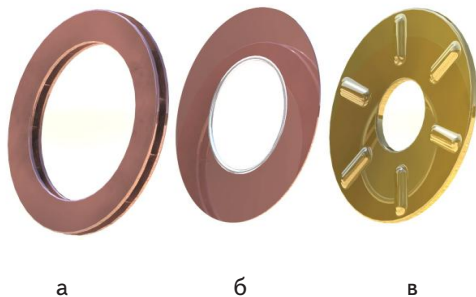
Рис. 6. Відцентрово-вихровий насос з безконтактним приводом робочого колеса

Насос має високі показники герметичності, надійності та безпеки, тому що не має ущільнень між поверхнями, що рухаються. Його робоче колесо 1 приводиться в обертання без механічного зв'язку з корпусом 2 та джерелом рушійних сил 3. При обертанні робоче колесо спливає в потоці рідини, яка перекачується.

РО в безконтактному приводі виконує подвійну функцію – сприймає та створює рушійні сил і ВУС,

а також виконує корисну роботу при взаємодії з робочим тілом. Відповідно до цього й структурно РО також складається із двох частин. Одна частина бере участь у створенні сил для забезпечення стійкого руху РО, а друга частина діє на робоче тіло при виконанні корисної роботи. Умовно їх можна назвати силовою та технологічною структурними частинами відповідно.

Розглянемо кілька прикладів РО. У колесі вентилятора дві кільцеві пластини формують рушійні сили та ВУС, а лопатки, які розміщено між ними, створюють потік газу. В алмазному відрізаному крузі кільцева пластина забезпечує створення крутного моменту і ВУС, а внутрішня алмазна крайка ріже кристал. Колесо сатуратора має тільки одну потужну кільцеву пластину для приведення його до руху, на якій виконано за одне ціле кілька радіальних лопотів, що перемішують рідину (рис. 7).



а б в

Рис. 7. РО вентилятора (а), верстата різання (б) і сатуратора (в)

Вказані РО можуть бути віднесені до нескладових (одинарних), тому що силова й технологічна структурні частини не розділені конструктивно.

У ряді випадків РО безконтактних приводів мають більш складну структуру, яка складається з двох, трьох і більше частин. Це обумовлене особливостями технологічного процесу, конструкцією машини й іншими причинами. Силовий потік у безконтактному приводі проходить короткий шлях (у межах РО), що також є одним з переваг запропонованого привода. Як відомо, скорочення шляху силового потоку приводить до скорочення непродуктивних втрат та є показником раціональності конструктивної схеми привода [4]. У більшості існуючих приводів силовий потік проходить більш довгий шлях. Рушійні сили й моменти формуються на одних елементах машини (наприклад, роторі електродвигуна або колесі турбіни), а потім механічним зв'язком передаються на РО, які сприймають сили технологічного навантаження й виконують роботу.

Прикладом складової структури РО є робоче колесо відцентрово-вихрового насоса (рис.8) конструкція якого запатентована [3].

Його структурна технологічна частина складається з двох гідравлічних ступенів – відцентрової 1, розташованої із внутрішньої сторони, і вихрової 2, розташованої зовні, а силова структурна частина представлена мідним кільцем 3 між ними.

Рушійні сили й відновлювальна пружна сила не передаються механічно, а формуються на РО при знаходженні його в потенційному силовому полі. Саме

розподіл у робочому просторі безконтактного привода сил різної природи визначає закон руху РО, потужність на ньому та стійкість робочого положення. Інакше кажучи, розподіл сил повинний бути таким, щоб забезпечити стійкий рух РО та достатню твердість його безконтактної опори.

