

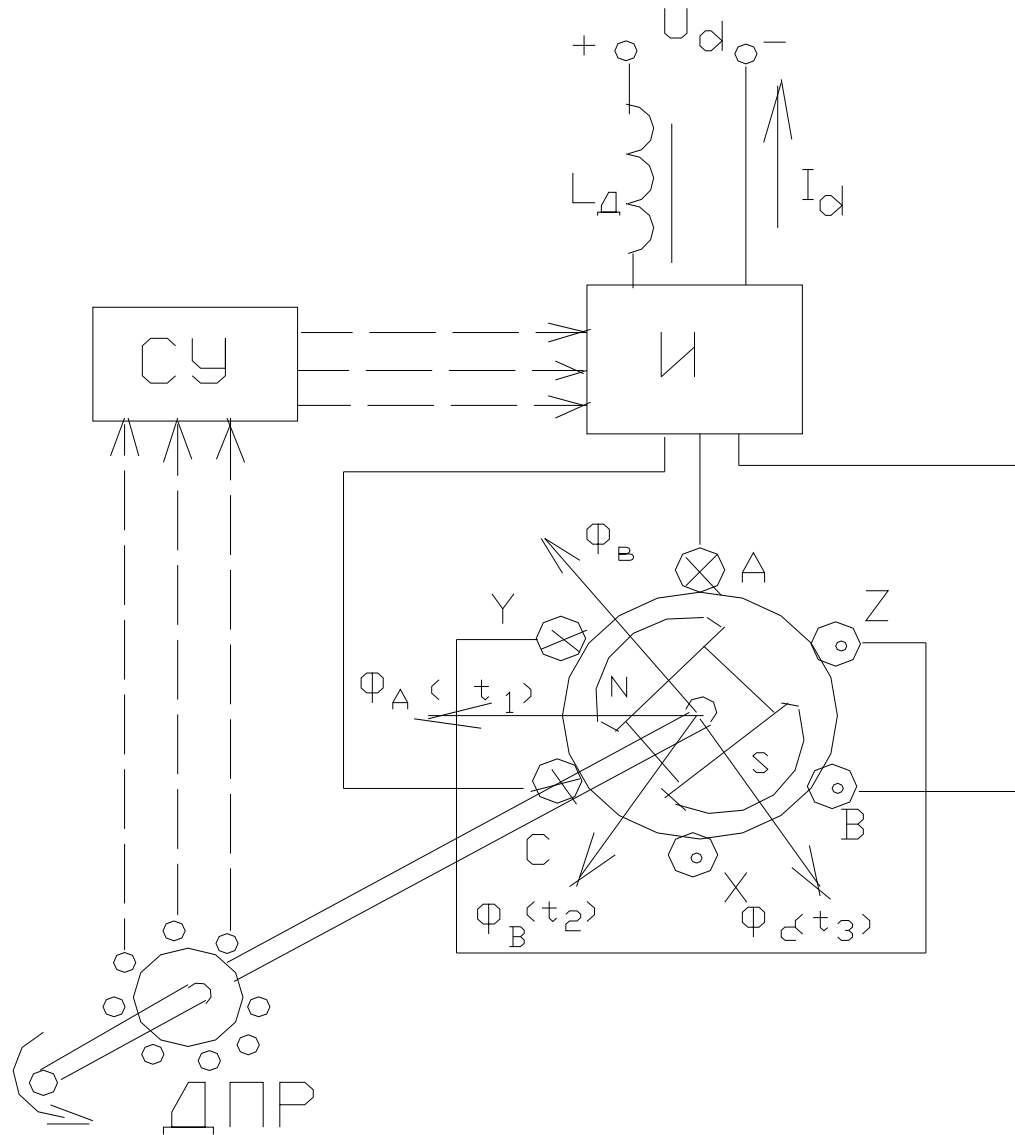
Лекция № 9

Особливості конструктивного виконання і області застосування вентильних генераторів

