



УДК 629.7.031.8

## МАГНІТНІ ДВИГУНИ: ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ, ТЕОРІЯ І КОНСТРУКЦІЇ



**І. М. Федоткін**, *докт. техн. наук*,  
**В. О. Тарасов**, *докт. техн. наук*

**Стан проблеми.** У засобах інформації та літературі є відомості про розробку і створення безпаливних магнітних двигунів [1–14]. Наприклад, магнітний мотор Мойтс-Бреді з габаритами 80 см довжини, 50 см у діаметрі, який розвиває потужність 300 кВт; самохідні електричні генератори-двигуни: «Тестатік» Баумана [6, 7], «Сибірський Коля» Марінова [6], левітуючі диски Шарля [8], генератор Роштіна-Годіна [10], вакуумний тріодний підсилювач Свіфта Флойда [9], кварцові джерела електроенергії академіка Соболева [11], магнітно-тепловий двигун [5], безпаливний двигун Василя Алексеєнка [12], електромобіль Ніколи Тесли [2] та ін.

Наведемо короткий опис суті цих розробок, використовуючи тексти описів.

**«Тестатік» Баумана.** Півтора десятки років тому, за одними відомостями, скромний швейцарський фізик [6], а за іншими – часових справ майстер [7] Пауль Бауман винайшов дивний двигун, що нагадує звичайну шкільну електростатичну машину з лейденськими банками. Складалася вона з двох акрилових дисків з наклеєними на них 36 вузькими секторами з тонкого алюмінію, які оберталися в різні боки.

Двигун запускали, штовхнувши диски в протилежні боки. Швидкість обертання їх була 50–70 об/хв. Після запуску диски продовжували обертатися самостійно. При цьому в електричному ланцюгу розвивалася напруга постійного струму 300–350 В, сила струму – до 30 А. Оскільки механічна потужність двигуна незначна (близько 100 мВт) в порівнянні з електричною (до 1 кВт, тобто в 1000 разів більше), то його слід називати скоріше генератором, ніж двигуном.

**«Сибірський Коля» Марінова.** Цей оригінальний генератор зацікавив відомого фізика, директо-

ра Інституту фундаментальної фізики в м. Грац (Австрія) Стефана Марінова.

Результати своїх досліджень Марінов відобразив у ряді публікацій, вважаючи, що ключем до таємниці є скалярне магнітне поле, відкрите Г. В. Ніколаєвим з Томська. Досліджуючи це поле, він розробив електричний двигун нового типу, який назвав «Сибірським Колею» на честь Г. В. Ніколаєва. Продовжуючи дослідження, він добився отримання в цьому двигуні 10-відсоткового позитивного зворотного зв'язку.

**Левітуючі диски Шарля.** Англійський винахідник Джон Шарль у 14 років поступив учнем електромонтера на завод у місті Бірмінгемі. Працюючи з постійними магнітами для електролічильників, він у 1946 р. відкрив новий ефект електромеханіки: у диску, що швидко обертається, з'являлася радіальна електрорушійна сила з вертикальним вектором. Для збільшення цієї сили, він намагнічував диски, а згодом почав використовувати постійні магніти.

Його модель складалася з декількох з'єднаних кілець. Під час її випробовування вже при малих обертах у радіальному напрямі кілець спостерігалася велика різниця потенціалів, що виявлялася характерним тріском електричних розрядів і запахом озону. Після цього блок кілець відірвався від мотора, що розкручував їх, і завис на висоті 1,5 м, постійно збільшуючи швидкість обертання. Довкола об'єкта з'явилося рожеве свічення – показник активізації повітря при падінні тиску. Побічною дією цього процесу стало припинення радіозв'язку і виключення радіоприймачів у найближчій окрузі. Нарешті обертання досягло такої фантастичної швидкості, що об'єкт зник у вишині.

Надалі Шарль створив і випробував понад десяток моделей левітуючих дисків [ 8].

**Генератор Рощина і Годіна.** Російські вчені Володимир Рощин і Сергій Годін задалися метою перевірити відкриття Джона Шарля. Є відомості, що вони зверталися до нього, але він їм мало чим зміг допомогти, бо свої результати отримав емпірично, без будь-якого теоретичного обґрунтування, оскільки не мав вищої освіти [8, 10].

Рощин і Годін пішли іншим шляхом: вони побудували не диск, а генератор вільної енергії. Маючи вагу 350 кг, він виробляв до 10 кВт електроенергії, працюючи без зовнішнього підведення енергії. Та при цьому спостерігалися все ті ж ефекти, що і в дослідах Шарля. Магнітний ротор генератора вагою 115 кг обертався до 600 обертів у хвилину (швидкість обертання була обмежена по міцності складеного ротора). При цьому з'являлося характерне рожеве свічення, вся установка втрачала у вазі до 120 кг, а температура в лабораторії знижувалася на вісім градусів.

**Вакуумний тріодний підсилювач Свіфта Флойда** складається з двох феритових магнітів 10x15x2,5 см і трьох котушок без сердечника (одна робоча в декілька сот витків і дві збуджуючі). Запускається від кишенькової батареї напругою 9В, працює як автогенератор і виробляє 1 кВт потужності при напрузі 120 В і частоті 60 Гц у вигляді енергії, схожої на електричну. Так, не електричну, а тільки схожої на електричну, тому що в разі короткого замикання вихідних проводів вони не нагріваються, а вкриваються інеєм, а під час ураження струмом відбувається обмороження ділянки тіла, а не опік.

На думку автора статті, у цьому випадку електричний струм являв собою, як і в «Тестатіку» Баумана, не потік електронів, а потік протонів, що утворюються з ядер іонів повітря.

**Кварцове джерело електроенергії Соболева.** У 2002 р. в Москві був підписаний контракт на суму 168 млн. дол. між російсько-американським науково-виробничим центром «ГРУС» і канадською компанією Agrimex Inc.

Предметом контракту є налагоджування масового виробництва нових джерел електроенергії потужністю 3, 5 і 10 кВт, які не потребують витрат палива, напору води, вітру тощо, тобто «вічних» джерел енергії (патент США №5964913), розроблених групою російських учених під керівництвом академіка Валеріана Соболева. Сировина для виготовлення цих пристроїв також практично дармова: пропонується добувати енергію із звичайного кварцового піску, переробленого в новий матеріал за особливою технологією.

Ці розробки в галузі електромагнітних двигунів і самохідних електрогенераторів не містять, як правило, теоретичних обґрунтувань, відпрацьованих на базі теорії методик розрахунків, проте становлять неабияке наукове зацікавлення.

**Мета роботи – здійснення теоретичного дослідження і аналізу можливих джерел енергії, визначення принципів створення магнітних двигунів і розгляд механізму їхньої дії.**

**Енергія магнітного поля.** Природно припустити, що енергія на обертання магнітного ротора в магнітному полі статора витрачається самими магнітами. У цьому випадку в процесі роботи магнітного двигуна магніти, витрачаючи енергію, повинні розмагнічуватися. Проте це може і не відбуватися, оскільки обертання магнітного ротора всередині (у полі) магнітного статора сприяє намагнічуванню. Створюється система, що сама поновлюється.

Енергія в цьому випадку буде підживлювати систему ззовні. Система стає відкритою, і на неї закон збереження енергії не розповсюджується, оскільки він застосовується лише для закритих систем. Енергія, що надходить у цьому випадку ззовні, повинна мати зовнішнє джерело. Таким джерелом енергії може бути магнітне поле Землі, торсіонні поля навколишнього простору і енергія поля нульової точки ZPF [19]. Своєю назвою ZPF зобов'язано тому факту, що воно існує у вакуумі, який прийнято вважати за порожній простір, навіть при температурі абсолютного нуля, коли всі термічні випромінювання відсутні. По суті справа – це фізичний вакуум.

Англійський фізик Дж. К. Максвелл із цього приводу писав: «Дійсно, якщо взагалі енергія передається від одного тіла до іншого не миттєво, а за скінченний час, то має існувати середовище, в якому вона тимчасово перебуває, залишивши одне тіло і не досягнувши іншого».

Магнітне поле, Н-поле володіє потенційною енергією, тобто хімічним потенціалом Гіббса, завдяки суперсиметрії сконденсованих частинок-античастинок ( $e^-$ ,  $e^+$ ), які з'єднані потенціалом спарування [21, 22]

де  $\frac{hq}{2m_0} = v_s$  – надплинна швидкість;  $\frac{h}{h}$  – постійна Планка;  $m_0$  – маса спокою;  $c$  – швидкість світла.

$$v = \left\{ \left| -2m_0c^2 \right| + \frac{\pi hq}{2m_0} \right\}, \quad (1)$$

І магнітне поле  $\vec{H}$  – це зміщені ( $e^-$ ,  $e^+$ ) пари,  $(-2m_0c^2) \longleftrightarrow (2m_0c^2)$ , які переходять в обертання з мінімальним квантовим числом  $j$  [21, 22].

Магнітне поле  $\vec{H}$  збільшує щільність  $\rho$  збудже-

них ( $e^-$ ,  $e^+$ ) пар конденсату  $\rho_2 f(t_2) > \rho_1 f(t_1)$  і хвильову функцію Шредінгера  $\langle \lambda(\psi\psi^*) \rangle$  і спарені частинки-античастинки конденсату ( $e^-$ ,  $e^+$ ) обертаються

$$\text{rot}\bar{H} = \left| -2m_0c^2 \right| \cdot \left| \omega x \bar{r} \right|, \quad (2)$$

з частково зміщеними координатами. Енергія обертання мінімальна з квантовим числом  $j$  в порівнянні з вібраційними частотами, тобто осьовими зміщеннями.

Додамо згідно з [20] для повної ймовірності магнітогальмівного випромінювання фотона електроном ( $e^-$ ) за теорією збурень

$$d\lambda\nu = 2\pi \left| V_{fi} \right|^2 \delta(E_i - E_f - w) \frac{d^3k}{(2\pi)^3}, \quad (3)$$

де  $V_{fi}$  – матричний елемент струму переходу, тобто потенційної енергії при взаємодії  $e^-$  з  $\bar{H}$ .

$$V_{fi}(t) = e \sqrt{\frac{2\pi}{hw}} \langle f(Q(t)i) \rangle e^{iwt}, \quad (4)$$

де  $Q(t)$  – гейзенберґівський оператор. І утворення ( $e^-$ ,  $e^+$ ) пар фотонами в  $\bar{H}$ -полі [2, с.429], яке, як видно, являє собою зв'язані суперсиметричні частинки-античастинки фізичного вакууму, тобто ефір за Максвеллом.

Таким чином магнітне поле  $\text{rot}\bar{H}$  – це сконденсовані суперсиметричні  $\sum(e^-, e^+)$  пари фізичного вакууму з моментом обертання і частковим зміщенням по координатах, тобто

$$\text{rot}\bar{H} = \sum \left\{ \left| -2m_0c^2 \right| + \frac{hkq}{2m_0} \right\} \cdot \left[ \omega x \bar{r} \right], \quad (5)$$

де  $h$  – постійна Планка;  $k$  – квантове число;  $\frac{hq}{2m_0}$  – надплинна швидкість.

При цьому окружне і осьове збудження мають квантові числа  $j$  і  $k$  (мінімальні) [21, 22].

Магнітне поле, як впливає з викладеного, дуже економічне середовище, яке підживлюється енергією фізичного вакууму [3, 4]. Можливо, у цьому і полягає основа економічності магнітних двигунів на постійних магнітах.

**Ідея розробок.** Закони тяжіння і відштовхування для електричних зарядів і магнітів ідентичні і вира-

жаються відповідно законом Кулона і його аналогом для взаємодії магнітів.

Взаємодія електричних зарядів – закон Кулона

$$F = K \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}, \quad (6)$$

де  $F$  – сила взаємодії електричних зарядів  $e_1$  і  $e_2$ ;  $K$  – постійна Кулона;  $r$  – відстань між зарядами.

Взаємодія магнітів

$$F = \mu \frac{M_1 \cdot M_2}{r^2}, \quad (7)$$

де  $M_1$ ,  $M_2$  – магнітні маси або заряди двох взаємодіючих магнітів;  $\mu$  – магнітна проникність, середовище.

Закон Кулона для магнітного поля можна записати в іншій формі – сила тяжіння  $F$ :

$$F = \frac{\phi^2}{4\pi\mu_0 r^2}, \quad (8)$$

де  $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнітна постійна;  $\phi$  – магнітний потік між загальним перетином магнітного полюса, що виникає на роторі за рахунок індукції полюса протилежної полярності на статорі і загальним перетином полюса статора;  $r$  – відстань між цими полюсами.

Порівнюючи формули (2) і (3), бачимо, що  $\phi^2 = M_1 \cdot M_2$ . Поняття магнітного заряду – за аналогією з електричним зарядом. Магнітний заряд має розмірність магнітного потоку ( $W\delta$ ). Для обертання ротора необхідно створити змінний по колу обертальний момент

$$M = FD \cos \alpha, \quad (9)$$

де  $D$  – відстань між точками прикладання сили  $F$ , це може бути діаметр ротора або хорда;  $\alpha$  – кут між напрямом сили  $F$  і дотичній до окружності ротора в точці прикладання сили  $F$ . При напрямі сили  $F$  по дотичній до цього кола  $\alpha = 0$ .

Потужність двигуна виражається

$$N = \frac{D\phi^2 w}{2 \cdot 4\pi\mu_0 r^2 \cdot 10^2} \text{кВт}, \quad (10)$$

де  $w = 2\pi n$  – кутова швидкість;  $n$  – число оборотів ротора за 1 с.;  $\frac{\phi^2}{4\pi\mu_0 r^2} = F$ , тобто

$$N = \frac{Fv}{102} \kappa Bm, \quad (11)$$

де  $v = \pi Dn$  – окружна швидкість.

Можна побудувати магнітні двигуни, використовуючи такі принципи і конструктивні особливості:

- комбінування тяжіння і відштовхування в статорі;
- зміна сили взаємодії з різним віддаленням магнітних полюсів (спіраль Архімеда);
- використання нерухомого та обертого екранування;
- використання повороту магнітного диполя ;
- використання секціонованих прямих, радіальних і протифазних полів у статорі;
- створення змінного по колу поля різної сили і спрямованості;
- використання висувних і всувних магнітів у роторі;
- використання поворотних магнітних диполів у прямому полі;
- використання скалярного магнітного поля;

- використання багатополярного поля.

Використовуються три властивості постійного магнітного поля: тяжіння, відштовхування і зміна сили взаємодії обернено пропорційної квадрату відстані.

Основним же принципом дії магнітного двигуна є обертання магнітного поля шляхом змінного перемагнічування, прокачування магнітної рідини або створення ефекту поля, що обертається, обертання статора екранів та ін.

