

# Лекція №2

# 1.4. Поліпшення регулювальних властивостей двигунів змінного струму

При  $f = \text{const}$  АД мають відносно погані регулювальні властивості, а СД є нерегульованими.

Один із засобів поліпшення коефіцієнта потужності та регулювання швидкості є введення додаткової ЕРС у вторинну обмотку АД. При цьому  $f_{2д} = f_{2с}$ .

Щоб створити додаткову ЕРС частоти ковзання, можна скористатися властивістю колектора перетворювати частоту.

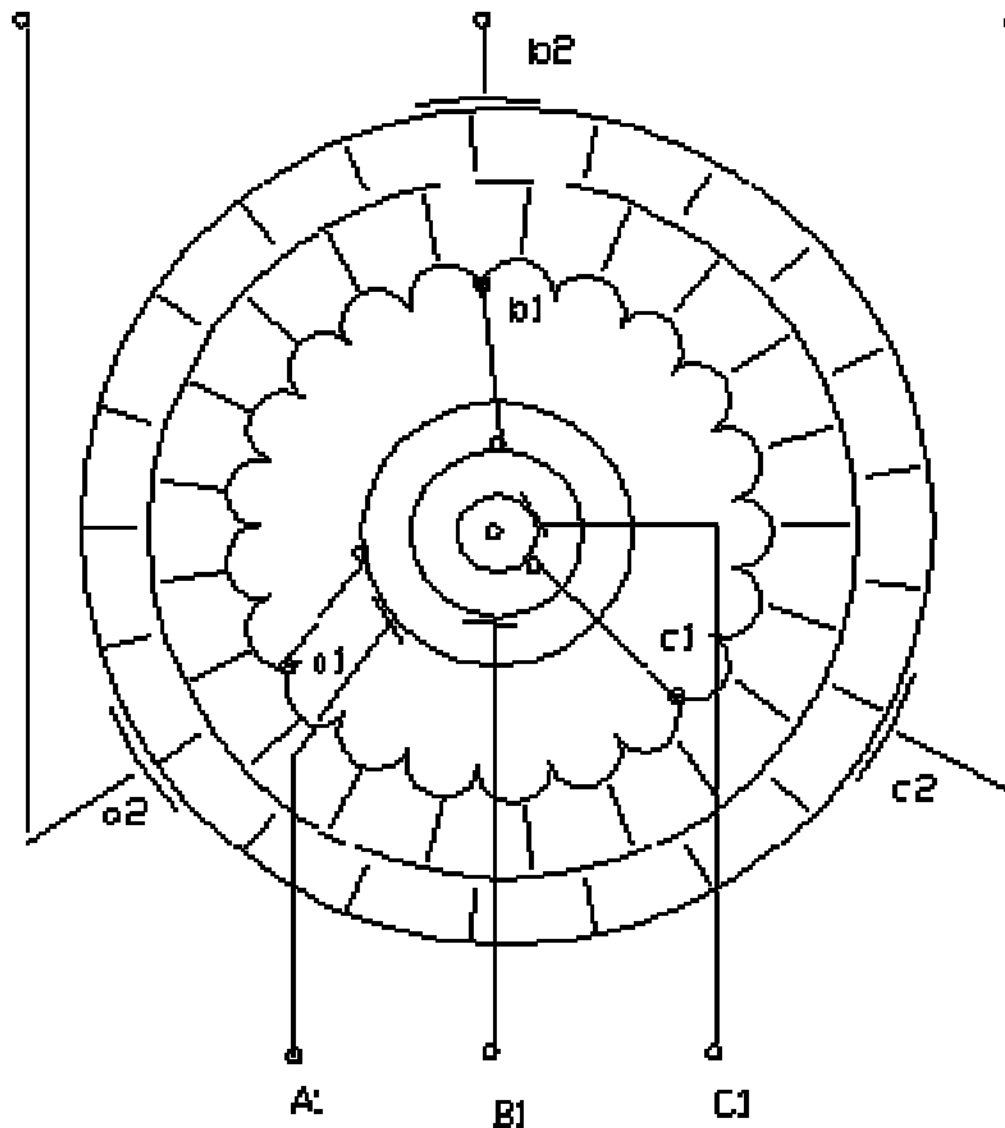
Сторону кілець називатимемо первинною стороною ПЧ, а сторону колектора – його вторинною стороною. Статор на схемі не показано.

