

Винахід відноситься до галузі електромашинобудування і може бути використаним в електроприводах загальнопромислових механізмів, зокрема, як базова частина безконтактного двигуна постійного струму транспортних установок, для підтримки стійкої регульованої частоти обертання в широкому діапазоні швидкостей.

Відома безконтактна синхронна електрична машина з осьовим збудженням, в якій нерухомий торцевий якір виконаний з окремих магнітно не зв'язаних шихтованих стрижнів, у наскрізні пази між якими покладена обмотка якоря. З двох сторін до якоря через робочі зазори примикає ротор у вигляді двох немагнітних дисків з феромагнітними полюсами. Диски укріплені на порожньому валові, усередині якого знаходиться нерухомий струмопровід збудження, а вал з'єднаний з навантаженням через редукторну передачу або за допомогою шківа [див. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. М., "Высшая школа", 1990, с.153].

Недоліки відомої конструкції зв'язані з підвищеними втратами в обмотці збудження й ускладненим способом її намотування. Крім того, необхідність бічної передачі механічного моменту обмежує можливість її використання.

Найбільш близьким до винаходу, що заявляється, є індукторна електрична машина з подвійним аксіальним зазором і якірною обмоткою кільцевого типу, в якій статор містить вите феромагнітне осердя з пазами для укладання кільцевої обмотки якоря, а обмотка збудження тороїдального виду розташована у внутрішній порожнині витого осердя. З двох сторін до осердя через робочі зазори примикає ротор, виконаний у вигляді двох феромагнітних дисків, поєднаних загальним сталевим циліндром (осердя ротора). В області осердя якоря кожний з дисків містить полюси у вигляді ряду статорів (зірочок), причому полюси однієї зірочки зміщені по окружності щодо полюсів іншої на один полюсний розподіл [див. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. М., "Высшая школа", 1990, с.153].

Конструкція даної електричної машини обрана прототипом.

Прототип і винахід, що заявляється, мають наступні загальні ознаки:

- статор з радіальними пазами для укладання обмотки якоря,
- дисковий ротор,
- тороїдальна обмотка збудження.

Недоліком прототипу слід вважати:

- наявність масивного осердя ротора, який необхідний для замикання повного магнітного потоку електричної машини;

- наявність загального осердя статора, магнітне насичення якого обмежує перевантажувальну здатність машини.

В основу винаходу поставлена задача створити безконтактний двигун постійного струму з дисковим ротором, в якому за рахунок іншого виконання магнітної системи статора забезпечити можливість різкого ослаблення реакції якоря двигуна, що призводить до підвищення його перевантажувальної здатності і, відповідно, до підвищення швидкодії в перехідних режимах. При цьому, значно зменшується маса дискового ротора, спрощується технологія виготовлення двигуна, зменшуються його осьові розміри, а конструктивна схема двигуна забезпечує можливість модульного принципу його побудови, тобто послідовного чергування модуля якоря (зубцова зона і секції обмотки) і модуля дискового ротора (немагнітний диск з феромагнітними полюсами). Це значно підвищує питоме значення потужності моменту.

Поставлена задача вирішена в конструкції безконтактного двигуна постійного струму з дисковим ротором, що містить статор з радіальними пазами для укладання обмотки якоря, тороїдальну обмотку збудження і дисковий ротор тим, що статор виконано з ряду окремих магнітно не зв'язаних феромагнітних стрижнів П-подібної форми, розташованих симетрично щодо феромагнітних полюсів дискового ротора, основа якого виконана з немагнітного матеріалу і жорстко з'єднана з валом, а кінцеві частини радіально орієнтованих стрижнів П-подібної форми закріплені в немагнітних торцевих щитах статора, причому секції обмотки якоря покладені в наскрізні пази між феромагнітними стрижнями-зубцями кожного з модулів якоря, при цьому комутація струмів секцій по сигналах датчика положення здійснюється напівпровідниковим комутатором.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю заявлених ознак і досягненням технічного результату можна пояснити наступним.