### Магнітний двигун із джерелами тепла [5]

Схема конструкції перетворювача наведена на рис.1. Двигун перетворювача складається із статора 1 у вигляді прямого постійного магніта (або електромагніта) з сегментоподібними полюсними накопичувачами 2. На валу 3 з центральним отвором 4 коаксіально встановлений ротор 5, зібраний із термомагнітних кілець у вигляді радіатора. Система нагріву ротора складається із направляючих патрубків 6 для подачі гарячого повітря від сонячного колектора до зон нагріву. Патрубки 7 призначені для виведення відпрацьованого повітря з ротора та подачі його че-

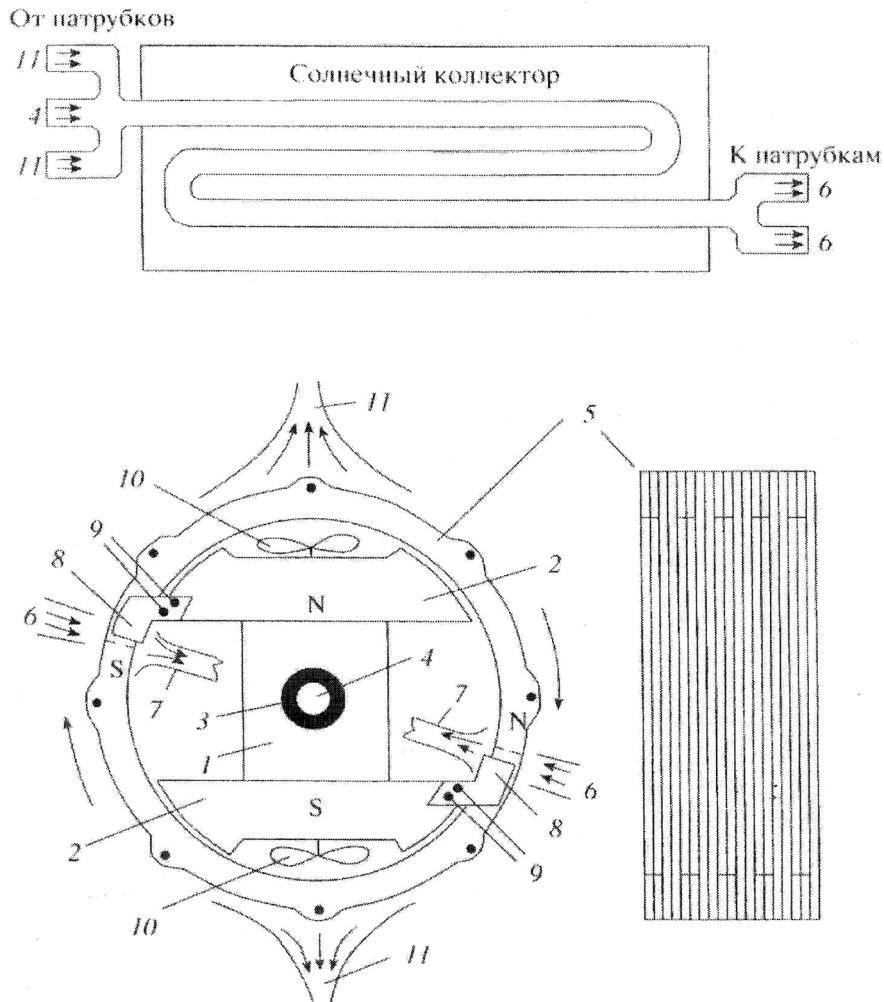


Рис. 1. Конструкція перетворювача сонячної енергії в механічну на основі магнітно-теплогового двигуна



рез центральний отвір 4 на валу назад у колектор для регенерації тепла. Края 8 полюсних наконечників, які розташовані в зонах нагріву, виконано у вигляді «гребінця», між зубцями якого можуть обертатися кільця ротора. Зубці, виконані у вигляді окремих елементів, кріпляться до полюсних наконечників боковими гвинтами 9 після коаксіальної установки ротора відносно статора. Система охолодження містить вентилятори 10, встановлені на полюсних наконечниках і такі, що приводяться в обертання від ротора за допомогою бокових передавальних механізмів або від окремих малогабаритних електродвигунів. Патрубки 11 призначені для збирання потоків повітря, що охолоджує ротор, і подачі їх у сонячний колектор. Ротор можна виготовити з термомагнітного сплаву  $Fe - Ni - Cr$ , температура Кюрі  $T_c$  якого нижче за температуру потоку повітря, що подається від сонячного колектора. Необхідне значення  $T_c$  сплаву можна отримати, змінюючи концентрацію компонентів у сплаві [3]. Патрубки 6, 7, 11 і центральний отвір 4 теплоізолювані.

**Принцип роботи.** Потoki гарячого повітря з температурою  $T > T_c$  від сонячного колектора по направляючих патрубках 6 надходять до ротора. Проходячи між кільцями, гаряче повітря переводить ділянки ротора, розташовані в зонах нагріву, з феромагнітного стану в парамагнітний. При цьому на кільцях, на межі феромагнетик – парамагнетик, розташованих напроти зубців полюсних наконечників, магнітне поле постійного магніту індукуює магнітні полюси протилежної полярності щодо полюсних наконечників. Полюси, що виникають на кільцях ротора, починають притягуватися до зубців полюсних наконечників.

Для підтримки обертання ротора необхідно неперервно нагрівати ділянки ротора, розташовані в зонах нагріву, вище  $T_c$ . Перехід нагрітих ділянок ротора з парамагнітного стану у феромагнітний відбувається внаслідок проходження центральних областей полюсних наконечників під дією потоків повітря, що створюються вентиляторами 10. Ці потоки по патрубках 11 подаються назад у сонячний колектор для регенерації тепла, що підвищує ККД перетворювача. Чим тонше кільця ротора, тим вище швидкість їхнього нагрівання і охолодження, отже – тим вище і швидкість обертання ротора. Застосування двох зон нагріву, розташованих біля діаметрально протилежних країв полюсних наконечників, дає змогу використовувати весь магнітний потік від постійного магніта для створення обертого моменту ротора. Якщо зони нагріву розташувати біля двох інших діаметрально протилежних країв полюсних наконечників, то напрям обертання ротора зміниться на протилежний (реверс ротора).

Магнітно-тепловий цикл аналогічного двигуна, де як робоче тіло використана феромагнітна рідина, що проходить через соленоїд, всередині якого здійснюється нагрів робочого тіла, розглянуто в [16].

Магнітне поле постійних магнітів працюватиме як таке, що обертається, за умови позмінного включення в роботу ділянок поля по ходу обертання. Це спостерігається в магнітному двигуні, в якому здійснюється перемагнічування ділянок за допомогою потоків гарячого і холодного повітря [5, 16, 17].

### **Методи створення ефекту магнітного поля, що обертається, у статорі з постійними магнітами**

Ефект обертання поля статора з постійними магнітами може бути створений за допомогою таких технічних рішень:

- обертання екрану з парами діаманетиків з низькою магнітною проникністю електромотором невеликої потужності, що запускається на акумуляторі;
- прокачування магнітної рідини по змійовику, що є ротором;
- крокове зміщенням протифазних магнітів статора і ротора, виконаного у вигляді набору дисків з установкою маховика на валу;
- чергування зон тяжіння і відштовхування.

Вирішенню проблеми сприятиме аналогія з асинхронним двигуном. У статорі асинхронного електродвигуна створюється магнітне поле, що обертається. Ротор є феромагнітною болванкою з витками короткозамкненої обмотки (не магнітної). Полюси статора безперервно міняються, чергуючись з N на S – поле обертається. Ці полюси за законом магнітної індукції наводять полюси протилежної полярності в роторі, які взаємодіють. А оскільки в статорі полюси безперервно міняються, то і ротор обертається з незначним запізненням унаслідок дії навантаження. Виникає ковзання ротора в магнітному полі на 1,5 – 3% від числа обертів поля статора. При ковзанні обмотки ротора перетинають силові лінії поля статора, у них індукуються ЕДС і утворюються струми Фуко, що створюють своє магнітне поле, яке взаємодіє з магнітним полем статора. З цього можна зробити висновок про те, що необхідною умовою обертання є магнітне поле статора, що обертається. Створити таке поле на постійних магнітах неможливо без залучення енергії іншого виду, наприклад у двигуні на постійному магніті (статор) з пластинчастими ділянками ротора, що перемагнічуються. Їхнє перемагнічування з феромагнітного на парамагнітний стан відбувається під дією нагрітого потоку повітря. Перемагнічування статора викликає обертання ротора [5, 16, 17].

Магнітне поле на постійних магнітах не обертається. Проте створити ефект його обертання можна. І в цьому полягає вирішення проблеми.

*Два варіанти створення ефекту обертання магнітного поля з постійними магнітами.*

Розглянемо наші конструкції, засновані на: неперервному відштовхуванні постійних магнітів ротора і статора з напрямом дії сил відштовхування по дотичній до кола ротора; на періодичному чергуванні сил

відштовхування і тяжіння.

Якщо ротори в цих конструкціях виготовити з дисків так, щоб кожний наступний диск був зміщений відносно попереднього на якусь частку кроку між радіально встановленими магнітами ротора, що мають на периферії однойменні полюси, то виникає ефект магнітного поля, що обертається, хоча поля, що само обертається, і не утворюється.

Цей ефект пояснюється так: у будь-який момент серед радіальних магнітів ротора виявиться магніт найближче розташований до магніту статора, що взаємодіє з ним, і спрацює пара сил, повертаючи ротор. Після повороту на частку кроку в такому положенні опиниться наступна пара магнітів (або декілька пар), і ротор знову обернеться на такий же кут. А в системі координат, що обертається спільно з ротором, зупинивши його, ми отримаємо магнітне поле, що обертається. У цьому і полягає ефект магнітного поля, що обертається.

### Конструктивні елементи запропонованих магнітних двигунів

Пропонується низка конструкцій дисків складальних роторів (більше 10-15 дисків на одній осі), секціонованих статорів, екранів, що обертаються. У складених роторах передбачається дрібно-кроковий зсув елементарних магнітів. Системи екранування базуються на механічних екранах, що обертаються, з кроковими просвітами по колу, на нерухомих електромагнітних екранах з накладеним на постійне магнітне поле змінним електромагнітним полем, що обертається, у вигляді обмоток, що живляться від акумулятора.

Розробляється і можливість залучення інших видів енергії; циркуляції магнітної рідини, кругової й поперечної; комбінування постійного магнітного поля з обертальним електромагнітним полем, що накладається на нього, від колекторного двигуна постійного струму, що запускається від акумулятора з подальшим автоживленням власним струмом з мотором електрогенератора. Останнє рівносильно силовому посиленню поля двигуна постійного струму потужними постійними магнітами. Розглядаються й інші варіанти.

Остаточна конструкція магнітного двигуна має визначитися після відпрацювання і налагодження різних варіантів на дослідному зразку.

**Деякі правила конструювання.** Для магнітної системи, що працює на силі відштовхування, магніти в статорі встановлюються по дотичних до кола ротора, а в роторі – радіально. Полярність магнітів у статорі і роторі однакова, усі вони направлені до магнітного зазору однойменними полюсами. Якщо число магнітів у статорі непарне, то в роторі – парне. Магніти в роторі набираються в диски, що встановлюються на одному валу. Диски зсуваються на частку кроку між магнітами на кут, визначений співвідношенням  $y = \frac{360}{n}$ , де  $n$  – число дисків на валу.

Для магнітної системи, що працює на комбінуванні і чергуванні сил тяжіння і відштовхування, магніти статора встановлюються вертикально, полюси їхні чергуються: N-S-N-S для створення пар сил обертальних моментів, магніти ротора встановлюються радіально, однойменними полюсами до магнітного зазору. У цьому випадку обертальний момент пари діаметрально розташованих магнітів буде

$$\mu_{кр} = F \cdot R (\cos \omega t + \sin \omega t), \quad (12)$$

$$\text{де } F = \frac{\mu_1 \cdot \mu_2}{r^2} = \frac{\phi^2}{4\pi\mu_0 r^2}.$$

Якщо в лівій половині знизу діє сила відштовхування, то зверху – сила тяжіння, а в правій половині зверху діє сила відштовхування, а знизу – сила тяжіння. Набір дисків на валу встановлюється також з кутом зсуву  $y = \frac{360}{n}$ . Обертальний момент у цьому випадку наближається до прямокутника – максимальний, визначений як сума синусоїд і косинусоїд (рис. 2; 3).

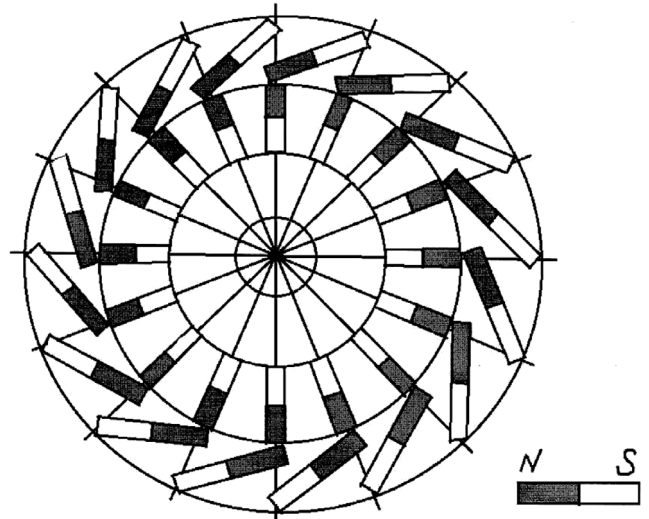
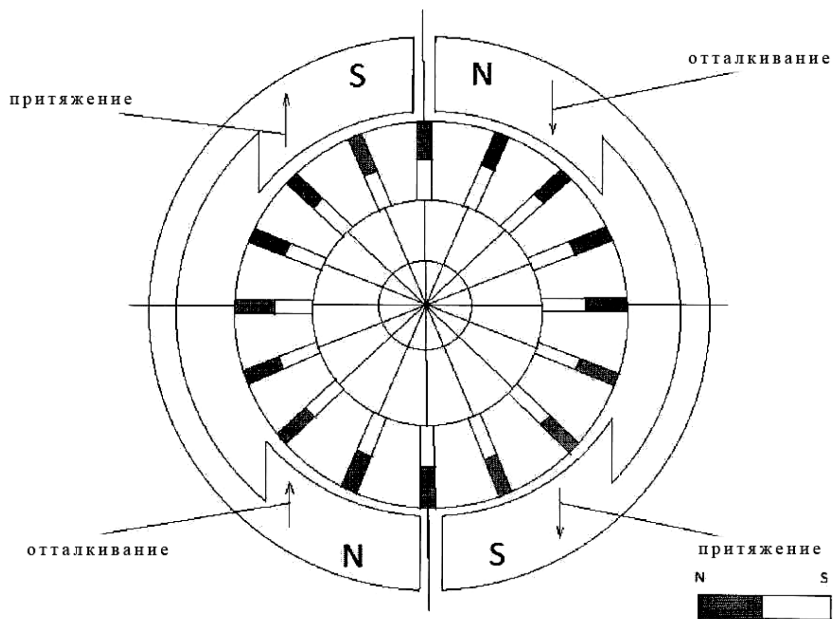


Рис. 2. Магнітна система, що працює на силах відштовхування

До сил тяжіння і відштовхування додаються сили повороту магнітних диполів ротора. Оскільки силові лінії статора направлені до магнітів ротора під кутом і прагнуть їх повернути, магнітні сили є об'ємними, а не поверхневими, і пронизують весь магніт. На осі ротора встановлюється маховик. Магнітні системи доповнюються системою ініціації ефекту магнітного поля, що обертається, при фактично постійному полі магнітної системи.