Нехай частота обертання ротора дорівнює нулю, а щітки розташовані на колекторі так, як показано на малюнку, тобто проти точок  $a1$ - $b1$ - $c1$ .

3-фазний струм, що протікає по обмотці ротора, створює магнітний потік, який обертається щодо ротора з частотою обертання

$$n_1 = \frac{f_1}{p}$$

Цей потік індукуює у обмотці ротора синусоїдальну ЕРС.



Напруга на колекторі також розподілена по синусоїдальній залежності. Вона називається потенційною хвилею і обертається з тією ж частотою обертання, що і магнітне поле. На щітках, накладених на колектор, буде система 3-фазної напруги з частотою  $f_2 = f_1 = p n_1$ .

При зрушенні щіток з початкового положення на деякий кут напруга залишаючись постійним по величині, змінюється по фазі:

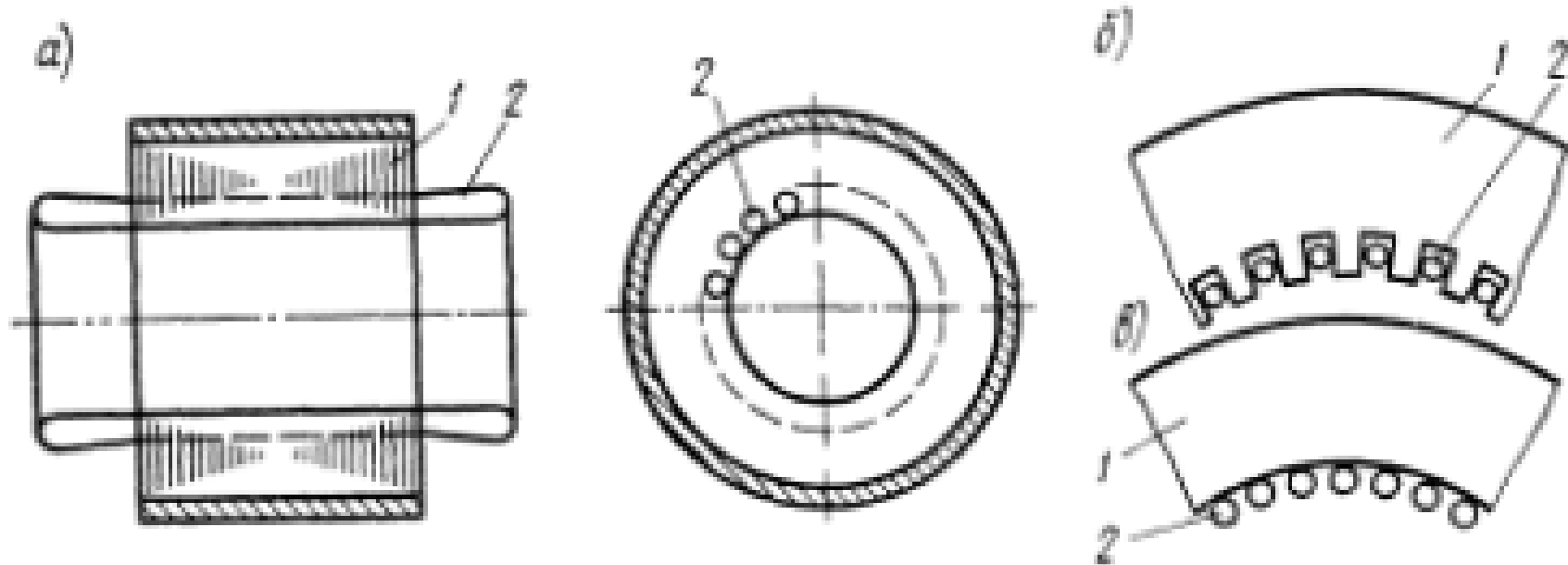
$$U_2 = U_1 e^{j\pm\alpha}$$

Приведемо тепер ротор в обертання з частотою  $n$  у будь-якому напрямі, наприклад, назустріч потенційній хвилі. В просторі, щодо нерухомих щіток а2-б2-с2 хвиля переміщається з частотою  $n_2 = n_1 - n$ . При обертанні ротора по напрямку хвилі з частотою  $n_2 = n_1 + n$ . Відповідно цьому частота ЕДС на щітках а2-б2-с2 може бути в загальному вигляді написана таким чином:

$$f_2 = p n_2 = p(n_1 \pm n) = p n_1 \frac{n_1 \pm n}{n_1} = f_1 s$$

Величина  $U_2$  не залежить від швидкості обертання ротора. Дана система дозволяє регулювати частоту  $f_2$  і фазу напруги на щітках при  $U_2 = \text{const}$ . Це використовується для регулювання швидкості в колекторних машинах змінного струму. Наприклад, в трифазному колекторному двигуні з паралельним збудженням (двигуні Шраге-ріхтера). Щітки, розташовані на колекторі, можна зміщувати, що призводить до зміни ЕРС у вторинному колі і в результаті струму, електромагнітного моменту і швидкості двигуна.