У безконтактному двигуні постійного струму, що заявляється, з дисковим ротором (БДПСДР) на відміну від прототипу немає масивного феромагнітного осердя ротора, що зменшує масу обертової частини двигуна, відповідно підвищує його швидкодію. Відсутність загального ярма якоря і ярма обмотки збудження забезпечує шлях замикання магнітного потоку МРС обмотки якоря тільки через бічні поверхні зубців модуля якоря і повітряних проміжків між ними (пази), що мають малу магнітну проникність, чим обумовлене обмеження реакції якоря, можливість одержання великих перевантажень по струму, обумовлених, в основному, умовою відсутності перекидання магнітного поля в робочому повітряному зазорі, підвищення перевантажувальної здатності БДПСДР поліпшують динамічні характеристики (прискорення, час пуску і гальмування), що підвищує продуктивність відповідної промислової установки, зменшує втрати електроенергії в перехідних режимах.

У свою чергу, обмеження реакції якоря наявністю ряду повітряних проміжків (пазів) на шляху замикання магнітного потоку МРС обмотки якоря забезпечує можливість вибору величини робочого повітряного зазору між модулем якоря і модулем дискового ротора на шляху замикання основного магнітного потоку двигуна, тільки виходячи з технологічних можливостей забезпечення його мінімального значення, чим обумовлене зменшення як розмірів котушок обмотки збудження, так і електричних втрат у них.

У пропонованому двигуні досить просто реалізується модульний принцип побудови сучасних спеціальних електродвигунів, при якому в аксіальному напрямку чергуються два конструктивних елементи, наприклад, модуль якоря, виготовлений на підставі немагнітного диска з радіально розташованими феромагнітними стрижнями, що формують зубцову зону, в пазах якої покладені секції обмотки якоря і модуль дискового ротора, що складається з немагнітного диска з феромагнітними виступами-полюсами. Подібна конструктивна схема БДПСДР забезпечує підвищення питомих значень потужності і моменту двигуна, що особливо виявляється при низьких номінальних (безредукторних) частотах обертання, при значному зменшенні трудомісткості його виготовлення в цілому.

Безконтактний двигун постійного струму з дисковим ротором представлений на кресленнях де:

Фіг.1 - конструктивна схема двигуна;

Фіг.2 - двигун, переріз А-А;

Фіг.3 - двигун, переріз В-В;

Фіг.4 - модуль дискового ротора, аксонометрія;

Фіг.5 - схема розкручення двигуна уздовж зовнішнього діаметра модуля якоря.

Безконтактний двигун постійного струму з дисковим ротором містить статор 1, що складається з модулів якоря 2, 3, 4, 5, ротор 6, що включає в себе два модулі дискового ротора 7, 8 і напівпровідниковий комутатор 9. На внутрішній поверхні статора 1 розташовані тороїдальні котушки обмотки збудження 10, 11.

Торцеві щити 12, 13 статора 1 уявляють собою немагнітні диски 14, 15, установлені нерухомо щодо вала 16 за допомогою підшипників 17, 18. З валом 16 жорстко зчленовані два (для даного варіанта двигуна) модуля дискового ротора 7, 8, кожний з яких складається з немагнітних дисків 19, 20 і феромагнітних полюсів 21, 22. Феромагнітні полюси 21, 22 відділені від модулів якоря 2, 3, 4, 5 робочим повітряним зазором  $\delta$ . Число полюсів кожного з модулів дискового ротора 7, 8 дорівнює числу пар полюсних розподілів якоря  $\tau$ , а довжина кожного з полюсів уздовж утворюючих якоря дорівнює  $\alpha_{\delta}\tau$ , де  $\alpha_{\delta}$  - коефіцієнт полюсного перекриття.