**До теорії магнітних двигунів** [1, 4, 15, 18, 20–22]. Обертальний момент у разі використання набірної статора і ротора буде максимальний за таких умов (рис. 4):



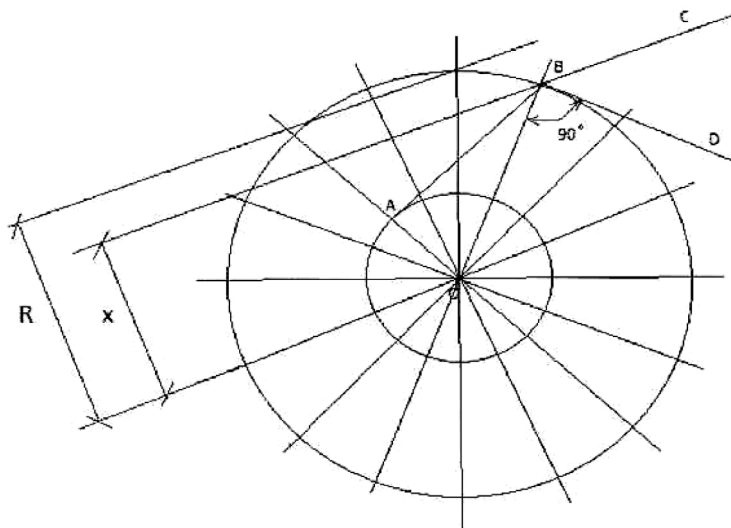
**Рис. 3. Магнітна система зі змінним чергуванням сил відштовхування і тяжіння**

- магніт у роторі АВ; магніт у статорі ВС. При цьому плече  $x < R$ . Момент не максимальний;
- магніт у статорі BD.  $\angle OBD = 90^\circ$ . Момент максимальний;
- якщо магніт у роторі не АВ, а ОВ, а магніт у статорі BD – момент максимальний, при АВ і BD – теж максимальний;
- при розташуванні магніту в роторі по радіусу ОВ сила взаємодії із статором більша, ніж при похилому положенні АВ;
- при прямому куті – магнітні лінії не замикаються. При похилому положенні частина ліній, що спричиняють бічне окружне зусилля, замикається;

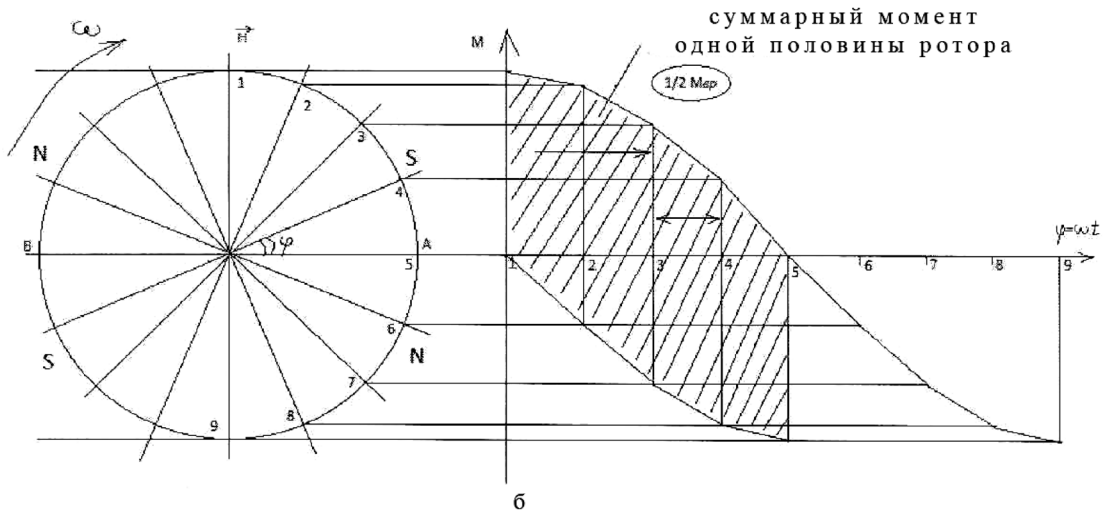
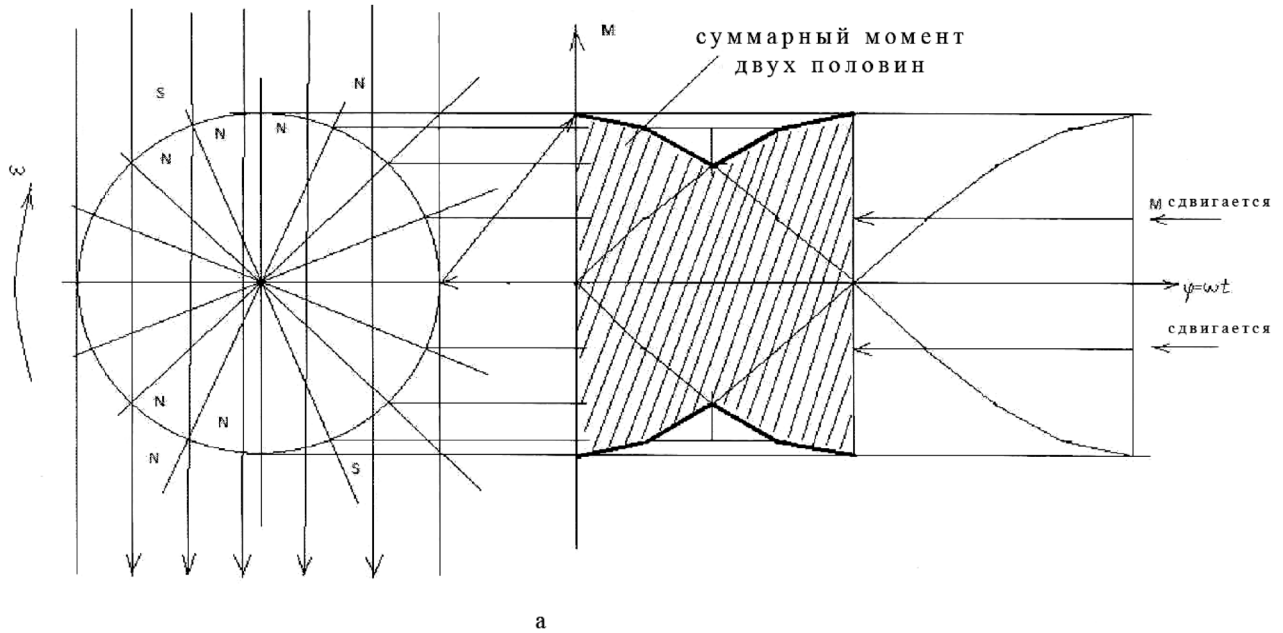
- переважний варіант радіального розташування магнітів у роторі і під прямим кутом до них у статорі – по дотичних до кола ротора.

Незважаючи на те, що виникають дві мертві точки А і В, сумарний момент однієї половини ротора (рис. 5 б) достатньо повний. Момент генерується як силами тяжіння, так і відштовхування. Гальмування ротора в точках А і В незначне, оскільки там з'єднуються обидві сили (рис. 5 а).

**Теоретичні основи і технології синтезу безпаливних магнітних двигунів на постійних магнітах.** На етапі розробки конструкції важливим кроком є проведення теоретичних досліджень, встановлення мож-



**Рис. 4. Схема, що пояснює залежність обертальних моментів від розташування магнітів у двигуні**



**Рис. 5. Прямое магнитное поле: а – суммарный момент двух половин ротора; б – суммарный момент однієї половини ротора**

ливых шляхів вирішення проблеми, розробка принципів дії, математичне моделювання процесів, створення розрахункових методів і підходів.

Таке теоретичне дослідження дає змогу створити основу не лише для проектування і розрахунків, але й забезпечити повторюваність і відтворюваність експериментальних результатів у разі успішних випробувань дослідних зразків.

Завданням даного дослідження є:

- визначення джерела енергії;
- розробка принципів побудови конструкції;
- визначення сил, що діють;
- можливість отримання загальної відповіді про ймовірні шляхи вирішення проблеми.

Закони тяжіння та відштовхування для електрич-

них зарядів, гравітаційних мас і магнітів ідентичні і виражаються відповідно законом Кулона:

$$F = K \frac{e_1 e_2}{r^2}, \quad (13)$$

де  $F$  – сила взаємодії електричних зарядів  $e_1$  і  $e_2$  Кулон;  $K$  – постійна Кулона;  $r$  – відстань між ними.

Законом Ньютона:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (14)$$

де  $m_1$  і  $m_2$  – гравітаційні маси двох взаємодіючих тіл;  $G$  – постійна гравітації.

Законом взаємодії магнітів:

$$F = \mu \frac{M_1 M_2}{r^2}, \quad (15)$$



де  $m_1$  і  $m_2$  – магнітні маси двох взаємодіючих магнітів;  $\mu$  – магнітна проникність речовини (середовища).

Для електричних зарядів і магнітів можливі як сили тяжіння, так і сили відштовхування. Це залежить від полярності взаємодіючих об'єктів. Різнойменні заряди і різнополюсні магніти притягуються: (+) і (-), N і S. Однойменні (+) і (+), (-) і (-), N і N, S і S – відштовхуються.

У всіх випадках залежно від взаємної віддаленості взаємодіючих тіл величина сил, що виникають між ними, змінюється обернено пропорційно до квадрата відстані між ними.

З цих елементарних загальновідомих положень витікає можливість побудови різних конструкцій безпалливих двигунів на постійних магнітах і електростатичних розрядах.

Проте цих положень недостатньо. Для забезпечення неперервного обертання ротора магнітного двигуна потрібно створити магнітне поле, що обертається, у статорі або ефект обертання магнітного поля статора за наявності постійного магнітного поля в ній.

На цьому принципі побудовано конструкції асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором.

Розглянемо такі варіанти конструкцій, запропонованих авторами.

- двигуни, що працюють на змінній по окружності силі взаємодії, що створюється за умови різного віддалення взаємодіючих магнітів ротора і статора один від одного; робота цих двигунів заснована на силах тяжіння і відштовхування;

- двигуни з ротором у прямому магнітному полі з позмінним відштовхуванням і тяжінням;

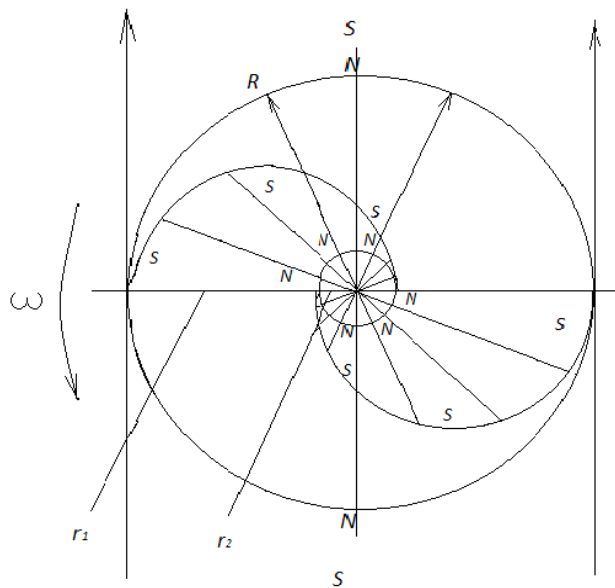
- двигуни з дотичним полем у статорі і радіальним розміщенням магнітів у роторі;

- двигуни з набором дисків у роторі, в яких радіальні магніти зсунуті на кут  $\varphi = \frac{360}{nz}$ , де  $n$  – число дисків у роторі, а  $z$  – число радіальних магнітів у роторі диску;

- комбіновані двигуни – електрогенератори з електрогенераторною обмоткою в статорі, зкомутованою так, щоб у ній створювалося електромагнітне поле з напрямом обертання, який співпадає з напрямом обертання моторних ступенів, підсилюючи обертальний момент.

**Найпримітивніша конструкція. Двополюсні двигуни** (рис. 6). Розглянемо конструкцію таких двигунів, що працюють на силах тяжіння та відштовхування.

Для реалізації вищезазначених положень необхідно створити на роторі різницю величин дії сил тяжіння (або відштовхування) по довжині окружності ротора. Найпростішим є створення такої різниці або відмінністю величин розміщених по колу магнітних мас, що взаємодіють із статором, або відмінністю відда-



**Рис. 6. Схема функціонування двополюсного двигуна, що працює на силах тяжіння та відштовхування**

лень (відстаней) цих мас ротора від полюсів статора.

Відмінність відстаней віддалень магнітних мас ротора від полюсів статора можна отримати, розмістивши магнітні маси ротора по спіралі Архімеда або логарифмічній спіралі. Причому магніти ротора розташовуватимуться радіально.

Спіраль Архімеда характеризується рівномірним по окружності подовженням радіуса:

$$r = a\varphi,$$

де  $r$  – віддалення даної точки спіралі від центру;  $\varphi$  – кут повороту радіусу вектора.

Вибираємо ротор у вигляді двох напівспіралей; тоді константа  $a$  визначатиметься так:

$$\varphi = 180^\circ; r_1 = r_2; r_2 = r_2,$$

з рівнянь

$$r_1 = a\varphi_1; r_2 = a\varphi_2$$

віднімаючи, знайдемо

$$r_2 - r_1 = a(\varphi_2 - \varphi_1),$$

звідки

$$a = \frac{r_2 - r_1}{\varphi_2 - \varphi_1}.$$

У нашому випадку  $\varphi_2 - \varphi_1 = 180^\circ$

$$a = \frac{r_2 - r_1}{180}. \quad (16)$$

Підставивши значення  $r_2$  і  $r_1$ , можна будувати спіраль Архімеда по точках через кожні  $1 \div 10^\circ$  повороту ротора, обчислюючи величину радіуса  $\vec{r}$ .

На рис. 7 показані фази повороту одного диска ротора. Другий диск буде зсунуто щодо першого на кут  $\varphi = 90^\circ = \frac{360}{nz} = \frac{360}{2 \cdot 2}$ . За наявності трьох дисків кут зрушення буде  $\varphi = \frac{360}{3 \cdot 2} = 60^\circ$ ; чотирьох  $-\varphi = \frac{360}{4 \cdot 2} = 45^\circ$ ; при  $n=5$   $\varphi = \frac{360}{5 \cdot 2} = 36^\circ$  тощо. Це за-

безпечить плавність ходу ротора. Магніти ротора направлені радіально полюсам  $N$  до магнітного зазору. Ротор працює на силах відштовхування,  $z$  – число полюсів статора.

З трикутника сил (рис. 8):

$$F_3 = F_2 \operatorname{tg} \varphi = F_1 \sin \beta \quad \begin{array}{ll} \varphi = 0 & \beta = 0 \\ \varphi = 90^\circ & \beta = 90^\circ \end{array}$$

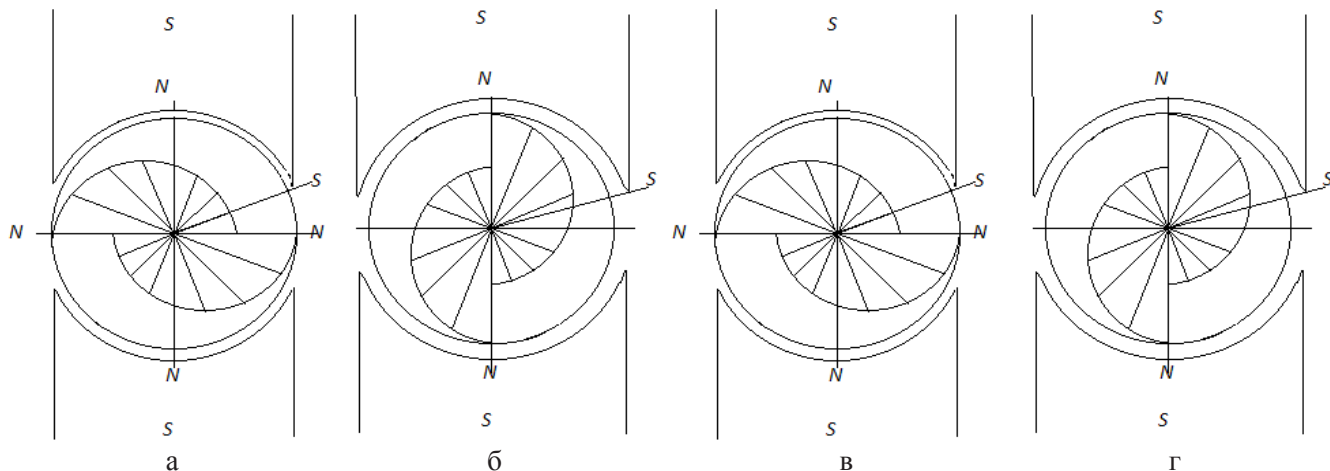


Рис. 7. Фази повороту одного диска ротора: а – максимальний обертальний момент  $M = M_{\max}$ ; б –  $M=0$ ; в –  $M = M_{\max}$ ; г –  $M=0$ .