# Конструкція синхронних машин з постійними магнітами



Якір синхронного двигуна (а) і його активна зона в пазовій (б) та безпазовому (в) виконанні

Статор СМ із ПМ складається із: 1 – шихтованого магнітного осердя; 2 – обмотки якоря.

Якщо використовуються звичайні ПМ, то на статорі розміщуються пази, що чередуються із зубцями (б). Зубці забезпечують зменшення розразункового немагнітного повітряного проміжку, а середній повітряний проміжок обирається мінімально можливим.

Якщо використовуються висококоерцитивні ПМ, то внутрішня поверхня статора виконується як з пазами, так і без, при цьому обмотку укладають на внутрішню поверхню суцільним шаром (в). Таке виконання називається безпазовою конструкцією якоря. Перевагами застосування безпазової конструкції є:

- підвищення лінійних навантажень ;
- поліпшення вагогабаритних показників.

Недоліками застосування безпазової конструкції є ускладнення кріплення ОЯ.

ОЯ на статорі кріпиться наступними способами:

1. Надміцними клеями;
2. За допомогою штифтів в розточці статора;
3. В спеціальних неглибоких технологічних пазах;
4. У вигляді монолітного циліндра, на який намотується із проволочи осердя статора.

Основна специфіка СМ із ПМ пов'язана із конструкцією ротора.

# Зіркоподібний ротор

Зірковоподібний ротор складається:

1 – ПМ у вигляді зірки;

2 – немагнітна втулка (Zn, Al);

Перевага конструкції: простота та високий коефіцієнт заповнення об'єму. Виконуються до 10 кВА.