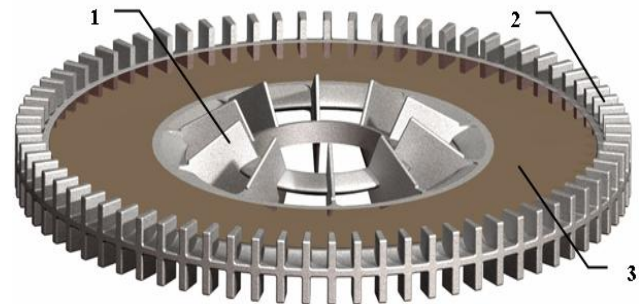


Рис. 8. Робоче колесо відцентрово-вихрового насоса

Пасивний безконтактний привод не використовує швидкодіючу систему, яка стежить за положенням РО та управляє його положенням регулюванням ВУС по зворотному зв'язку. Саморегулювання пасивного безконтактного привода відбувається виключно за рахунок перерозподілу сил при виникненні як завгодно малого зсуву РО, а тому визначається структурою й параметрами неоднорідного поля потенційних сил. При цьому величина й напрямок ВУС повинні забезпечувати достатній рівень твердості безконтактної опори, наявність або відсутність квазінульової твердості.

Структурно поле потенційних сил може бути єдиним цілим (нескладовим). Тоді в робочому просторі машини відбувається плавна зміна сил, що діють на РО в кожній його крапці. Якщо воно по своїй структурі складається з декількох частин (складене), то усередині кожної частини відбувається плавна зміна сил, а при переході від однієї частини до іншої розподіл діючих на РО сил змінюється ступінчато.

Складена структура поля сил, а, відповідно, і елементів привода, що його створюють, дозволяє механічну характеристику $p=f(M)$ безконтактного привода зробити більш "твердою". Одночасно збільшується твердість безконтактної опори РО проти зсуву від власного вихідного положення.

На рис. 9 показано фрагмент індуктора силового поля, який має три структурні частини та забезпечує стійкий рух вільного кільцевого ротора [5].

Поле рушійних сил породжується індуктором 1, у якому під змінними кутами покладені електричні обмотки 2. Зміна кутів приводить до того, що над кожною структурною частиною із заштрихованими ділянками 3, 4 і 5 на РО (з метою спрощення на рис. 9 показані тільки три елементарні майданчики РО прямокутної форми) діють сили F_B , F_C і F_H , які формують головний момент і головний вектор. Перший забезпечує обертний рух РО, а другий стійкість його положення при роботі привода.

На рис. 10 показано узагальнений алгоритм структурного синтезу безконтактного привода РО для машин різного призначення (вентиляторів, динамічних насосів, верстатів різання тощо). Він побудований на вимогах технічного завдання, відповідно до якого