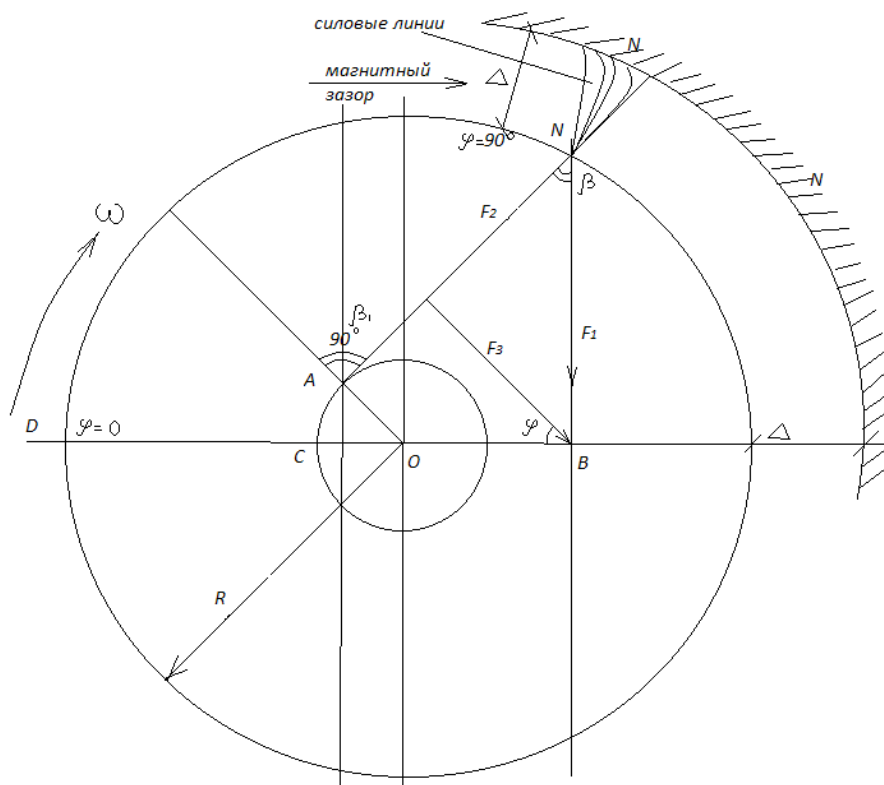


Рис. 8. Схема розрахунку для кута  $\varphi$ . AN – магніт ротора

Кути  $\varphi$  і  $\beta$  рівні як кути із взаємно перпендикулярними сторонами

$$\varphi = \beta, OA \perp AN, OC \perp NB.$$

Магніти ротора розташовані по дотичній до окружності  $r = AO$  до окружності  $R = OD$  ( $AN$ ). Середня окружна сила за 1 крок від 0 до  $\varphi_0$  дорівнює:

$$\bar{F}_{окр} = \frac{\mu m_1 m_2}{\varphi_0 \beta_0} \int_0^{\varphi_0} \int_0^{\beta_0} \frac{d\varphi}{(R - a\varphi)^2} \sin \beta d\beta. \quad (17)$$

Для обчислення інтеграла необхідно знати зв'язок між кутами  $\varphi$  і  $\beta$ . Як показано вище (рис. 9),  $\varphi = \beta$  як кути з взаємоперпендикулярними сторонами:  $AN$  – магніт ротора, розташований по дотичній до окружності  $r = OA$ ;  $NB$  – силове поле статора. На рис. 8 показано викривлення магнітних ліній в зазорі  $\Delta$ , яке спонукає окружну силу.

У разі заміни сил тяжіння між ротором і статором силами відштовхування напрям окружної сили, а отже, і напрям обертання зміниться на зворотний.

Після врахування рівності  $\varphi = \beta$  інтеграл, що визначає характер окружної сили, стане таким:

$$\bar{F}_{окр} = \frac{\mu m_1 m_2}{\varphi_0 \beta_0} \int_0^{\varphi_0} \frac{\sin \varphi d\varphi}{(R - a\varphi)^2}. \quad (18)$$

Обчислення інтеграла

$$\int_0^{\varphi_0} \frac{\sin \varphi d\varphi}{(R - a\varphi)^2} = + \frac{1}{a} \frac{\sin \varphi}{(R - a\varphi)} - \frac{1}{a} \int_0^{\varphi_0} \frac{\cos \varphi}{R - a\varphi} d\varphi \quad (19)$$

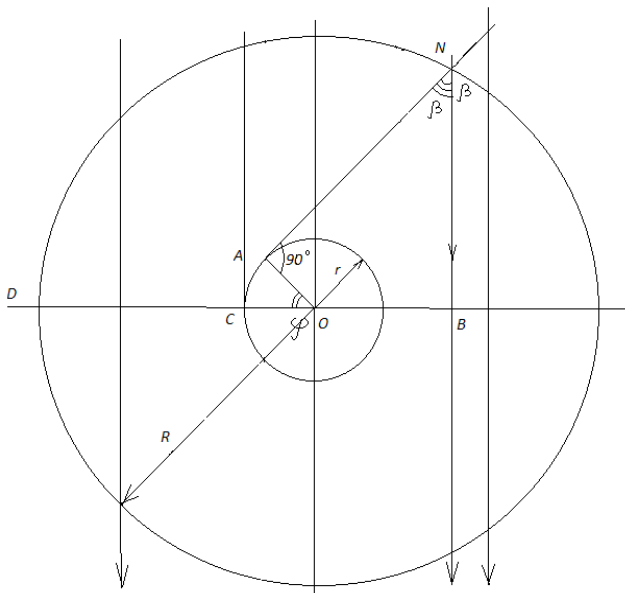


Рис. 9. Схема розрахунку для кута  $\beta$

$$\int_0^{\varphi_0} \frac{\cos \varphi}{R - a\varphi} d\varphi = -\frac{1}{a} \left[ \cos \left( -\frac{R}{a} \right) ci(u) + \sin \left( -\frac{R}{a} \right) si u \right], \quad (20)$$

де  $u = -\frac{1}{a}(R - a\varphi)$ ;  $ci(u)$  – інтегральний косинус;  $si u$  – інтегральний синус.

$$\cos \left( -\frac{R}{a} \right) = \cos \frac{R}{a}, \quad \sin \left( -\frac{R}{a} \right) = -\sin \frac{R}{a}.$$

Обчислений інтеграл не дає уявлення про точне значення величини окружної сили через значне спотворення магнітного поля в магнітному зазорі.

Для якісного аналізу обмежимося першим додатком у значенні інтеграла  $\frac{1}{a} \frac{\sin \varphi}{(R - a\varphi)}$ ,

де  $a = \frac{r_k - r_n}{\varphi_0 - 0}$ . З цього виразу виходить, що окружна сила збільшуватиметься в разі зменшення різниці  $(r_k - r_n)$  радіусів на початку і в кінці кутового кроку  $\varphi_0 = 360/z$  і самого кроку.

Аналізований інтеграл можна обчислити наближено засобом почергової інтеграції, при цьому отримуємо якісно такий же результат

$$d^2 F_{\varphi\beta} = \frac{\mu m_1 m_2}{(R - a\varphi)^2} \sin \beta d\varphi d\beta$$

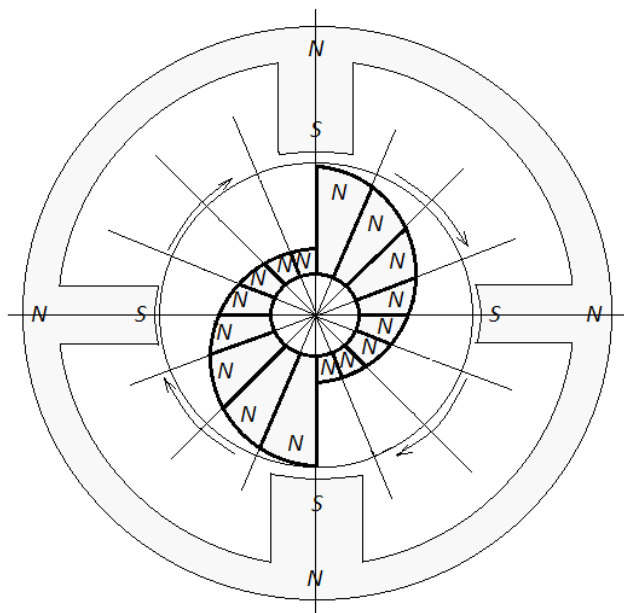
$$\begin{aligned} \bar{F}_{\varphi\beta} &= \frac{1}{\varphi_0 \beta_0} \int_0^{\varphi_0} \int_0^{\beta_0} \frac{\mu m_1 m_2}{(R - a\varphi)^2} \sin \beta d\varphi d\beta = \\ &= \frac{\mu m_1 m_2}{\varphi_0 \beta_0} \left( \frac{1}{R - a\varphi_0} - \frac{1}{R} \right) (1 - \cos \beta_0). \end{aligned} \quad (23)$$

У положенні, коли величина  $X = R - a\varphi$  дорівнюватиме магнітному зазору, а плече  $R \cos \varphi = 0$  (дивись рис. 6), сила тяжіння між ротором і статором буде гальмуючою.

Вихід з цього положення можна здійснити трьома способами:

- установкою екранів локально в місцях максимальних радіусів спіралей;
- використанням сил інерції (маховика) для виведення ротора з мертвих точок, як це здійснено в двигунах внутрішнього згорання;
- найбільш радикальним способом – заміною сил тяжіння силами відштовхування.

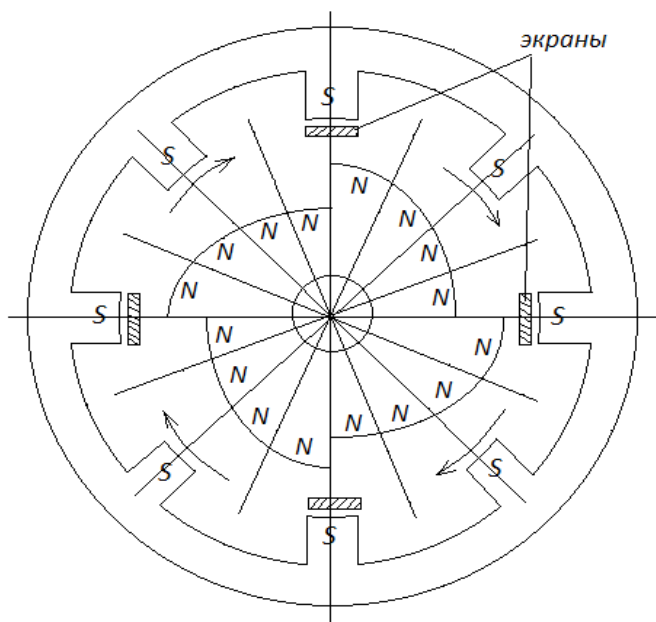
Наведемо деякі варіанти конструкцій (рис. 10)



**Рис. 10. Мертва точка чотириполюсного двигуна, вихід з якої досягається за допомогою маховика**

На чотириполюсному двигуні можлива установка екранів, що обертаються разом з ротором, які екранують виступи  $r_{\max}$  ротора і створюють магнітне поле, що обертається. Швидкість обертання екранів може відрізнитися від швидкості обертання ротора.

Восьмиполюсний двигун забезпечений екранами, що закріплені разом з ротором і обертаються одночасно з ним або з певним випередженням (рис. 11).



**Рис. 11. Восьмиполюсний двигун з екранами, що обертаються**

Число полюсів удвічі більше числа секторів ротора для забезпечення неперервності генерації окружної сили обертання.

Використовуючи вираз (15) підрахуємо елементарну окружну обертальну силу:

$$F_{\text{окр}} = \mu \frac{m_1 m_2}{x^2} - \mu \frac{m_1 m_2}{(x + \Delta r)^2} =$$

$$\mu m_1 m_2 \left| \frac{2x\Delta r + \Delta r^2}{x^4 + 2x^3\Delta r + x^2\Delta r^2} \right| =$$

$$= \mu m_1 m_2 \left[ \frac{\frac{2\Delta r}{x} + \frac{\Delta r^2}{x^2}}{1 + \frac{2\Delta r}{x} + \frac{\Delta r^2}{x^2}} \right] x^2.$$

Сума цих елементарних сил дає загальну обертальну силу.

Розрахунки ведуться з використанням графічного зображення кінематики. Викресливши ротор і статор, проводять поворот ротора на  $\varphi = 10^\circ$  і кожного разу вимірюють величини  $x$  і  $\Delta r$  і обчислюють  $F_{\text{окр}}$ . Потім результат підсумовується за 1 оберт.

Для виведення з мертвих точок у набірному багатодисковому роторі диски зсовуються один відносно іншого на кут зсуву, рівний

$$\varphi = \frac{360}{nz},$$

де  $n$  – число магнітних дисків на валу;  $z$  – кількість магнітів в одному диску.

При парному числі полюсів у статорі число зубців у роторі непарне, а при непарному – число зубців у роторі парне. Можливим є встановлення додаткового полюса, що зміщує поле в статорі.

Різниця сил тяжіння при різниці радіусів ротора по спіралі  $\Delta r$  визначається таким чином. Нехай  $R$  – радіус полюсів статора, тоді відстань між магнітами статора і ротора буде

$$x = R - r(\varphi),$$

де  $g$  є змінною, залежною від кута повороту, радіусом спіралі Архімеда.

Тоді різниця сил тяжіння при різниці радіусів  $\Delta r$  створюватиме окружну силу обертання ротора, як показано на розгортці (рис. 12).

**Визначення обертального моменту. Ефект обертального поля (рис. 13)**

З рівності

$$r = a\phi_r, r = a\phi_k, \phi_k - \phi_n = \phi_0 - \text{кутовий крок,}$$



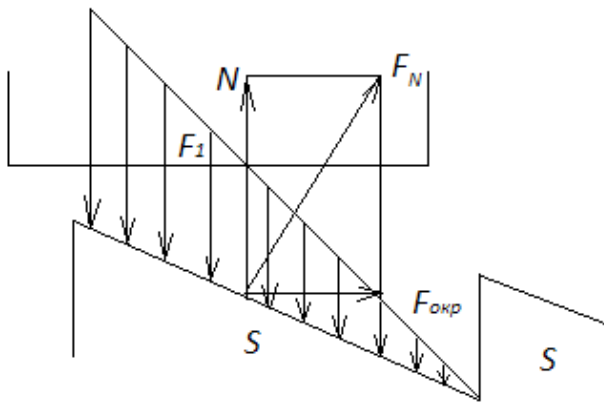


Рис. 12. Зміна сил тяжіння F1 на скосі

$$r_k - r_n = a(\varphi_k - \varphi_n)$$

$$a = \frac{r_k - r_n}{\varphi_k - \varphi_n}$$

$$r = a\varphi = (r_k - r_n) \frac{\varphi}{\varphi_k - \varphi_n} \quad (27)$$

Відстань між магнітами по радіусу

$$x = R - a\varphi = R - \frac{r_k - r_n}{\varphi_k - \varphi_n} \varphi \Big|_0^{\varphi_0} \quad (28)$$

$b_0$  – ширина магніту по колу.