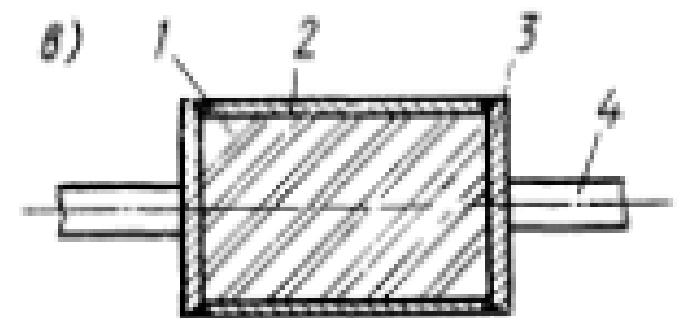
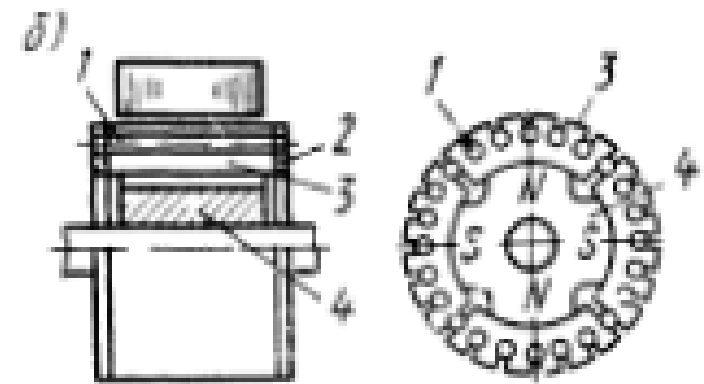
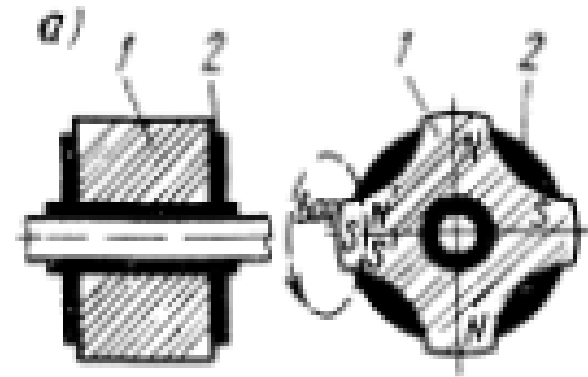
Недоліки конструкції:

1. низька механічна міцність (хрупкість магнітів та залишкові механічні напруженості при заливці);

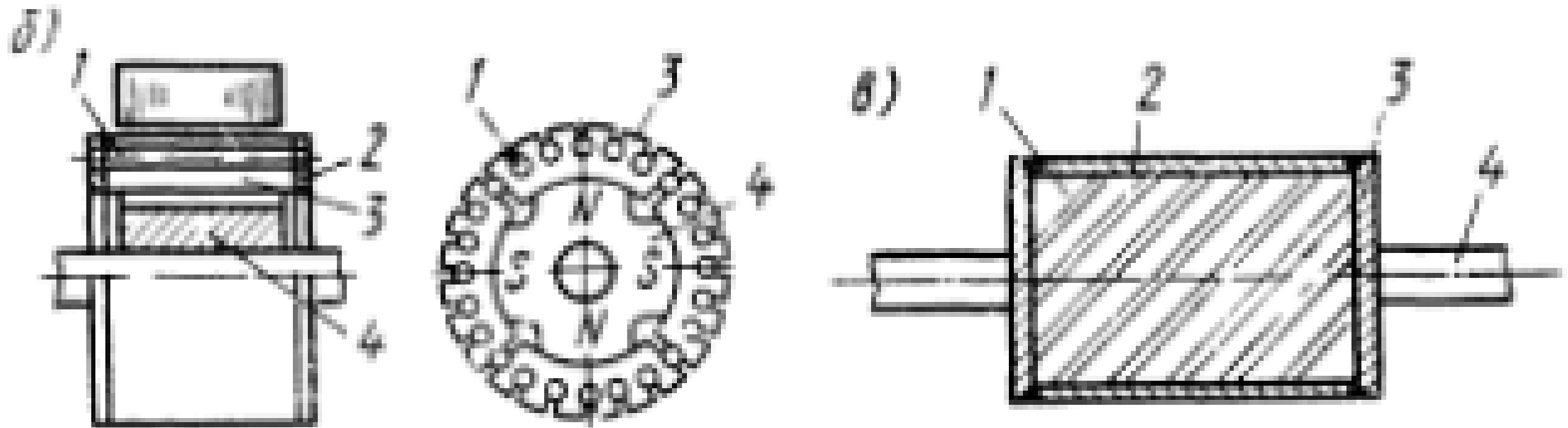
2. робоча індукція ротора складає 0,2...0,4 Тл (оскільки ротор погано захищений від зовнішніх розмагнічуючих впливів);

3. ротор намагнічується поперечною реакцією якоря (це спотворює ЕРС);

4. спинка зірочки магніту намагнічується не повністю.