Модулі якоря 2, 3, 4, 5 конструктивно однотипні і містять феромагнітні стрижні-зубці 23, 24, 25, 26, що утворюють зубцеві зони, у проміжках яких покладені провідники секцій обмотки якоря 27, 28, 29, 30 (Фіг.5).

У пропонованому двигуні статор 1 складається з ряду окремих магнітно не зв'язаних феромагнітних стрижнів 31 П-подібної форми, кінцеві частини яких закріплені в немагнітних торцевих щитах 12, 13, утворюючи замкнутий магнітний ланцюг двигуна спільно зі стрижнями-зубцями 23, 24, 25, 26 модулів якоря 2, 3, 4, 5 і феромагнітними полюсами 21, 22 модулів дискового ротора 7, 8. Проміжні модулі якоря 3, 4 зафіксовані на загальному нерухомому немагнітному диску 32 за допомогою додаткового підшипника 33. При необхідності, кількість проміжних модулів якоря може бути збільшено, відповідно заданим параметрам електричного двигуна. При цьому, виходячи з того, що робочий повітряний зазор  $\delta$  вибирається тільки з умов технологічних можливостей, величина сумарного повітряного зазору  $\delta_{\text{про}}$  на шляху основного магнітного потоку двигуна  $\Phi_0$  не робить істотного впливу на масогабаритні показники обмотки збудження. Так, наприклад, попередній розрахунок пропонованого двигуна потужністю  $P_n=40\text{кВт}$  при полюсному розподілі по середньому діаметру модуля якоря  $\tau_{\text{порівн.}}=0,227\text{м}$ , величина розрахункового повітряного зазору  $\delta_{\text{про}}=0,004\text{м}$ , що відповідає чотирьом технологічним зазорам  $\delta=0,001\text{м}$ , що і прийнято для обраної для аналізу конструкції, що містить чотири модулі якоря ( $\Pi_m=4$ ), кожний з яких забезпечує номінальну потужність 10кВт. При цьому, сумарна величина повітряних проміжків на шляху замикання магнітного потоку, створеного МРС провідників обмотки якоря одного полюсного розподілу (Фіг.5), складає  $\delta_c=0,2\text{М}$ , де  $\delta_c=12\text{вл.}+8\cdot\delta=12\cdot0,016+8\cdot0,001=0,2\text{м}$  (вл - ширина повітряного проміжку між зубцями модуля якоря  $Z_c=6$  - число зубців на полюсний розподіл). Розрахункове номінальне значення магнітної індукції поперечного поля реакції якоря  $B_{я.р.н.}=0,11\text{Тл.}$ , що забезпечує переважувальну здатність двигуна, виходячи з умови відсутності перекидання магнітного поля на ділянку якоря, що відповідає полюсному розподілу:

$$\lambda = \frac{B_{\delta.н.}}{B_{я.р.н.}} = \frac{0,75}{0,11} = 7$$

де  $B_{\delta.н.}=0,75\text{Тл.}$  - номінальне значення магнітної індукції в робочому повітряному зазорі. Слід зазначити, що при незмінній потужності  $P_n=40\text{кВт}$  і числі модулів якоря  $\Pi_m=2$ ,  $\lambda=13$ , а при  $\Pi_m=6$ ,  $\lambda=4$ .

У пропонованому БДПСДР можливі два способи укладання секцій обмотки якоря: використання двохшарової обмотки для кожного з модулів якоря 2, 3, 4, 5; використання одношарової обмотки. У цьому випадку провідники секцій обмотки якоря, наприклад, 28 модуля 3 укладаються зі зрушенням у полюсний розподіл  $\tau$  щодо провідників секцій обмотки 27 модуля 2. Відповідно, зрушення забезпечується й у модулі 5 щодо модуля 4 (Фіг.5), чим забезпечується повна компенсація МРС струмів лобових частин всієї обмотки якоря двигуна, тобто відсутність пульсуючого магнітного потоку струмів лобових частин по шляху основного магнітного потоку  $\Phi_0$ .