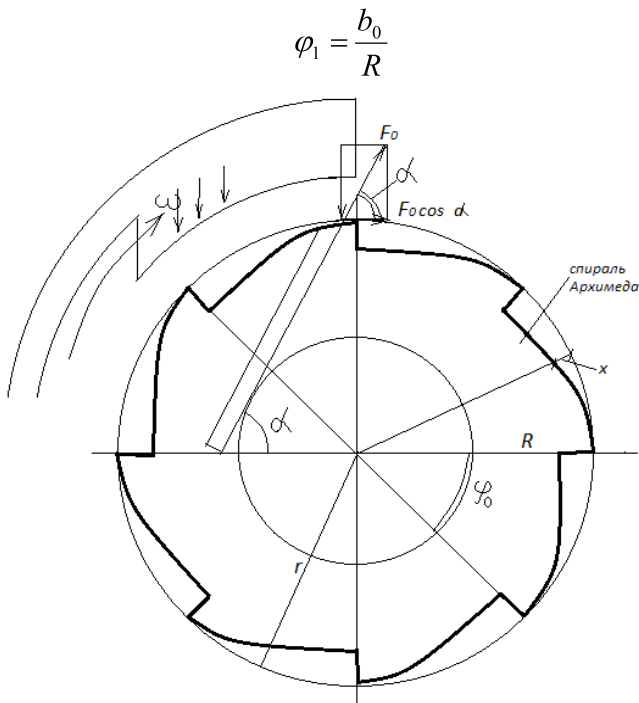


Рис. 13. Розрахункова схема. Спіраль Архімеда  
 $r = a\phi$ ,  $\phi = \phi_0$

$$F_x = \frac{\phi}{(R - a\varphi)^2} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_0} = \frac{\phi}{x^2}, \quad x = R - a\varphi \quad (29)$$

$$\bar{F}_x = \frac{1}{\varphi_0 - \varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\varphi_0} \frac{\phi}{(R - a\varphi)^2} d\varphi \quad (30)$$

Обчислення інтеграла

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{(R - a\varphi)^2} = \frac{1}{a} \int_{\varphi_1}^{\varphi_0} \frac{d\varphi}{(R - a\varphi)^2} =$$

$$= -\frac{1}{a} \int_{\varphi_1}^{\varphi_0} \frac{d(R - a\varphi)}{(R - a\varphi)^2} = -\frac{1}{a} \frac{(-1)}{R - a\varphi} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_0} =$$

$$= \frac{1}{a} \frac{1}{R - a\varphi} \Big|_{\varphi_1}^{\varphi_0} = \frac{1}{a} \left( \frac{1}{R - a\varphi_0} - \frac{1}{R - a\varphi_1} \right)$$

$$\bar{F}_x = \frac{1}{\varphi_0 - \varphi_1} \phi \left( \frac{1}{R - a\varphi_0} - \frac{1}{R - a\varphi_1} \right), \quad (31)$$

де  $\varphi_1 = \frac{b_0}{R}$ ;  $a = \frac{r_k - r_n}{\varphi_k - \varphi_n} = \frac{r_k - r_n}{\varphi_0 - \varphi_1}$ .

Обертальний момент

$$M = z\bar{F}_x R(\cos \alpha) = z\bar{F}_x R(\cos \omega t),$$

де  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ;  $R = \cos \alpha$  – величини плеча моменту.

Сумарний момент на одному квадранті (1/4 кола)

$$\alpha = \omega t$$

$$\frac{4}{T} \int_0^{T/4} FR \cos \omega t dt = \frac{2}{\pi} FR. \quad (32)$$

Підставивши (32) у (31) і збільшивши в чотири рази, отримаємо сумарний обертальний момент за 1 оборот:

$$\Sigma M = \frac{8}{\pi} FR = \frac{8}{\pi} \frac{1}{\varphi_0 - \varphi_1} \phi \left( \frac{1}{R - a\varphi_0} - \frac{1}{R - a\varphi_1} \right) =$$

$$= \frac{8}{\pi} \frac{\phi}{a} \frac{1}{\varphi_0 - \varphi_1} \left( \frac{(R - a\varphi_1) - (R - a\varphi_0)}{(R - a\varphi_0)(R - a\varphi_1)} \right) =$$

$$= \frac{8}{\pi} \frac{\phi}{a} \frac{1}{\varphi_0 - \varphi_1} \frac{a(\varphi_0 - \varphi_1)}{(R - a\varphi_0)(R - a\varphi_1)} =$$

$$= \frac{8}{\pi} \frac{\phi}{(R - a\varphi_0)(R - a\varphi_1)},$$

де  $a = \frac{r_k - r_n}{\varphi_0 - \varphi_1}$ ,  $\varphi_0 = \frac{2\pi}{z}$ ,  $\varphi_1 = \frac{b_0}{R}$ .

Отже,

$$\Sigma M = \frac{8}{\pi} \frac{\varphi}{(R - a\phi_0)(R - a\phi_1)}. \quad (33)$$

Потужність визначається формулою

$$N = \frac{\Sigma F_{окр} \nu}{102}, \text{ кВт}, \quad (34)$$

де  $\nu = \pi D n$  – невідома поки окружна швидкість обертання ротора, вона залежатиме від числа пар полюсів, кількості елементарних магнітів у роторі і може бути отримана експериментально.

**Заміна сили тяжіння силою відштовхування.** Заміна сили тяжіння силою відштовхування – це радикальне вирішення проблем, указаних вище. У разі заміни сил тяжіння силами відштовхування екрани, діамантні вставки, маховики тощо не потрібні.

Слід створити неперервні полюси і неперервний набір скошених по спіралі Архімеда магнітів у роторі, підбравши певним чином крок між магнітами ротора і статора (рис. 14).

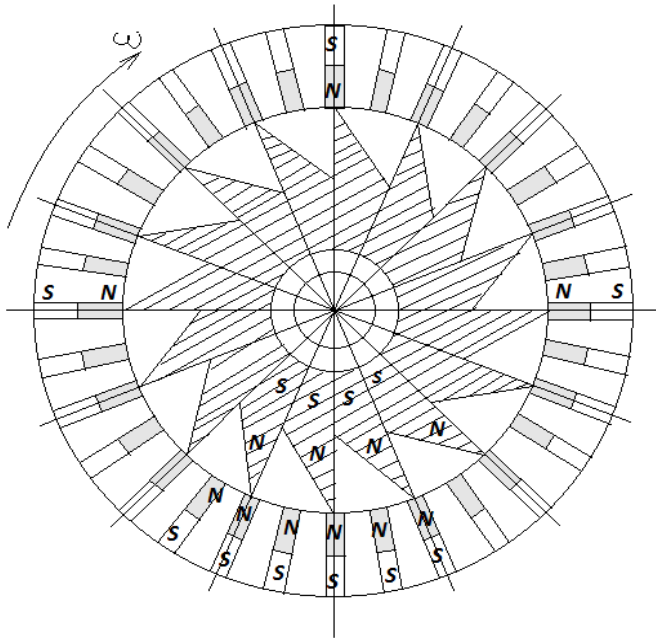


Рис. 14. Схема магнітної системи двигуна зі скосами в роторі

Сила відштовхування

$$F_{om} = \mu \frac{M_1 M_2}{x^2} \quad (35)$$

спрямована вздовж радіального магнітного поля, що створюється неперервним статором, який складається з набору радіально розташованих магнітів.

Нормальна складова сили відштовхування (рис. 15)

$$F_{нор} = \frac{F_{om}}{\cos \alpha} = \frac{F_{om}}{\sin \beta}. \quad (36)$$

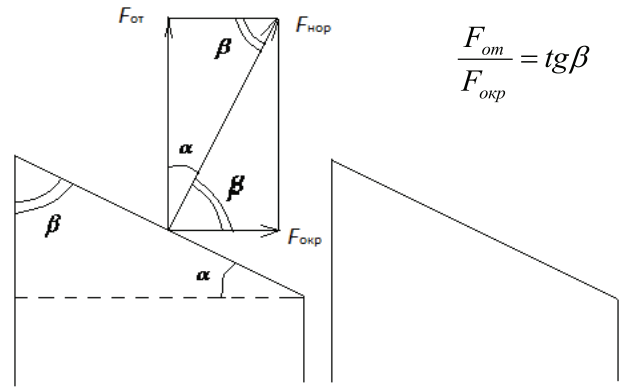


Рис. 15. Схема дії сил на скосі магніту

Окружна обертальна складова

$$\begin{aligned} F_{окр} &= \frac{F_{om}}{\sin \beta} = \sqrt{F_{нор}^2 - F_{om}^2} = \sqrt{\frac{F_{om}^2}{\sin^2 \beta} - F_{om}^2} = \\ &= F_{om} \sqrt{\frac{1 - \sin^2 \beta}{\sin^2 \beta}} = \frac{F_{om}}{\cos \beta}. \end{aligned} \quad (37)$$

Сила на косому зрізі може виявитися в електростатичному двигуні, оскільки електростатичні сили взаємодії поверхневі.

Сили магнітної взаємодії об'ємні, тому в цьому випадку проявляється не ефект косоного зрізу, а дія елементарних сил, обумовлених різницею  $\Delta r$  віддалення магнітів статора і ротора один від одного згідно з формулою (24).

**Пряме магнітне поле статора і радіально встановлені магніти ротора.** Пряме магнітне поле встановлюється між двома напівкільцевими магнітами статора і радіально розміщеними магнітами ротора (рис. 16). При цьому полюси магнітів статора чергуються по колу  $S - N - S - N$ . У цьому випадку в I квадранті виникає сила відштовхування, в II – сила тяжіння, у III – відштовхування і в IV – тяжіння, магніти ротора звернені до магнітного зазору полюсами N.

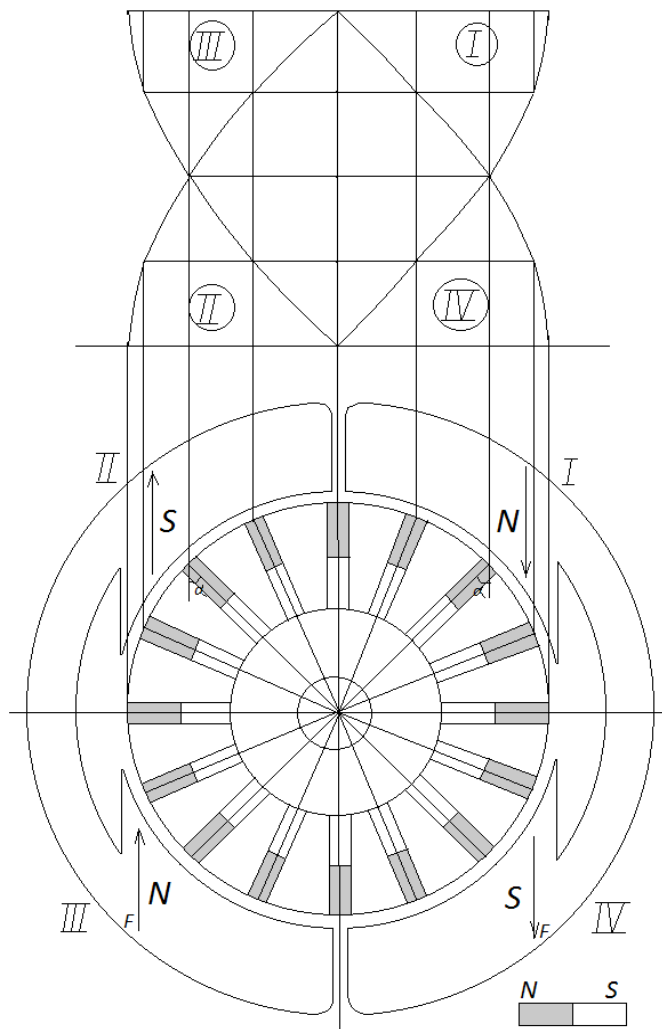
$$M = FR(\cos \omega t + \sin \omega t),$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Обертальний момент у будь-якій точці кола рівний

$$\mu_1 = (\pm F)x = (\pm F)R \cos \alpha, \quad (38)$$

де знак  $\pm$  указує на напрям сили – тяжіння або відштовхування;  $x$  – плече цієї сили  $x = R \cos \alpha$ ;  $\alpha$  – кут повороту радіуса  $\alpha = \omega t$ .



**Рис. 16. Пряме магнітне поле статора:  
I, II, III, IV – квадранти**

Першою точкою оберемо крайню ліву. Тоді сумарний момент (максимальний) буде

$$\begin{aligned} \sum M &= \int_0^{2\pi} (\pm F)R \cos \alpha d\alpha = (+F)R \int_0^{\pi/2} \cos \alpha d\alpha + \\ &+ (-F)R \int_{\pi/2}^{\pi} \cos \alpha d\alpha + (+F)R \int_{\pi}^{3\pi/2} \cos \alpha d\alpha + \\ &+ (-F)R \int_{3\pi/2}^{2\pi} \cos \alpha d\alpha = (+F)R \sin \alpha \Big|_0^{\pi/2} + (-F)R \sin \alpha \Big|_{\pi/2}^{\pi} + (39) \\ &+ (-F)R \sin \alpha \Big|_{\pi}^{3\pi/2} + (+F)R \sin \alpha \Big|_{3\pi/2}^{2\pi} = \\ &= FR(1-0) - FR(0-1) - FR(-1-0) + FR(1-0) = \\ &= FR + FR + FR + FR = 4FR \end{aligned}$$

Сила  $F$  при прямому полі по лінії окружності залишається постійною. Таким чином, обертання ротора в прямому магнітному полі, в якому полюси змінюються по квадрантах, чергуючись  $N - S - N - S$ , є

можливим. Сила  $F$  змінює напрям дії в разі переходу з квадранта в квадрант з відштовхування на тяжіння.

Усередині кожного квадранта обертальний момент змінюється за синусоїдою. Середнє його значення знаходимо, усереднюючи за чверть періоду

$$\begin{aligned} \frac{4}{T} \int_0^{T/4} FR \cos \omega t dt &= \frac{4\omega}{2\pi} \int_0^{\pi/2\omega} FR \cos \omega t dt = \frac{4\omega}{2\pi\omega} FR \int_0^{\pi/2\omega} \cos \omega t d(\omega t) = \\ &= \frac{2}{\pi} FR \sin \omega t \Big|_0^{\pi/2\omega} = \frac{2}{\pi} FR \left( \sin \frac{\pi}{2} - 0 \right) = \frac{2}{\pi} FR \end{aligned}$$

Помножуючи на чотири квадранти, отримаємо

$$\sum \mu = 4 \frac{2}{\pi} FR = \frac{8}{\pi} FR < 4FR. \quad (40)$$

Середній обертальний момент менше за максимальний (рис. 17).

Максимальний момент на кінцях діаметра  $AB$

$$M_m = FR + FR + FR + FR = 4FR.$$

Середній обертальний момент у кожному квадранті

$$\bar{M} = \frac{2}{\pi} M_m. \quad (41)$$

Радіальне дотичне магнітне поле утворюється радіальними магнітами ротора і магнітами статора, розташованими по дотичній до кола ротора.

Для радіального магнітного поля сила  $F$  взаємодії між магнітами є лише силою відштовхування і тому не змінює свого знака вздовж лінії окружності, але внаслідок зміни відстані між взаємодіючими магнітами ротора і статора змінює свою величину.