Основні вимоги до ВГ:

1. ВГ повинен мати низькі значення комутаційного опору X_k , оскільки при великих X_k знижується вихідна напруга і сильно спотворюються форми кривої напруги і струмів генератора. Тому при значних X_k збільшують розрахункову потужність генератора на 15 ... 20 % в порівнянні з потужністю базового генератора. При великих X_k виникають перенапруги на вентилях. ВГ виконують з потужнішою демпферною системою, ніж в звичайних СГ.
2. Для зменшення впливу комутаційних процесів ВГ виконується із пониженим лінійним навантаженням.
3. З метою зменшення впливу реакції якоря ВГ виконується із збільшеною кількістю полюсів ($2p > 8 \dots 10$).
4. В ВМ низької потужності застосовуються постійні магніти із рідкоземельних елементів: Tb, Ce, Gd, Co.
5. ВМ високої потужності виконуються із електромагнітною системою збудження. При застосуванні постійних магнітів демпферна система не потрібна.
6. ВМ виконуються на базі індукторних машин.

Принцип дії вентиляного двигуна, виконаного на базі синхронної машини



Найбільше застосування знаходять вентильні двигуни постійного струму (ВД), виконані на основі напівпровідникового інвертора і безконтактного синхронного двигуна.

Інвертор И виконується на керованих напівпровідникових елементах – тиристорах або транзисторах. Управління інвертором здійснюється системою управління за допомогою безконтактних датчиків положення ротора ДПР. Окрім ДПР у ВД можуть використовуватися датчики, що фіксують положення амплітуди повного магнітного потоку.

Нехай, сигнали керування поступають на НП елементи фази А-х. Струм, що протікає по фазі створить магнітний потік Φ_a , що направлений по осі фази. Між потоками збудження Φ_z та Φ_a виникає кут і вісь потоку збудження Φ_z намагається наблизитись до Φ_a . Коли осі потоків зближаються, ДПР дають сигнали на перемикання відповідних елементів інвертора, внаслідок чого виникає струм у фазі В.

При наявності демпферної системи струми в ній по закону Ленца згладжують стрибки моменту і ротор обертається рівномірно.

Щоб ВД мав регульовальні властивості колекторних двигунів постійного струму, система управління повинна забезпечити постійний кут між осями поля якоря і збудження ($\approx 90^\circ$).

Робочі процеси і основні характеристики ВД

Якщо інвертор є некерованим, і процеси комутації в інверторі неістотні, то ВД буде подібний до звичайного синхронного двигуна. Основні особливості об'єднання інвертора і синхронного двигуна у ВД починають виявлятися тоді, коли інвертор не є автономним. Частота струму в обмотці якоря при цьому змінюється. Система управління регулює напругу та струм збудження. На роботу ВД впливають реакція якоря і комутація вентилів.

Значення кута комутації γ для трифазного інвертора визначається по формулі для трифазного випрямляча:

$$\cos(\beta - \gamma) = \cos \beta + \frac{2X_K I_d}{\sqrt{6}U}$$

Рівняння напруги двигуна:

$$U_d = - \left[\frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \beta + \frac{3}{\pi} X_K I_d \right]$$

Характеристики ВД визначаються режимом роботи інвертора. Можливі наступні режими ВД:

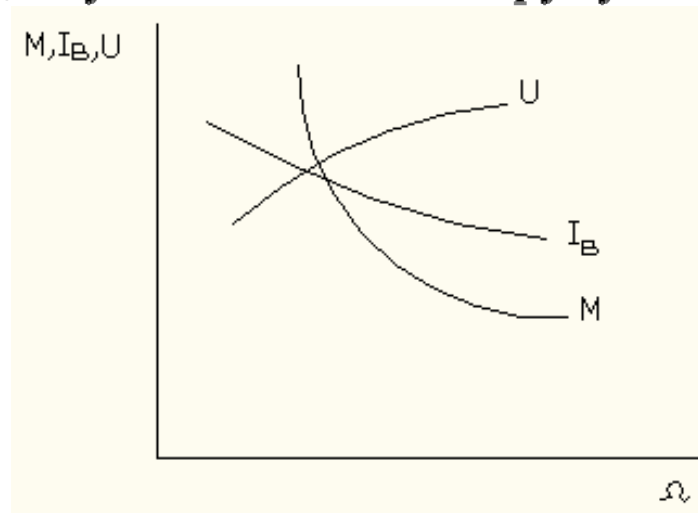
1. $\beta = \text{const}$, зберігається постійним кут випередження. У цьому режимі використовуються давачі положення амплітуди повного потоку ВД.

2. $\beta_0 = \beta + \theta = \text{const}$, зберігається постійним кут випередження щодо точок перетину кривих фазних ЕРС холостого ходу. У цьому режимі застосовуються давачі положення ротора (ДПР).

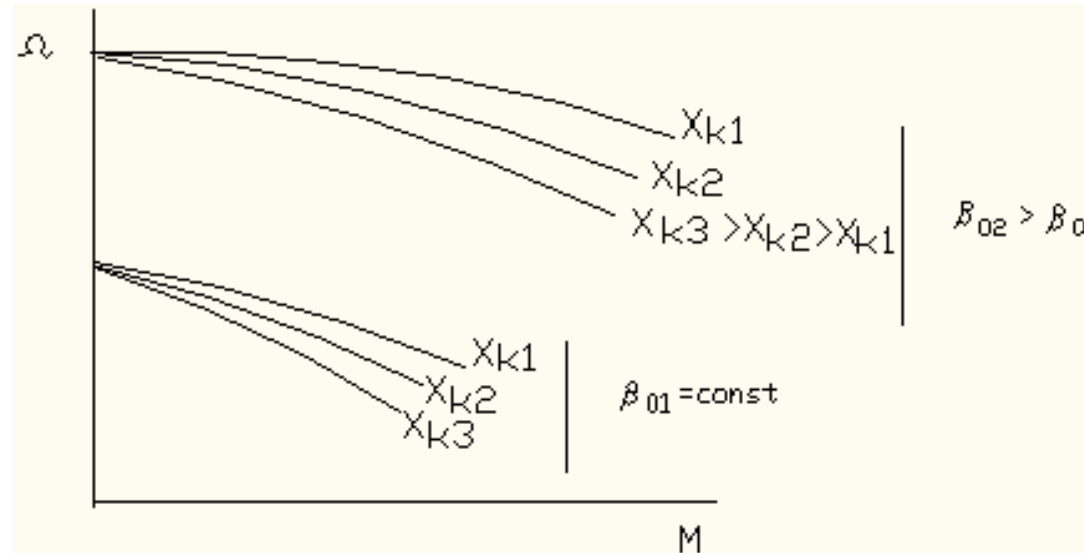
3. $\gamma_{\text{ср}} = \text{const}$, зберігається постійним середній кут комутації. Для третього режиму крім давачів положення амплітуди потоку необхідно використовувати давачі кута комутації.

4. $\beta = \text{const}$, $\gamma = \text{const}$.

Розглянемо 4-й режим, він використовується коли необхідно підтримувати $P = \text{const}$, тобто для транспортних двигунів. В цьому режимі система керування повинна підтримувати постійним кут β і змінювати напругу на двигуні прямо пропорційно, а струм збудження – обернено пропорційно $\sqrt{\Omega}$. Залежність частоти обертання від моменту $n(M)$ в цьому випадку є близькою до гіперболічної, як в двигунах постійного струму з послідовним збудженням.



Із зростанням моменту кут навантаження θ і кут комутації γ зростають, в результаті $\beta = \beta_0 - \theta$ зменшується, також зменшується кут φ . Зменшення зсуву за фазою φ призводить до зменшення розмагнічуючої дії реакції якоря і до збільшення магнітного потоку, а при $U = \text{const}$ до зменшення частоти і відповідно швидкості. Швидкість спадає тим сильніше, чим більше X_k .