Живлення замкнутої обмотки якоря, утвореної секціями 27, 28, 29, 30 модулів якоря 2, 3, 4, 5 здійснюється напівпровідниковим комутатором 9 структурна схема якого (Фіг.1) складається з датчика положення ротора 34 (ДПР), блоку керування 35 (БУ), блоку силових ключів 36 (БСК) і виводів секцій обмотки якоря 37 (ОЯ). Датчик положення ротора 34 (ДПР) виконаний на базі магнітодіодів 38, установлених на зубцях одного полюсного розподілу одного з модулів якоря, наприклад 5.

Робота напівпровідникового комутатора 9 полягає в наступному: при встановленому сигналі реверса  $X_p$  під впливом сигналів ДГПР 34 блок керування БУ 35 подає сигнали на силові ключі БСК 36, які відповідні ДПР 34, що відкриваються і струм двигуна протікає від позитивного полюса джерела живлення через відкритий один ключ, дві рівнобіжні галузі замкнутої обмотки якоря 37, інший відкритий ключ до негативного полюса джерела живлення. Такий комутатор забезпечує роботу двигуна у всіх режимах - руховому, динамічному гальмування, протиувімкнення.

Пропонований БДПСДР працює таким чином. При подачі напруги на тороїдальні котушки обмотки збудження 10, 11 (Фіг.2, 5) взаємодією основного магнітного потоку  $\Phi_0$  і струмів провідників секцій обмотки якоря 27, 28, 29, 30 модулів якоря 2, 3, 4, 5, що знаходяться в даний момент у зоні полюсів 21, 22 модуля дискового ротора 7, 8 створюється електромагнітний момент  $M_{\text{эм.}}$ , під дією якого ротор 6 починає обертання. Напівпровідниковий комутатор 9 по сигналах датчиків положення ротора 34 комутує струми в секціях обмотки якоря 37 за допомогою джгута 39 таким чином, щоб при обертанні в одну сторону струми провідників, що знаходяться в цей час проти феромагнітних полюсів 21, 22 зберігали незмінний напрям. Регулювання частоти обертання і реверс двигуна здійснюється відомими для класичних машин способами.