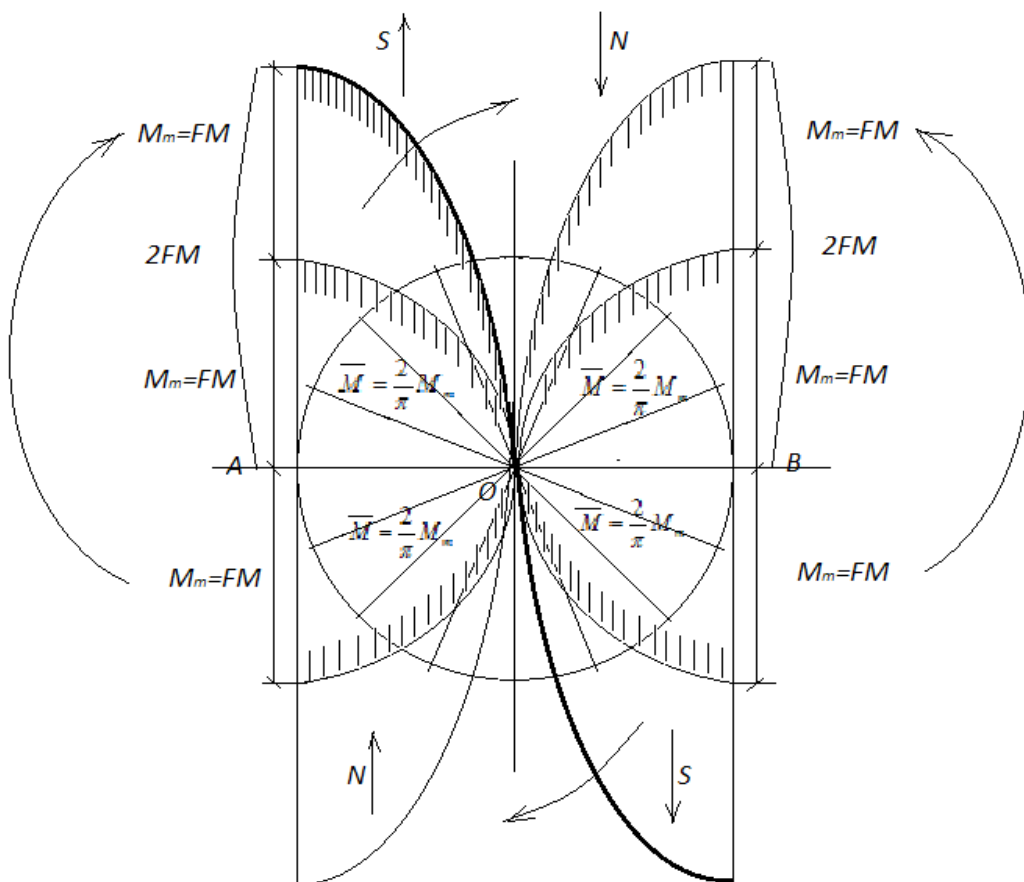
$$F = \frac{\phi}{4\pi\mu_0 r^2} = \mu \frac{M_1 M_2}{r^2} = \frac{const}{r^2}, \quad (42)$$

де  $r = R\varphi$  і змінюється по колу від  $b$  до  $R \frac{2\pi}{z}$ ;  $b$  – ширина магніту по колу;  $\frac{2\pi R}{z} = t_0$  – крок між магнітами по колу.

При повороті ротора на один крок між магнітами сила  $F$  зміниться від величини

$$\begin{aligned} F_1 = \frac{K}{b^2} \quad \text{до} \quad F_2 = \frac{K}{t_0^2}, \\ K = \mu M_1 M_2. \end{aligned} \quad (43)$$

Потенціал магнітного поля змінюється по гіперболі  $\varphi = \frac{(-K)}{r}$ , звідси



**Рис. 17. Максимальний і середній обертальний момент ротора з радіальними магнітами в прямому магнітному полі статора: жирна лінія – підсумковий сумарний обертальний момент; стрілки N – S – N – S – напрям сил тяжіння і відштовхування**

$$F = \frac{d\phi}{dr} = \frac{K}{r^2}. \quad (44)$$

Середньо-інтегральна величина

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$$

$$\bar{F}(t) = \frac{1}{t_0 - b_0} \int_{b_0}^{t_0} \frac{\phi}{t^2} dt = \frac{-\phi}{t_0 - b_0} \left( \frac{1}{t_0} - \frac{1}{b_0} \right) =$$

$$= \phi \frac{1}{t_0 - b_0} \left( \frac{1}{t_0} - \frac{1}{b_0} \right) = \phi \frac{t_0 - b_0}{(t_0 - b_0)b_0 t_0} = \frac{\phi}{b_0 t_0} \quad (45)$$

для однієї комірочки, їхня кількість –  $z$ .

Це середнє значення сили взаємодії магнітів ротора і статора, що працюють на відштовхуванні на інтервалі  $b_0 - t_0$ , де  $b_0$  – ширина магніту по колу,  $t_0 = \frac{2\pi R}{z}$  – крок між магнітами.

При розміщенні магнітів у роторі радіально, а в статорі по дотичних до радіальних, момент обертання постійний  $FR$ , але сила взаємодії убуває по мірі віддалення від кромки магніту  $b_0$  до кінця кроку  $t_0$ :

$$F = \frac{\phi}{b_0 t_0}, \text{ для однієї комірочки, де } \phi = \mu M_1 M_2 - \text{магніт-}$$

ний потік.

Загальний обертальний момент за один оберт для радіального поля буде

$$\sum M = z \bar{F} R = z \frac{\phi}{b_0 t_0} R, \quad (46)$$

де  $z$  – число радіальних магнітів у роторі;  $b_0$  – ширина одного магніту по колу;  $t_0 = \frac{2\pi R}{z}$  – крок між магнітами;  $\phi = \mu M_1 M_2$  – магнітний потік.

Підставивши  $t_0 = \frac{2\pi R}{z}$ , отримаємо  $\sum M = z^2 \frac{\phi}{2\pi b_0 R}$ , не залежить від радіуса  $R$ .

Порівняння величин обертальних моментів дасть:

$$\text{пряме магнітне поле } \sum M = \frac{8}{\pi} FR, F = \text{const} \quad (47)$$

$$\text{радіальне } \sum M = z \frac{\phi}{b_0 t_0} R = z^2 \frac{\phi}{2\pi b_0} = z \bar{F} R,$$

$$\bar{F} = \frac{\phi}{b_0 t_0}, R = \text{const} \quad (48)$$

Порівнюючи, маємо

$$\sum M = \frac{8}{\pi} FR \quad \text{і} \quad \sum M = z \bar{F} R \quad (49)$$



при числі магнітів  $z > \frac{8}{\pi} \approx 3$  обертальний момент радіального поля буде більший, ніж прямого.

Радіальне поле вигідніше, оскільки убуває вздовж кроку і може убувати до величини, яка не здатна здолати опір. Тому потрібно мати в роторі на валу набір з  $n$  дисків, зсунутих один відносно іншого на кут  $\varphi = \frac{360}{zn}$ , де  $z$  – число радіальних магнітів у роторі;  $n$  – число дисків на валу. У статорі потрібно мати скрізні магніти без поділу на диски.

В обох варіантах напрям обертального моменту не змінюється – ротор повинен обертатися з маховиком, який нейтралізує мертві точки, з обмоткою електрогенератора, що створює в радіальних пазах оберталь-

не магнітне поле.

Агрегат (рис. 18) включає в себе: рукоятку зі скошеними зубцями для зчеплення і розчеплення з валом; маховик із стрічковим гальмом; перший ступінь з прямим магнітним полем і набірним ротором з кутом зсуву між магнітами  $\varphi = \frac{360}{zn}$ ,  $z$  – число радіальних магнітів у роторі,  $n$  – число дисків; електрогенераторні ступені з похилими (нерадіальними) магнітами в роторі і з обмоткою в пазах статора, струм, що індукується в обмотці статора, створює магнітне поле, що обертається в напрямі обертання ротора агрегату, що досягається завдяки підбиранню напрямку укладання обмотки статора.

Для дослідного зразка рекомендується виконувати

### Конструкція самохідного електрогенератора

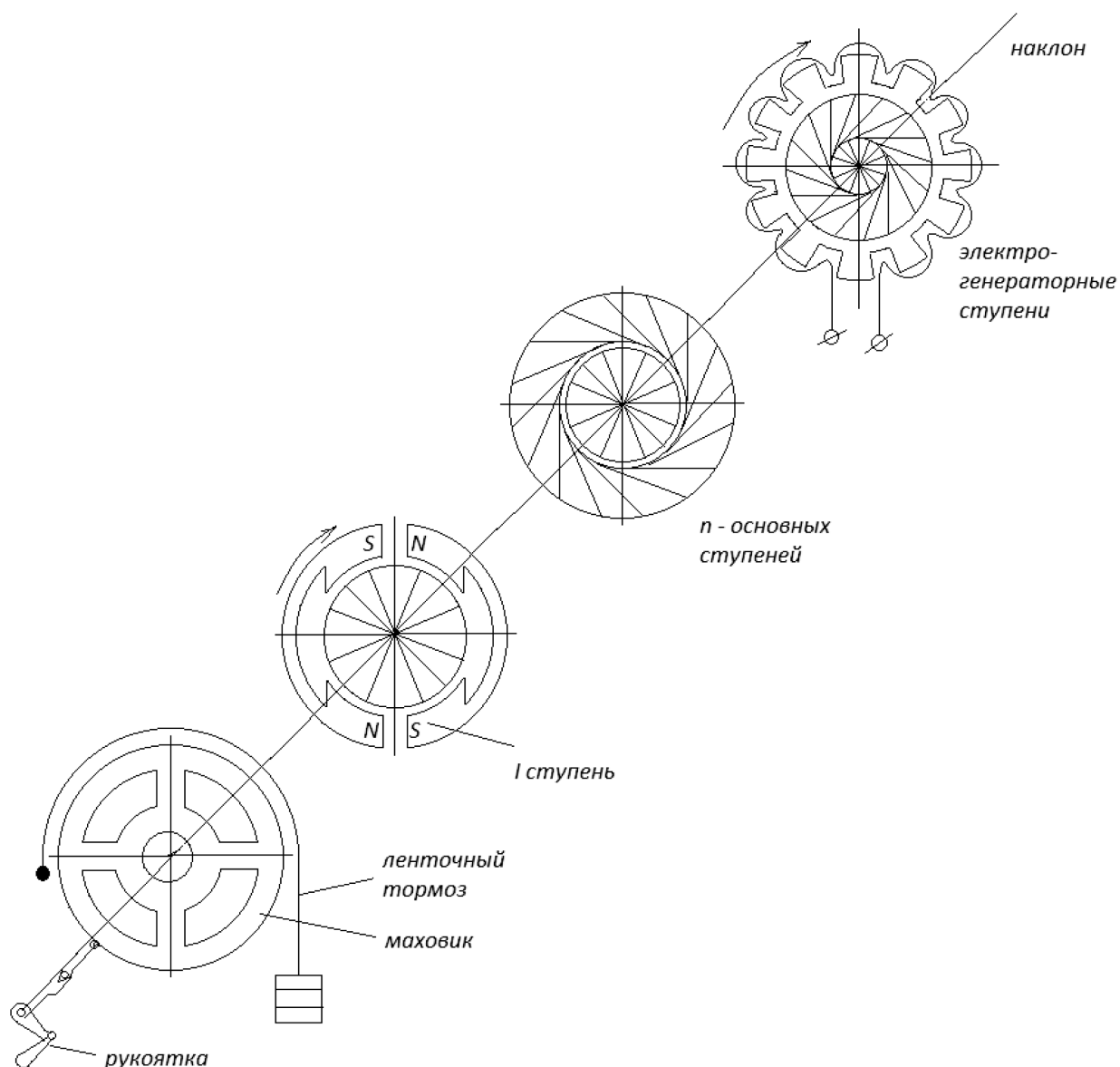


Рис. 18. Загальна схема магнітного двигуна

ти моторні і генераторні ступені в окремих корпусах, з'єднавши їхні вали муфтами, одна з яких – електромагнітна для виміру потужності на валу і використання її як гальмо.

Розміри вузлів і деталей встановлюються залежно від розмірів використовуваних корпусів.

**Комутація обмоток генераторного ступеня.** Обмотки генераторного ступеня комутуються так, щоб індукований в них електричний струм створював у статорі магнітне поле, що обертається, співпадаючи за напрямком обертання з напрямком обертання ротора (рис. 19; 20).

Моторні ступені підсилюватимуть магнітне поле генераторного оберտального ступеня відповідно до оберտального моменту, що виробляється в них.

**Принципи конструювання безпаливних магнітних двигунів на постійних магнітах.** Магнітний двигун на постійних магнітах пропонується автором конструювати подібно до пристрою асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором. Тобто, перш за все, необхідно створити в статорі первинне і вторинне магнітне поле, що обертається, з постійними магнітами для створення і підтримки обертання магнітного ротора. Це обертання може бути потім

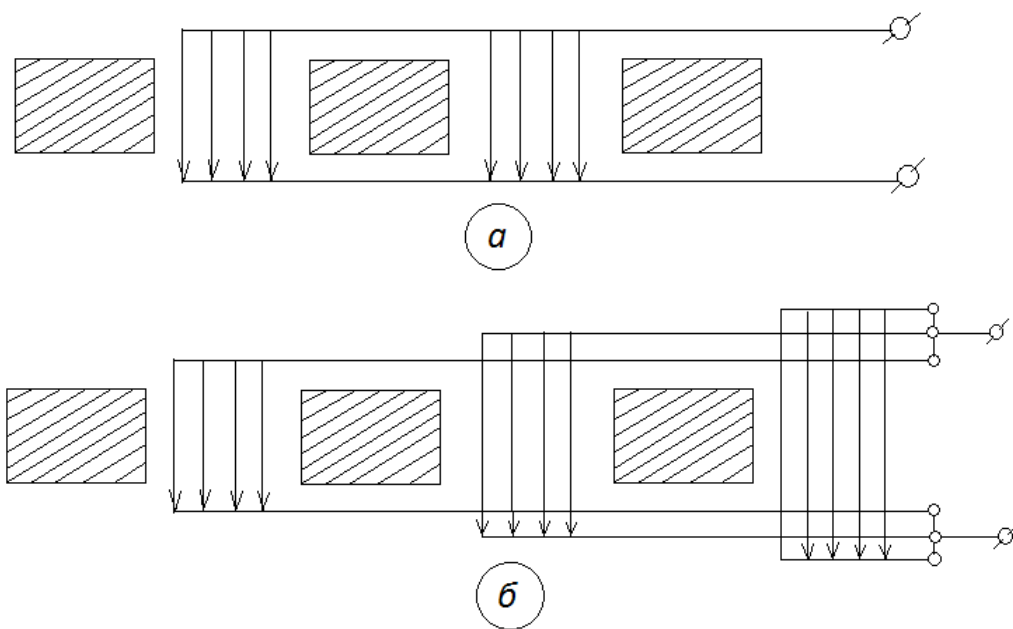


Рис. 19. Різновиди комутації обмотки статора електрогенератора:  
а – паралельна по струму; б – паралельна по напрузі

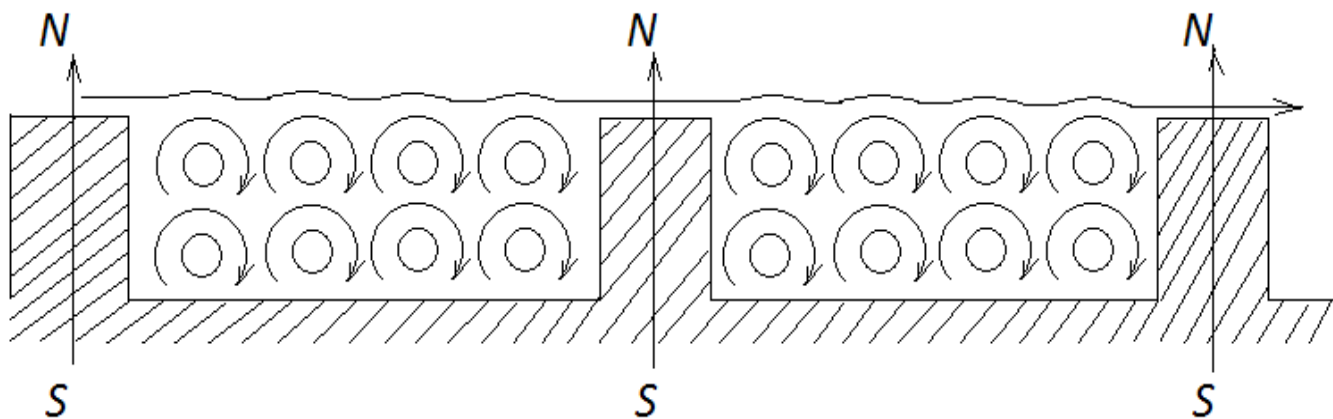


Рис. 20. Створення електромагнітного поля, що обертається (за правилом буравчика) в обмотках статора електрогенераторного ступеня

посилене дією чисто магнітних ступенів на постійних магнітах.