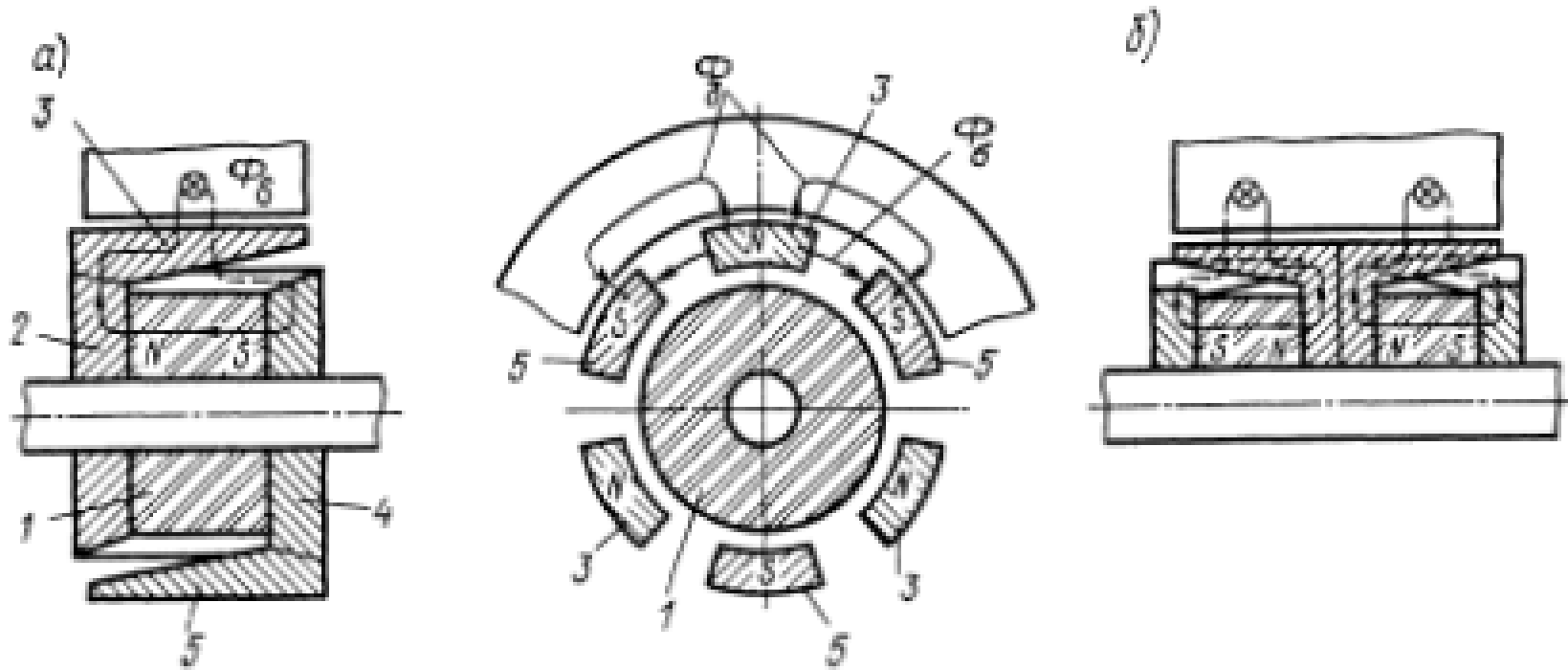


В режимі двигуна на роторі розташована КЗ обмотка для асинхронного пуску (рис. б). Пускова обмотка складається із продольних стержнів 1 (Cu, Al) із КЗ кільцями 2, що укладені в пази 3. Пакет складається із окремих секторів, скріплених стержнями 1 і кільцями 2. Кожен сектор межує із полюсом зіркоподібного ротора 4.