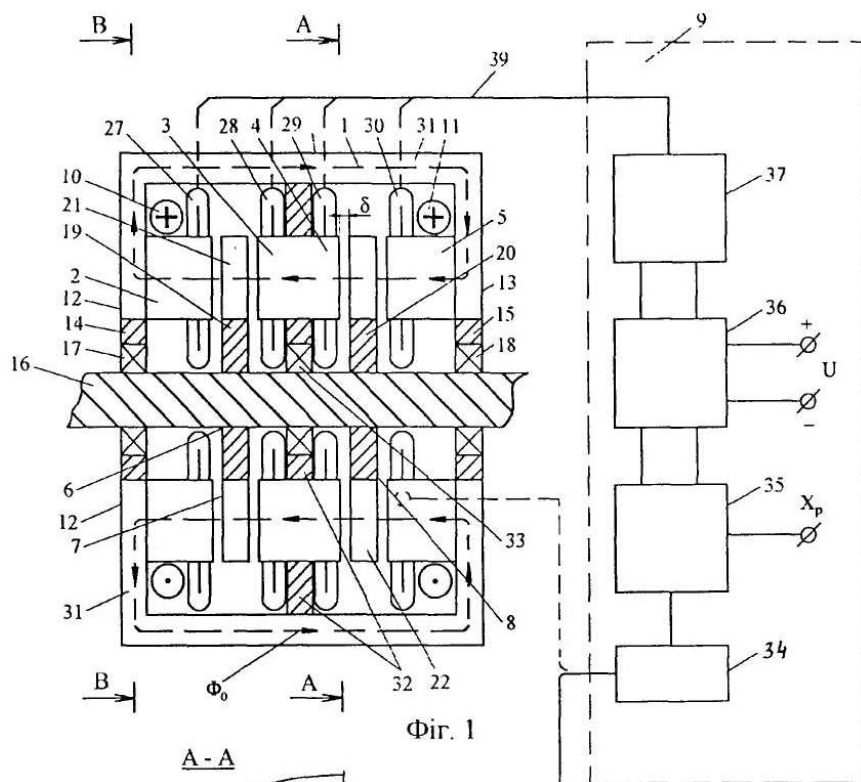


Fig. 1

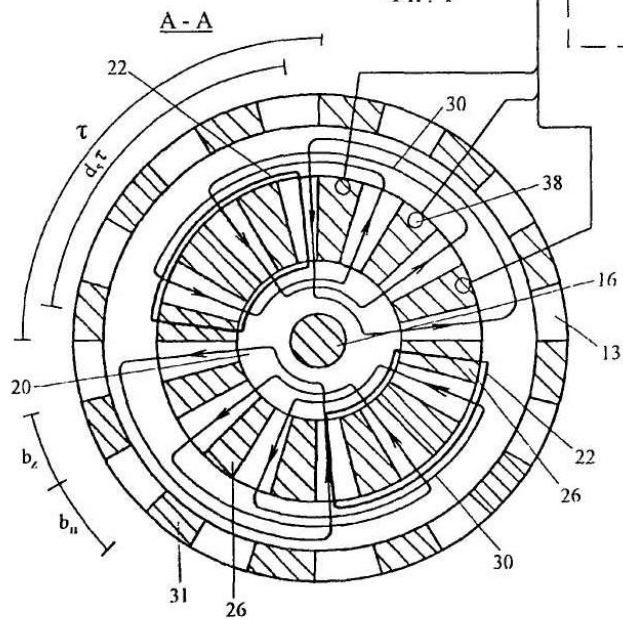


Fig. 2

B - B

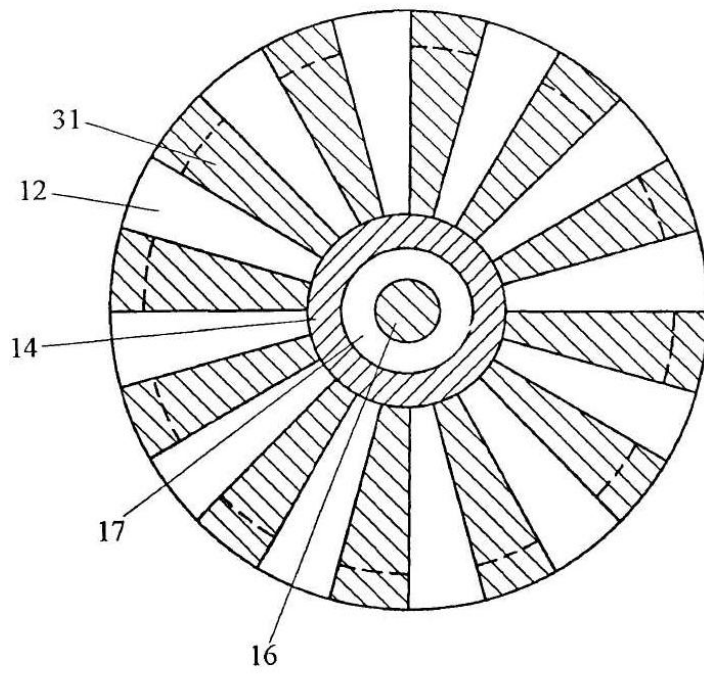