Механічні характеристики для даного режиму

У загальному випадку форма основної залежності вентильного двигуна $n(M)$ може варіюватися в широких межах шляхом задавання необхідних законів управління для β, β_0, U і I_3 залежно від конкретних вимог, що пред'являються механізмом, і системи управління.

Область застосування ВД

1. Малопотужні привода: системи звукозапису, медична апаратура (ВД із постійними магнітами).
2. Електромобілі, електропривід літальних апаратів (10...20 кВт).
3. Тягові двигуни електровозів, приводні двигуни потужних автосамоскидів і автопоїздів (200...300 кВт, ≈ 1000 об/хв).

Типи давачів, які використовуються у вентильних електричних машинах

Специфічним елементом безконтактних машин є блок давачів, що фіксують положення ротора (ДПР) або магнітного потоку.

Розрізняють три класи давачів:

- 1.Аналогові;
- 2.Цифрові;
- 3.Бінарні (двійкові), виробляють сигнали двох рівнів: 0, або 1.

Безконтактні давачі положення ротора:

- 1.Ємнісні;
- 2.Індукційні;
- 3.Магнітні;
- 4.Оптичні (фотоелектричні), бувають аналогові та дискретні;
- 5.Ультразвукові;
- 6.Мікрохвильові;
- 7.Давачі на основі магнітодіодів;
- 8.ДПТ типу безконтактного сельсина.

Контролер (датчик) положення обертового об'єкта або енкодер – це електромеханічний пристрій, що перетворює кут повороту в електричні сигнали. У цьому пристрої механічний рух перетворюється в електричні сигнали, що визначають положення об'єкта, дають інформацію про кут повороту валу, його положення і напрямок обертання.



Енкодери бувають: інкрементальні (інкрементні) і абсолютні.

Інкрементальний енкодер – це пристрій, який визначає кут повороту обертового об'єкта, видаючи імпульсний цифровий код. Використовується для визначення швидкості обертання валу, коли немає потреби зберігати абсолютне кутове положення. Основною перевагою інкрементальних енкодерів є їх простота, надійність і відносно низька вартість.

Абсолютний енкодер видає цифровий код, різний для кожного положення об'єкта, дозволяє визначати кут повороту осі навіть у разі зникнення і відновлення живлення і не вимагає повернення об'єкта в початкове положення. Сигнал абсолютного енкодера не залежить від перешкод і вібрації. Абсолютний енкодер використовується у високоточних системах: робототехніка, верстати з числовим програмним управлінням і т. ін.

Енкодери бувають: оптичні, магнітні, магніторезисторні.

Крокові двигуни

Крокові двигуни – спеціальні безщіткові двигуни постійного струму, які перетворюють електричні імпульси напруги керування в дискретні кутові або лінійні переміщення ротора з можливою його фіксацією в потрібних положеннях.

Переваги крокової двигуна:

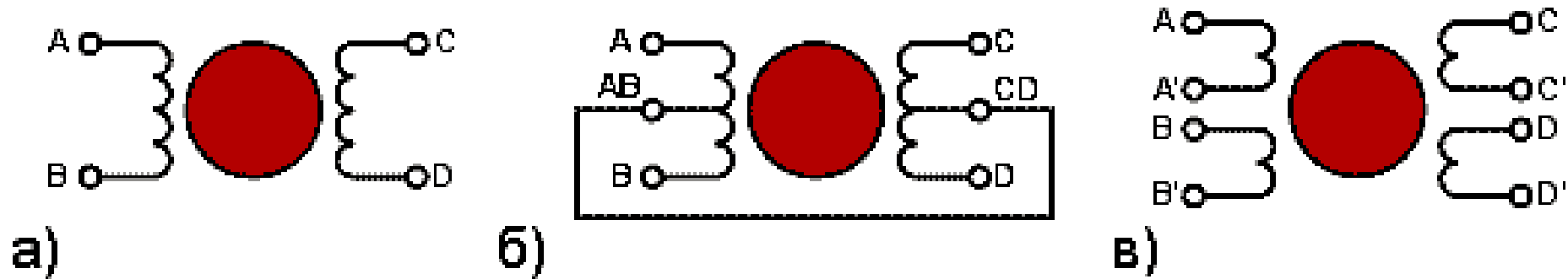
- Кут повороту ротора визначається числом імпульсів, які подані на драйвер, немає необхідності у зворотному зв'язку, а швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів;
- Точне позиціонування і повторюваність, помилка не накопичується від кроку до кроку;
- Швидкий старт, реверс;
- Можливість отримання низьких швидкостей, а отже, відсутня необхідність у застосуванні редуктора;
- Відсутність колектора, отже, висока надійність;
- У двигунах з постійними магнітами є фіксуючий момент (коли статор знеструмлений), рівний приблизно 10% від моменту утримання.

Недоліки:

- Номінальне споживання потужності, навіть без навантаження;
- Можливий пропуск кроку, отже, втрата контролю положення;
- Явище резонансу (момент дорівнює нулю на частоті резонансу);
- Низька питома потужність крокового приводу;
- Складності керування на високих швидкостях;
- Ускладнена робота на високих швидкостях, внаслідок не миттєвого наростання струму.

По конструкції крокові двигуни діляться на три основні типи:

- Двигуни зі змінним магнітним опором (реактивні);
- Двигуни з постійними магнітами;
- Гібридні двигуни.



Біполярний КД (а), уніполярний (б) и чотирьохобмотковий (в).

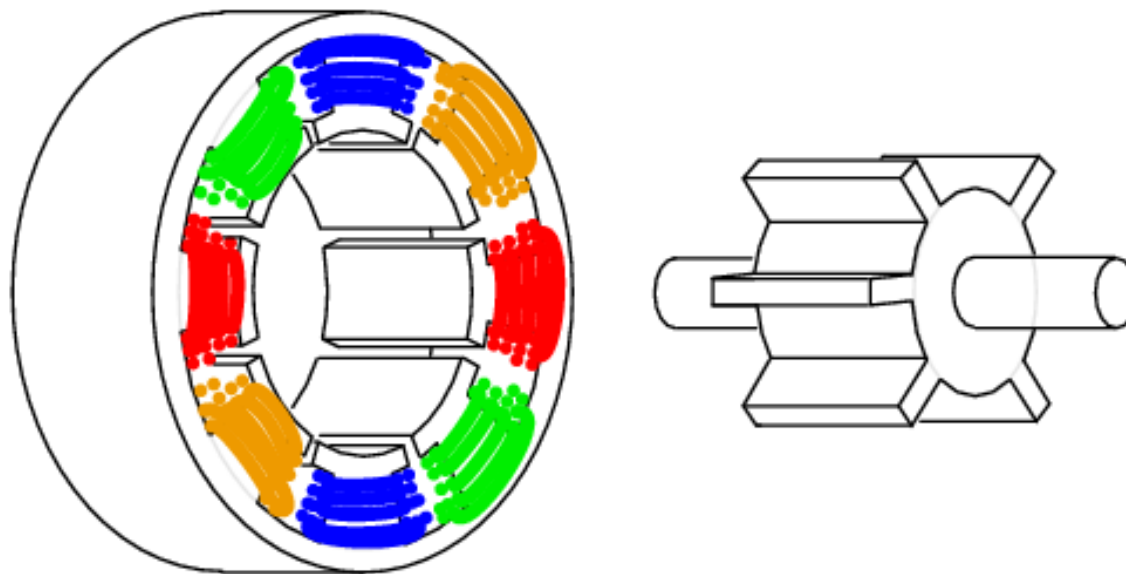
За способом живлення КД розділяються на біполярні та уніполярні.