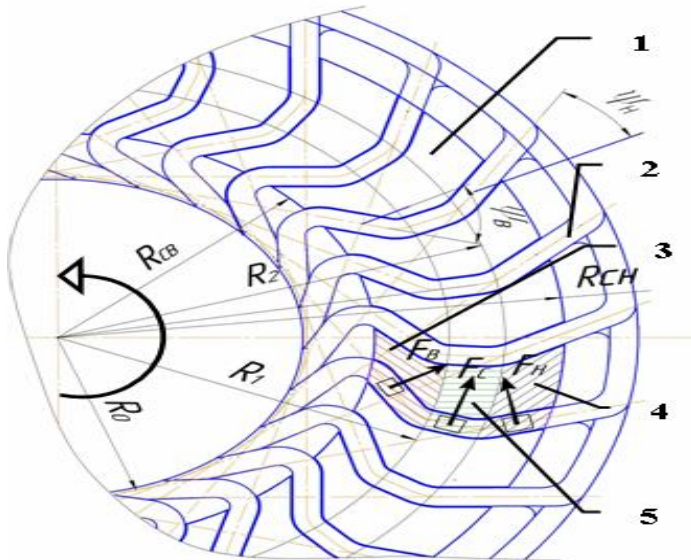


Рис. 9. Індуктор поля сил з трьома структурними частинами

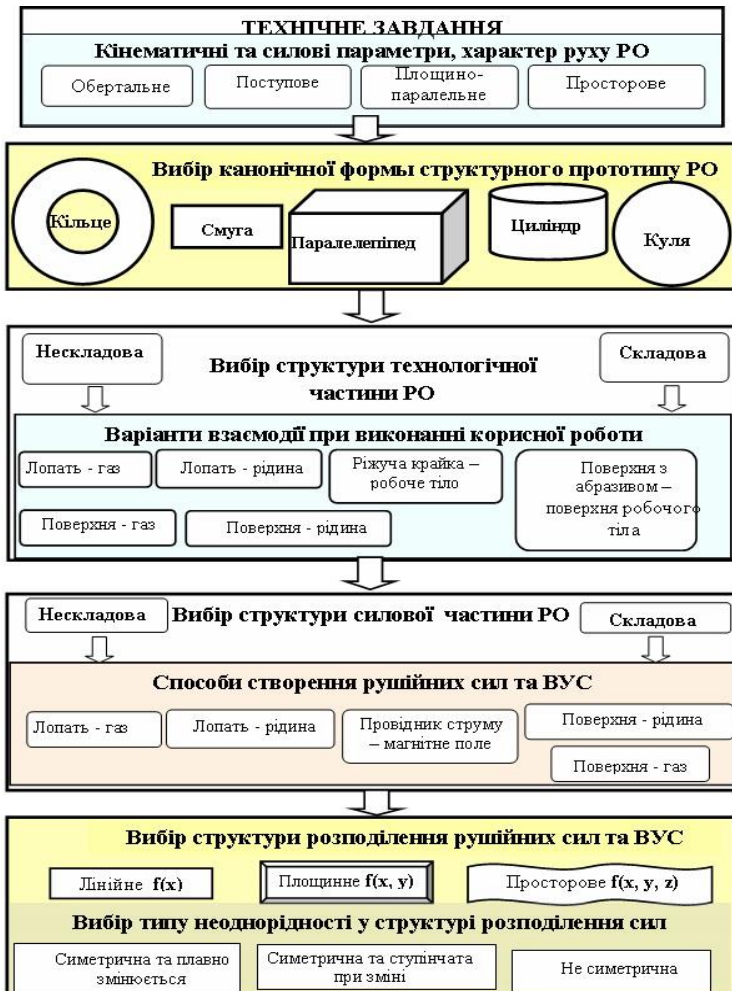


Рис.10. Узагальнений алгоритм структурного синтезу безконтактного привода РО машин

визначається структура безконтактного приводу.

Послідовно та окремо вибираються структура робочого органу та структура поля потенційних рушійних сил. Остання визначає структурні ознаки та особливості конструкції статичних елементів та приводу в цілому, кінематичні та динамічні характеристики приводу.

Висновки

У роботі запропонований новий підхід до створення безконтактних приводів робочих органів для машин різного призначення – насосів, верстатів різання. Він базується на описі структурних ознак безконтактного приводу та використанні запропонованого узагальненого алгоритму структурного синтезу.

Використання даного алгоритму полегшує конструктивну проробку та пошук ефективних технічних рішень при проектуванні машин з безконтактним приводом робочих органів.

Література

1. INA – Drives & Mechatronics GmbH & Co.ohg, підприємство Schaeffler Gruppe Industrie [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.schaefflerussland.ru/> - Заголовок з екрана.
2. Pavel Nosko. The concept of creating non-contact drive for working bodies in machines of various purpose / Pavel Nosko, Vladimir Breshev, Pavel Fil // Polish Academy of sciences in Lublin TEKA Commission of motorization in agriculture. Vol. VIIIA. – Lublin, 2008. – P. 126–133.
3. Пат. 90584 Україна, МПК F04D 1/00. Відцентрово-вихровий насос / Носко П.Л., Філь П.В., Брешев В.С., Карпов О.П.; заявник та патентовласник Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. – № а200811287 ; заявл. 18.09.08; опубл. 11.05.10, Бюл. № 9.
4. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие: в 2 кн. / Орлов П.И. ; под ред. П.Н. Учаева. – [3-е изд.]. – М.: Машиностроение, 1988.– Кн.1. – 559 с.
5. Пат. 91471 Україна, МПК H02K 17/02 H02K 41/025. Торцевий асинхронний електродвигун з вільним ротором / Носко П.Л., Філь П.В., Брешев В.С.; заявник та патентовласник Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. – № а200909831 ; заявл. 28.09.09; опубл. 26.07.10, Бюл. № 14.