У цьому полягає вирішення задачі створення працездатного магнітного двигуна.

Конструкції чисто магнітних ступенів без магнітного поля, що обертається, можуть бути різні, конструювання їх не викликає труднощів, але найбільш ефективним нам уявляється принцип роботи магнітного ротора і статора на взаємному неперервному відштовхуванні. Для реалізації цього принципу досить направити до магнітного зазору магніти ротора і статора однойменними полюсами, наприклад  $N \rightarrow N$ . Ротор може конструюватися як набір з переліку дисків, розміщених послідовно на валу один за іншим. Кожен диск містить у собі набір лінійних смугових магнітів, які можуть бути встановлені:

1) радіально по радіусах з кутовим кроком  $\varphi_0$  між ними;

2) по дотичній до початкового кола діаметром 0,5 – 0,8 від діаметра диска ротора з тим же кутовим кроком між магнітами;

3) як у п. 1 і 2, але з зсувами їхньої поверхні всередині кроку, виконаними по спіралі Архімеда,  $r = a\varphi$ , де  $a = \frac{r_k - r_n}{\varphi_k - \varphi_n}$ ,  $k, n$  – кінцеве і початкове значення радіусу і кута вздовж одного кроку.

Такі скоси дадуть можливість змінити силу відштовхування магніта ротора від магніта статора впродовж кроку їхньої установки з тим, щоб на початку кроку, коли взаємодіють магніти ротора і статора з максимальною силою, отримати імпульс на обертання, а в кінці кроку, коли у взаємодію вступає магніт ротора, що протидіє обертанню, ослабити цю протидію. Кожен попередній диск ротора має бути зсунутий щодо подальшого диска на долю кутового кроку між магнітами, рівну

$$\Delta\varphi = \frac{\varphi_0}{n} = \frac{360}{zn},$$

де  $\varphi_0$  – кутовий крок між магнітами ротора;  $n$  – число дисків;  $z$  – число магнітів у диску. Такий зсув забезпечить рівномірність обертання магнітного ступеня.

У статорі встановлюються також лінійні пластинчасті магніти, бажано за напрямом дотичних до зовнішньої окружності ротора.

Можливим є й інший вид магнітної системи статора – у вигляді двох підковоподібних магнітів із чергуванням полюсів у квадрантах по колу  $N-S-N-S$ . У цьому випадку, якщо радіальні або дотичні магніти ротора повернуті до магнітного зазору полюсом  $N$ , то при нумерації квадрантів подібно до нумерації тригонометричного кола, при  $N$  у III квадранті, а  $S$  у IV, в першому будуть сили відштовхування, а в другому – діятимуть сили тяжіння; а в I і II квадрантах при  $S$  в

I і N в II будуть сили тяжіння і відштовхування обер-тати ротор у тому ж напрямі.

Плече обертального моменту змінюватиметься згідно з законом  $x = R(\cos \omega t + \sin \omega t)$ , де  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – кутова швидкість ротора. І якщо сили відштовхування і тяжіння постійні, то так само змінюватиметься обер-тальний момент. Сумарний обертальний момент усіх квадрантів буде близький до прямокутника.

За чверть періоду (у квадранті) маємо:

$$M_{1/4} = \frac{4}{T} \int_0^{T/4} FR \cos \omega t dt = \frac{4\omega}{2\pi\omega} \int_0^{\pi/2\omega} FR \cos \omega t d(\omega t) = \frac{2}{\pi} FR \sin \omega t \Big|_0^{\pi/2\omega} = \frac{2}{\pi} FR.$$

Помноживши на чотири квадранти, отримаємо  $\sum M = 4 \frac{2}{\pi} FR = \frac{8}{\pi} FR$ , трохи менше максимального  $M_{\max} = 4FR$ .

Створення первинного магнітного поля, що обертається, статора за наявності в ньому лише постійних магнітів можливе завдяки обертанню циліндрового екрану з прорізами, виконаними по твірним циліндра з розміщенням екрану в магнітному зазорі між ротором і статором. Таке обертання можна здійснити за допомогою електромоторчика невеликої потужності з живленням від акумулятора та електрогенераторного ступеня магнітного двигуна – генератора. Електродвигун екрану повинен підключатися через інвертор або тиристорний регулятор для здійснення зміни числа обертів від мінімального до максимального під час запуску і розгону двигуна.

Матеріал екрану повинен забезпечувати екранування магнітного поля статора в проміжках між прорізами так, щоб під час обертання екрану створювався повний ефект обертання поля. При цьому на обертання екрану має витратитися невелика потужність, порядку 10–15%. Отже, мінімум витрат на обертання екрану досягається завдяки вибору матеріалу для екранів і магнітної системи.

Матеріал для магнітної системи вибирається з урахуванням величини магнітної проникності і величини коерцітивної (пондеромоторної) сили.

Величина магнітної проникності ферромагнітних матеріалів коливається в межах максимальних значень по намагніченості насичення  $\mu_{\max}$ , залізо –  $\mu_{\max} = 5000$ , пермалой (78% Ni і 22% Fe)  $\mu_{\max} = 100000$ .

Намагніченість у системі CI визначається формулою

$$I = B - B_0 = \mu B_0 - B_0 = (\mu - 1)B_0,$$

де  $\mu$  – відносна магнітна проникність речовини;

$B_0$  – індукція магнітного поля у вакуумі;  
 $B$  – індукція внутрішнього магнітного поля в речовині  $B = \mu B_0$ .

Діамагнетики ( $\mu \leq 1,0$ ) і парамагнетики ( $\mu \geq 1,0$ ) мають магнітну проникність близько ( $\mu = 1,0$ ). Тому не намагнічуються або намагнічуються слабо.

Крива намагніченості виражається залежністю

$$I = f\left(\frac{B_0}{\mu_0}\right),$$

де  $\mu_0$  – магнітна проникність матеріалу в СІ. Для феромагнетиків ця крива має область насичення

$I_i = I_{\max} \left(\frac{B_{i0}}{\mu_0}\right)$ , для діамагнетиків ця крива неперервно зростає із збільшенням  $\frac{B_0}{\mu_0}$  магнітної індукції зовнішнього поля, індуковане в них поле спрямоване проти зовнішнього поля.

Тому діамагнетики, як парамагнетики і феромагнетики, можуть бути використані для екранів, що обертаються, з метою створення магнітного поля, що обертається, при постійних магнітах у статорі і роторі.

Обертання таких екранів здійснюється від окремо-

го електромотора невеликої потужності, що живиться до розгону ротора від акумулятора, а надалі – від електрогенераторного ступеня магнітного двигуна.

Екрани, виготовлені з феромагнетиків, потребують більших витрат енергії, ніж екрани з діамагнетиків і парамагнетиків, проте їхня екрануюча і підсилююча дія сильніша.

Величина коерцитивної – затримуючої сили визначається з петлі гістерезису кривої намагніченості

$$I = I\left(\frac{B_0}{\mu_0}\right) \text{ (рис. 21).}$$

Робота перемагнічування феромагнетика здійснюється за рахунок енергії зовнішнього магнітного поля. У разі перемагнічування потенціал зовнішнього магнітного поля знижується. Величина роботи перемагнічування пропорційна площі петлі гістерезису кривої намагніченості. Матеріали з широкою петлею гістерезису належать до жорстких магнітних матеріалів і мають велику коерцитивну силу. Це, зокрема: вуглецеві, вольфрамові, хромові, алюмінієво-нікелеві криці і ін.

До м'яких магнітних матеріалів, що мають малу коерцитивну силу і вузьку петлю гістерезису, належать залізо і сплави заліза з нікелем.

Жорсткі магнітні матеріали доцільно використовув-

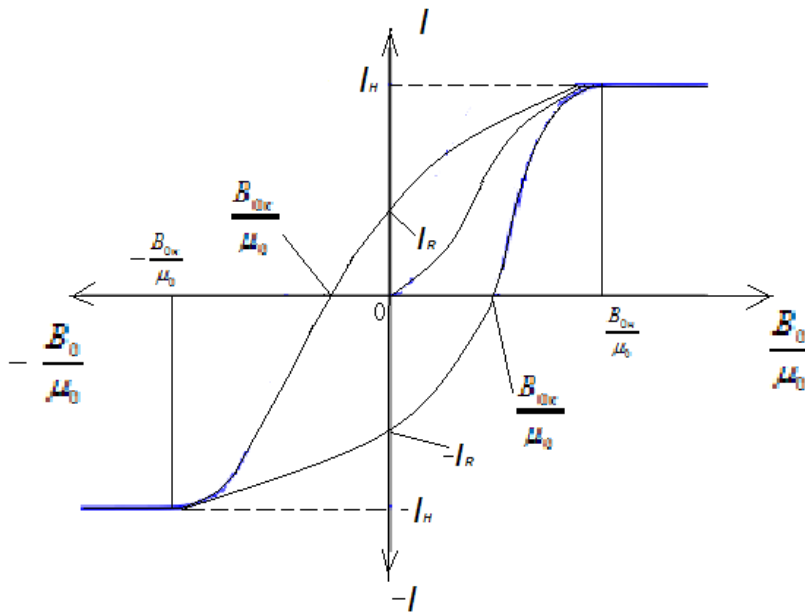


Рис. 21. Петля магнітного гістерезису:

$I_H, (-I_H)$  – намагніченість насичення;  $I_R, (-I_R)$  – залишкова намагніченість за відсутності

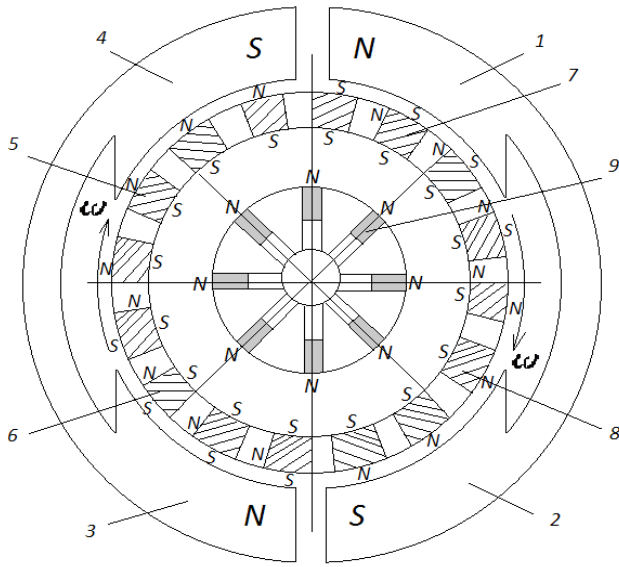
зовнішнього поля  $\frac{B_0}{\mu_0} = 0$ ;  $\frac{B_0}{\mu_0}, (-\frac{B_0}{\mu_0})$  – напруженість поля при досягненні намагніченості насичення;

$\frac{B_{0k}}{\mu_{0k}}, (-\frac{B_{0k}}{\mu_{0k}})$  – напруженість поля коерцитивної сили.



вати для магнітних систем, а м'які – для виготовлення екранів, що обертаються.

**Варіанти конструкцій магнітних двигунів з екраном, що обертається ( рис. 22). Екран феромагнітний залізний  $Fe$ ,  $\mu = 5000$  : магнітна система**



**Рис. 22. Магнітний двигун, що працює на силах тяжіння і відштовхування в полі, що обертається: 1, 2, 3, 4 – полюси статора з полярністю N-S-N-S, що чергуються, сталь  $\mu = 100000$ ; 5, 6, 7, 8 – секції екрану, що обертається, з феромагнітного матеріалу (залізо  $\mu = 5000$  ), що по черзі перемагнічуються під час обертання так, що з боку ротора і статора діють рівні сили тяжіння; 9 – радіальні магніти ротора, розміщені північними полюсами до магнітного зазору, магнітний зазор мінімальний.**

статора неперервна всередині квадранта, полярність полюсів змінюється по колу від квадранта до квадранта N-S-N-S (чотири полюси, по одному в кожному квадранті); ротор магнітний, магніти встановлені радіально, пластинчасті, лінійні. До магнітного зазору магніти ротора повернуті одним полюсом, наприклад північним – N; екран циліндричний, з прорізами по твірних лініях циліндра, по торцях кріпиться до торцевих дисків, розміщених на шарикопідшипниках на валу ротора з можливістю вільного обертання на валу; привід дисків екрану від повідців малого електродвигуна з керованим числом обертів постійного струму від акумулятора при пуску, з перемиканням на обмотку електрогенераторного ступеня магнітного двигуна після його розгону.

Феромагнітний екран двигуна, що обертається від малого електромотора, піддається періодичному намагнічуванню і розмагнічуванню під час обертання від квадранта до квадранта. У разі повільного його

обертання цикли розмагнічування і намагнічування встигають завершитися. При цьому в екранах індуктується полярність, протилежна полярності статора і ротора, виникають рівні по величині сили тяжіння з боку ротора і статора. Екран буде вільний від виникнення сил, які гальмують його обертання.

У разі прискорення обертання екрану і досягнення високої швидкості обертання екран може не встигати перемагнічуватися і поводитиметься як парамагнетик. Отже, не буде причин для виникнення сил, які гальмуватимуть його обертання.

Ці передумови дозволяють розраховувати, що на обертання екрану витратиться невелика енергія

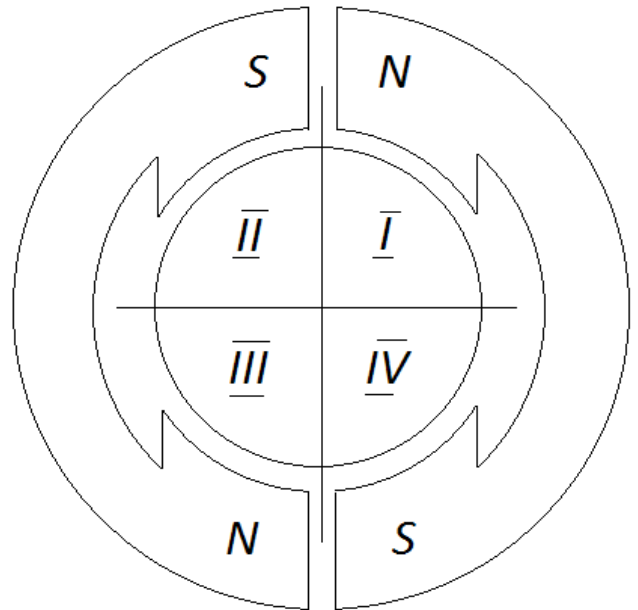
$$N = \frac{\mu\omega}{102},$$

де  $\mu = mr^2$  – момент інерції екрану, рівний  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$  - кутова швидкість обертання.

Обертання екрану з прорізами створюватиме ефект обертання магнітного поля статора, і магнітний ротор повинен слідувати за обертанням статора.

Нумеруючи квадранти як у тригонометричному колі (рис. 23), отримаємо таке чергування сил тяжіння і відштовхування між статором і ротором:

у I квадранті – сили відштовхування N-N; у II – тяжіння S-N; у III – відштовхування N-N; у IV – тяжіння S-N, у роторі магніти направлені полюсом N до магнітного зазору. Таким чином, у I квадранті сили відштовхують ротор, а в IV ротор підхоплюється силами тяжіння, які сприяють його обертанню під дією прямого крізного магнітного потоку статора. Отже, у II і III квадрантах діє пряме крізне поле статора, забезпечуючи неперервно пару сил, що створюють обертальний момент.