Fig. 3

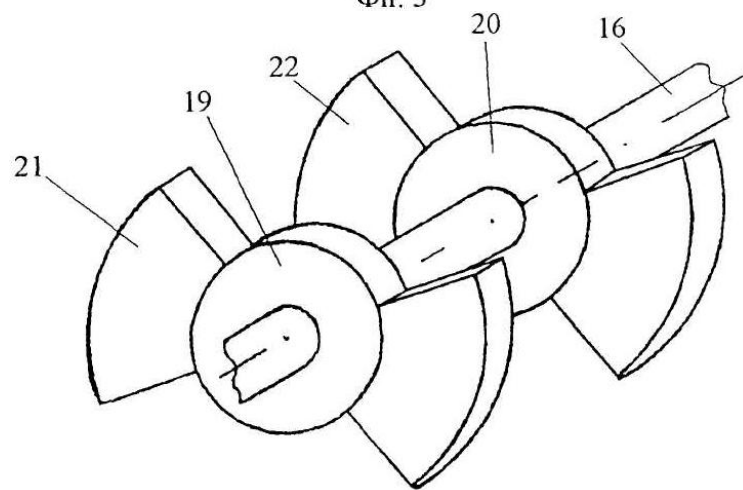
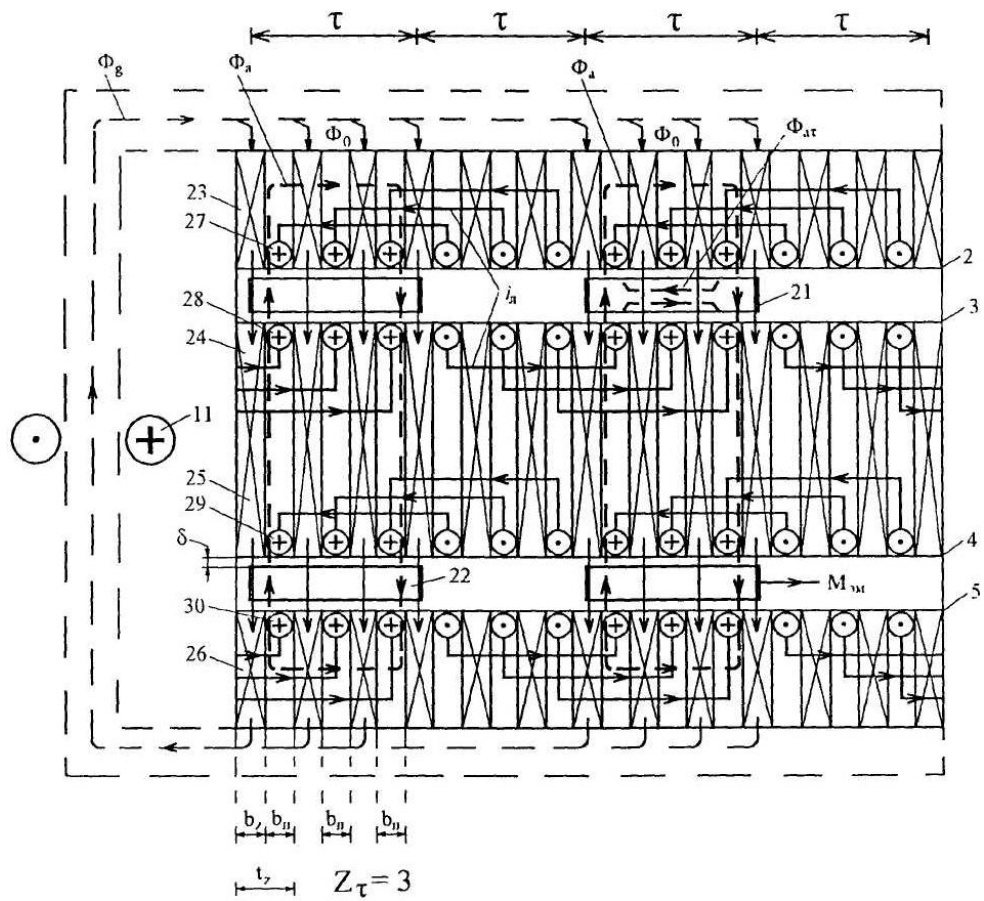


Fig. 4



Фиг. 5