Застосовується і безвальна конструкція ротора (в), що складається із цільного магніту 1, напресованої оболонки 2, до якої приварюються торцеві пластини 3 із співвісними напіввалами 4.

# Пазуроподібний ротор



Складається із: циліндричного ПМ 1; торцевих шайб 2 та 4 із магнітом`якої сталі, що мають пазуроподібні виступи 3 та 5.

Кожна шайба та її виступи мають полярність сполученого з ними полюса магніту, тому пазуроподібні виступи, по відношенню до статора, утворюють систему полюсів, що чергуються.

На рис. показано лінії робочого потоку  $\Phi_{\delta}$  та потоку розсіювання  $\Phi_{\sigma}$ .

Переваги ротора: ПМ захищений від зовнішніх магнітних полів ( $B_{\delta}=0,6...0,7$  Тл); проста форма магніту, що дозволяє високі окружні швидкості.

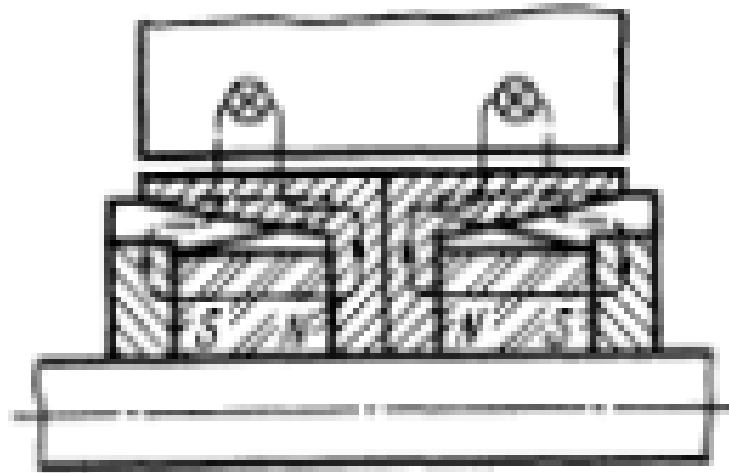
Виконуються на потужності 10...20 кВА.



Недоліки ротора:

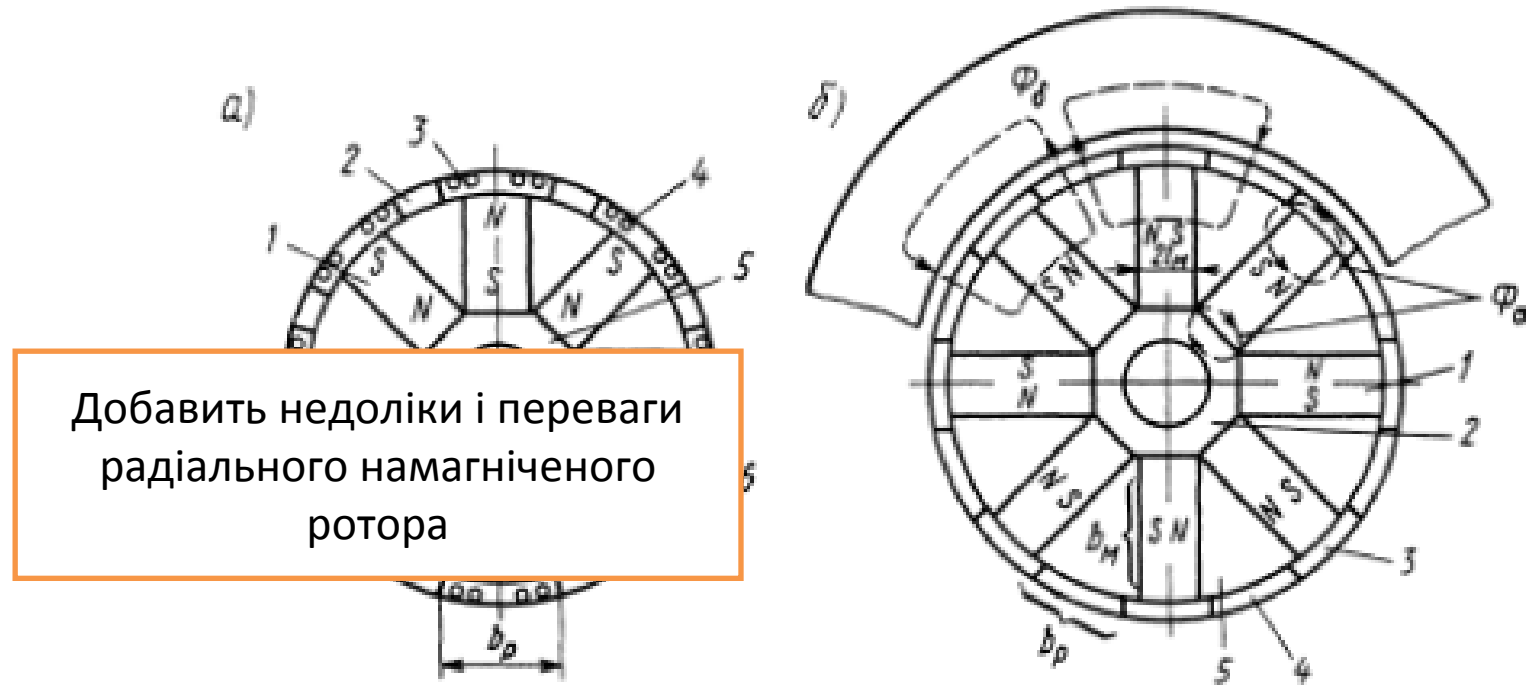
1. Низьке заповнення об'єму ПМ;
2. Можливість відгину пазуроподібних виступів;
3. Підвищені радіальні розміри.

Показники ротора із пазуроподібними полюсами покращуються при застосуванні конструкції із паралельним включенням двох циліндричних магнітів:



Така конструкція дозволяє вдвічі зменшити потік кожного магніту і зменшити діаметр магнітів.

# Ротор із призматичними магнітами



Є дві модифікації: з радіальним та тангенціальним намагнічуванням.

На рис. (а) показано конструкцію високошвидкісного ротора із радіальним намагнічуванням: 1 – радіально намагнічені ПМ; 2 – вставки із немагнітного матеріалу; 3 – зварний циліндр із магнітомякого матеріалу (виконуються роль полюсних наконечників); 4 – демпферна обмотка; 5 – магнітом`яка втулка; 6 – легкий немагнітний сплав.

Функції демпферної обмотки 4:

1.Покращує захист ПМ від нестаціонарних розмагнічуючих впливів;

2.Запобігає коливанням ротора;

3.Гасить зустрічно-обертові складові поля (від вищих гармонік МРС, зустрічне поле в однофазних машинах);

4.Забезпечується асинхронний пуск.

Зовнішній циліндр забезпечує високі швидкості обертання (>150 м/с); Індукція  $B_{\delta}=0,6...0,8$  Тл.

# Ротор із тангенціальним намагнічуванням

Складається із: 1 – ПМ, що прилягають до немагнітної втулки 2, а зовнішніми торцями до немагнітних вставок 3 зовнішнього зварного циліндру, що має магнітом`які ділянки 4 в міжполюсних зонах. Між магнітами розташовані сектори 5 із магнітом`якої сталі, що виконують роль полюсів по відношенню до якоря на статорі. Виконуються на потужності до 100 кВА.

Переваги конструкції:

1. Невелика осьова довжина магніту;
2. Виконуються на високі окружні швидкості (до 400 м/с);
3. Індукція в повітряному проміжку вища, ніж індукція в магніті (або залишкової);
4. Магнітом`які вставки забезпечують захист магнітів від зовнішніх магнітних полів.

Недоліки конструкції:

Значні поверхневі втрати від зубцевих гармонік поля, які наводять в циліндрі значні вихрові струми.