**Рис. 23. Схема, що пояснює чергування сил тяжіння та відштовхування між статором і ротором**

Якщо, використовуючи принцип обернення, зупинити обертання екрану, то обертатиметься магнітне поле ротора. Таким чином виникає ефект магнітного поля, яке обертається, що залучає ротор до обертання.

Якщо переважає магнітне поле статора, то внаслідок індукції статором магнітного поля протилежної полярності на тому екрані, що обертається синхронно з ротором, виникатиме обертальний момент, зворотний моменту ротора, і створюватиметься сила, яка гальмуватиме обертання екрану. Якщо ж переважатиме поле ротора, перевищуючи поле статора за потужністю, то в екрані з боку статора виникатимуть ті ж полюси, що і біля ротора, і екран випробовуватиме дію обертального моменту однакового з моментом ротора. При цьому дія, що гальмує екран, виникати не буде.

Використання для екранів, що обертаються, пермалю має сенс, оскільки він має високу магнітну проникність  $\mu = 100000$  і вузьку петлю гістерезису. Затрати енергії на перемагнічування екрану, пропорційні площі петлі гістерезису, будуть меншими, ніж у заліза. А екрануюча і підсилююча дія сильніша.

**Магнітний двигун з радіальною магнітною системою в роторі**, в якій стрічкові пластинчасті магніти встановлюються по радіусах або дотичних до початкового кола з діаметром меншим за діаметр ротора, а магнітна система статора виконується із стрічкових магнітів, що встановлюються по дотичній до окружності ротора (рис. 24). Магніти ротора і статора направлені однойменними (північними) полюсами N до магнітного зазору. Ротор працює на силах відштовхування.

У випадку, коли магніти ротора і статора спрямовані до зазору різнойменними полюсами N і S, ро-

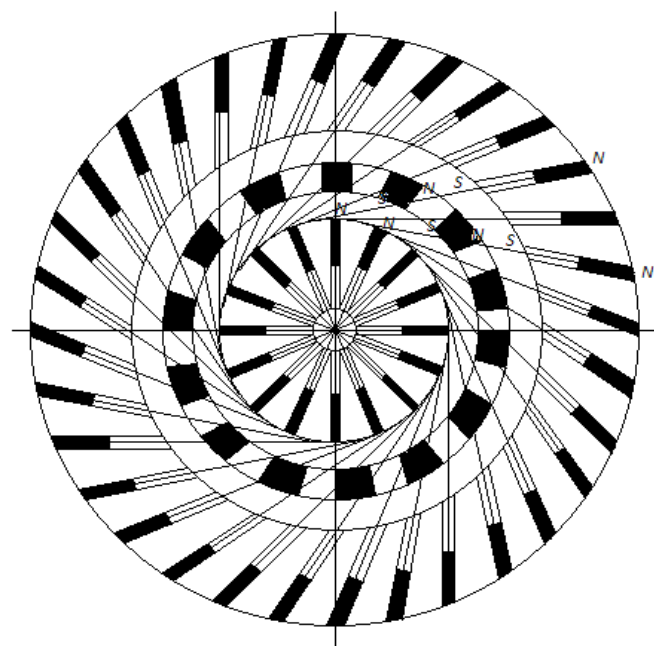


Рис. 24. Магнітний двигун, що працює на силах тяжіння і відштовхування при обертанні магнітного поля

тор працюватиме на силах тяжіння. У цьому випадку обертання екрану з прорізами створюватиме ефект магнітного поля, що обертається, і ротор слідуватиме за обертанням екрану, привід якого здійснюється від окремого електромотора невеликої потужності, що живиться від електрогенераторної обмотки магнітного двигуна.

При обертанні ротора за рахунок сил відштовхування магніти ротора і статора направлені до магнітного зазору однойменними полюсами. Ефект обертання магнітного поля статора при обертанні екрану повинен також зберігатися, і штовхальні сили статора набувають обертального руху.

Феромагнітні екрани, що обертаються, у цьому випадку будуть схильні до дії сил тяжіння як з боку ротора, так і з боку статора.

При роботі ротора на силах тяжіння між ротором і статором в екрані, що обертається, виникатимуть сили тяжіння як з боку ротора, так і з боку статора. Перемагнічування екрану не відбувається. У разі рівності магнітних потоків ротора і статора на екран не діють сили, і він може обертатися як нейтральне тіло. Але при перетині магнітних силових ліній статора в екрані виникатимуть вихрові струми Фуко. З боку ротора перетин магнітних ліній його поля екраном буде менш інтенсивним, оскільки швидкість обертання екрану відносно ротора буде обмежена лише швидкістю ковзання ротора в магнітному полі статора, що становить 1,5–3% від швидкості обертання екрану.

**Механізм обертання магнітного поля.** Можливий інший механізм роботи магнітного двигуна з радіальними стрічковими магнітами в роторі і з стрічковими магнітами в статорі, встановленими по дотичній до окружності ротора і направлені до магнітного зазору полюсами протилежної або однакової з роторними магнітами полярності. Ротор при цьому працює на силах тяжіння або відштовхування до статора в неперервному радіально-дотичному магнітному полі. Екран, що обертається, у місцях феромагнітних перемичок відіграє роль полюсного наконечника (наполюсника), що наближає на цій ділянці потужне магнітне поле статора до ротора. І це наближене поле, посилене полем статора, обертається разом з екраном.

Таким чином, на ділянках перемичок в екрані діє магнітне поле, що обертається разом з екраном, яке і примушує ротор обертатись або штовхає його.

А на ділянках порожніх, вільних від металу, вікон екранів, проявляється вже описаний механізм створення ефекту магнітного поля, що обертається.

Питання працездатності вирішується величиною потужності, що витрачається на обертання екрану. Екран піддається силам тяжіння як з боку ротора, так і з боку статора. При рівності магнітних потоків ротора і статора ці сили врівноважуються і не повинні впливати на витрати потужності на обертання. Але окрім

магнітних сил в екрані індукуються струми Фуко, які можуть надавати, як дію, що сприяє обертанню (алюмінієвий диск лічильника в магнітному полі), так і дію, що гальмує обертання екрану.

Для виготовлення екранів можна використовувати різні матеріали: пермалой, алюмінієво-нікелеві сплави, залізо, діамантики і парамагнетики. Крім того, можна закласти в екранах короткозамкнену обмотку у вигляді «білячого колеса», яка використовується в асинхронних двигунах, тобто є простір для експериментування.

А втім, описані вже гіпотетичні процеси в магнітному двигуні досить обнадійливі відносно його високої ефективності.

Щодо затрат енергії на роботу магнітного двигуна, то тут можливим є застосування двох джерел: енергії магнітів ротора і статора, які в цьому випадку повинні розмагнічуватися, але це може і не відбуватися через намагнічування в магнітному зазорі між екраном, ротором і статором.

У випадку створення системи, що саморегенерується, іншим джерелом енергії може бути фізичний вакуум.

**Електрогенераторний ступінь магнітного двигуна.** У цьому ступені, окрім вироблення електроструму для живлення електродвигуна, що обертає екрани моторних ступенів, передбачається створення вторинного обертального електромагнітного поля. Це може бути досягнуто шляхом комутації електрогенераторної обмотки в статорі, всередині якого обертається магнітний ротор. Комутація обмотки в пазах статора здійснюється шляхом укладання проводів у пази і їхнього паралельного з'єднання всередині кожного паза. Цим досягається індукування струму в провадах пазів одного напрямку. У разі перетинання магнітними силовими лініями цих проводів ротора, що обертається, у них індукується струм одного напрямку. А навколо них за правилом буравчика створюється кругове електричне поле одного напрямку обертання. Огинаючи силові лінії цього поля і утворюють вторинне обертальне магнітне поле, що підсилює дію первинного, а в чисто магнітних ступенях без екранів обертання ротора ще більш посилюватиметься дією магнітних сил відштовхування між ротором і статором.

Комутація обмоток, укладених у пази може здійснюватися як паралельним їхнім з'єднанням, так і послідовним, залежно від того, який потрібно виробити струм за силою і напрямом.

У магнітному двигуні таким чином здійснюється перетворення магнітної енергії в електричну і електричної в магнітну, магнітної в обертальну і електричної в обертальну.

Теоретично розрахунки показують, що обертальна енергія повинна вироблятися за рахунок розмагнічування магнітної системи двигуна. Але тут не все

піддається розрахунку. При обертанні однієї магнітної системи всередині іншої може відбуватися і намагнічення, можливо, ці процеси намагнічення і розмагнічування можуть відбуватися в магнітному зазорі одночасно з різною інтенсивністю, змінюючи напрями полів.

Отже, остаточне рішення – за експериментом, оскільки теоретичні дослідження навряд чи зможуть дати точні відповіді на поставленні питання.

#### Висновки

1. Установлено принципи роботи магнітних двигунів і запропоновано варіанти технічних рішень.

2. Для забезпечення обертання ротора магнітного двигуна необхідно створити електромагнітне (первинне) поле, що обертається, з посиленням обертання за рахунок застосування полів постійних магнітів.

3. Можливим є також створення ефекту обертання поля за наявності поля постійних магнітів.

4. У конструкціях магнітних двигунів використані всі можливі варіанти взаємодії полів ротора і статора.

5. Комбінування моторних магнітних ступенів з електрогенераторними дає змогу залучити електромагнітне поле електрогенератора, що обертається.

6. Для плавності обертання ротор доцільно виготовляти як набір з окремих дисків з радіально розміщеними магнітами і зі зсувом між магнітами двох розташованих дисків на кут  $\varphi = \frac{360}{zn}$ , де  $z$  – число магнітів у диску,  $n$  – число дисків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Джон А. Уилер. Проблемы физики. – М.: Наука, 1989, 568 с.
2. Джозеф Фарелл. Боевая машина Гизы. – М.: ЭКСМО, 2000, 259 с.
3. Владимир Истархов. Удар российских богов. – М., 2001, 408 с.
4. Жук Н. А. Про электромагнетизм, гравитацию и эфир. (Открытое письмо г-ну Г. В.)
5. Ш. М. Алиев, И. К. Камбаров, М. Ш. Алиев. Преобразователь солнечной энергии в механическую на основе магнитно-теплого двигателя. Доклады Академии наук РФ, 2009. Т. 424, №3. – С. 329–331.
6. Куль В. Экспертиза между Сциллой и Харибдой // ИС. Промышленная собственность. – 2002. – №6. – С. 43–51.
7. Николаев Г. В. Секреты электромагнетизма. Новые концепции физического мира. – Томск: ТОВ «Твердыня», 2001. – 80 с.
8. Петров С. Джон Шарль – отец «летающих тарелок» // Интересная газета, D-10 №3(54), 1998. – С. 42.
9. Розенталь У. Вакуумный триодный усилитель Свифта Флойда // Заметки об энергии пространства. Т. IV, №1. – 13 марта 1993. (на англ. яз.).
10. Валентинов А. Заводим вечный двигатель // Гравитон №3(131), март 2002. – С. 3, 11.
11. Дмитрук М. Доказательство Кацабаниса. Канадский миллиардер защищает открытие волгоградских ученых // Свет. №7. – 2002. – С. 12–13.
12. Щербаков А. Если внедрить бестопливный двигатель, нефтяная мафия рухнет, или почему режим В. Путина искусственно тормозит внедрение новшеств и рост производства? // Идеа



13. Жук Н. А. Половая конституция человека и методы ее определения // Харьков: ООО «Инфобанк», 2002. – 64 с.

14. «Ням-ням» // Телегород №36, 8–14 сентября 2003. Харьков.

15. Сычев В. В. Сложные термодинамические системы. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 291 с.

16. Алчев Ш. М. Магнитно-тепловой двигатель. Пат. 2006675 RU // Бюл. изобр. 1994. – №2.

17. Дьяконова Н. Г., Зусман А. И., Аксенов О. Ф. и др. // Бюл. Чёрная металлургия. 1988. – №2. С. 45–47.

18. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. – М.: Мир, 1983. – 302 с.

19. Bernard Haisch, Alfonso Rueda, H. E. Puthoff "BEYOND E=mc<sup>2</sup>" // The Sciences. Vol.34. №6, November/December 1994, p.p. 26–31, copyright 1994, New York Academy of Science.

20. Ландау Л. Д. и Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 4, квантовая электродинамика / В. Е. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – М.: Наука, 1980.

21. Федоткин И. М., Боровский В. В. Избыточная энергия и физический вакуум. – Винница, 2004. – 350 с. – ISBN 966-8332-22-2.

22. Федоткин И. М., Боровский В. В., Шаповалюк Н. И. К теории физического вакуума. – Винница, 2003. – 320 с.

23. Яворский В. М., Селезнев Ю. А. Справочное руководство по физике. – М.: Наука, физ.-мат. Лит., 1984. – 382 с.

24. Расчет физических полей методами моделирования / Под ред. чл.-кор. АН СССР Люстерника Л. А. – М.: Машиностроение, 1984. – 428 с.

25. Тозони О. В., Майергойз И. Д. Расчет трехмерных электромагнитных полей. – К.: Техніка, 1974. – 350 с.

26. Иосель Ю. Я. Расчет потенциальных полей в энергетике. Ленинград: Энергия, 1978. – 350 с.

27. Тамм И. Е. Основы теории электричества. – М.: ГИТТЛ, 1956.

28. Поляков К. М. Ферромагнетики. – М.: Госэнергоиздат, 1957.



## ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГІЙ

### Біотехнології

#### ТЕХНОЛОГІЯ ГРАНУЛЮВАННЯ ХМЕЛЮ, ЕФІРООЛІЙНИХ І ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

**Призначення.** Гранулювання хмелю й лікарських рослин застосовується для більш тривалого зберігання сировини без втрати якості.

**Галузь застосування:** харчова промисловість, у тому числі пивоварство, фармацевтика, парфюмерно-косметична галузь і ін.

**Опис.** Розроблено технологію гранулювання хмелю й лікарських рослин, яка включає в себе такі основні процеси: попереднє сушіння; двоступінчасте здрібнювання на фракції (первинне – до 25, вторинне – до 4 мм); змішування здрібненої органічної сировини, гранулювання, охолодження гранулята й виділення з нього високоякісних гранул (сепарація гранул від пилу).

Особливістю нової технології є те, що всі ці процеси здійснюються за таких умов:

- тиск – близький до атмосферного;
- температура протягом усього циклу – від +100 до +600° С;
- вологість під час попереднього сушіння рослинної сировини – 14+/-4%;
- процеси охолодження гранулята й виділення з нього високоякісних гранул (сепарації гранул від пилу) виконують одночасно.

**Переваги:** втрати цінних компонентів хмелю під час грануляції згідно з біохімічним аналізом, проведеним в Україні, є мінімальними. Аналіз якості отриманих гранул хмелю, проведений у Баварському центрі хмільництва Інституту рослинництва й захисту рослин (м. Хулл, Німеччина), також засвідчив високу якість отриманих продуктів, які практично не відрізнялися за показниками якості від неопрацьованих шишок хмелю сорту «Національний». При цьому гранули можуть зберігатися без втрати якості значно довше, ніж шишки, що є дуже важливим показником у разі їхнього використання в пивоварстві. Аналогічні результати отримані й при гранулюванні лаванди, м'яти й інших ефіроолійних і лікарських рослин.

**Новизна:** патент України.

**Стадія готовності.** Готова до впровадження.

**Пропозиції щодо співробітництва.** Продаж технічної документації, патентів. Спільне доведення до промислового рівня.

### Суднобудування

#### КОНСТРУКЦІЙНО-ОЗДОБЛЮВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

**Призначення.** Матеріал марок ВСМ-600 і ВСМ-700 призначений для виготовлення самонесучих конструкцій, а марку ВСМ-400 є теплоізолюючим.