Уніполярний (однополярний) ВД оснащено однією обмоткою в кожній фазі, середина обмотки має вивід. Кожна секція обмотки включається так, щоб забезпечувати певний напрям магнітного поля.

Біполярні крокові двигуни з постійними магнітами сконструйовані більш простіше, ніж уніполярні двигуни, обмотки в них не мають центрального відведення.

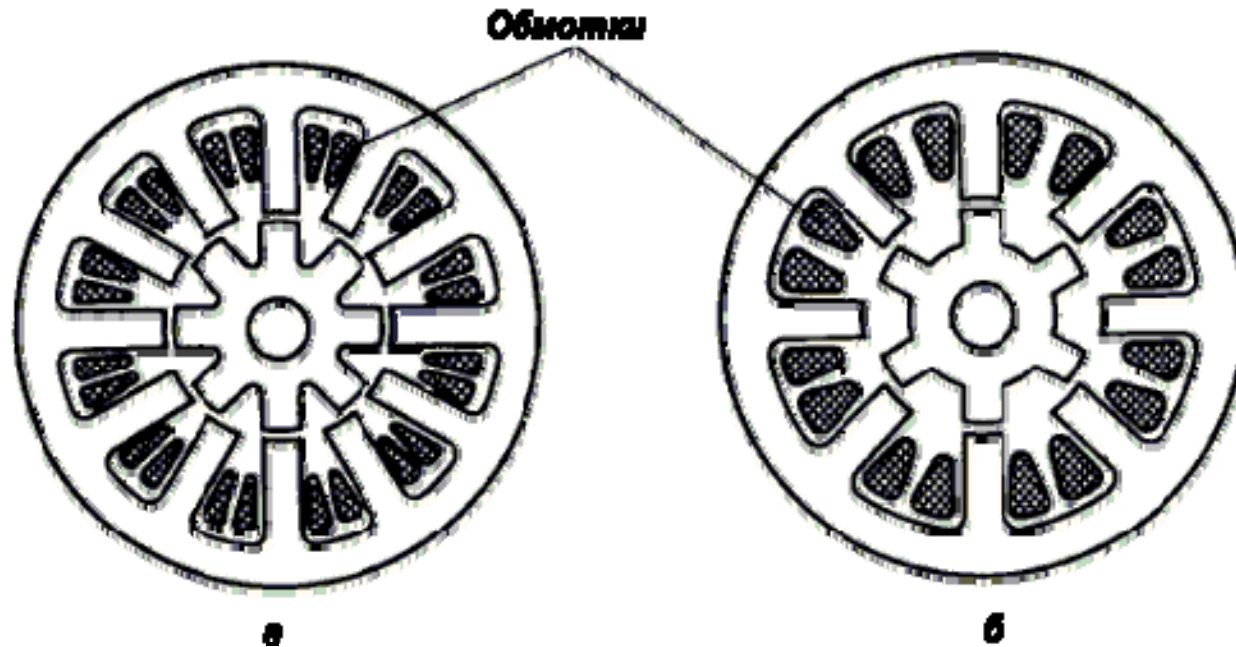
Принцип дії всіх КД заснований на дискретній зміні стану електромагнітного поля в повітряному проміжку. Це досягається імпульсним збудженням (або перемиканням) її обмоток. Цим вимогам відповідає широкий клас пристроїв: електромагніти з поворотною пружиною храповим, анкерним або фрикційним механізмом, синхронні електричні машини, асинхронні електричні машини з пустотілим ротором, сельсини.

Двигуни зі змінним магнітним опором



Конструкція двигуна зі змінним магнітним опором

При протіканні струму через одну з обмоток, ротор прагне зайняти положення напроти відповідних їй полюсів. Для зміни положення ротора необхідно знеструмити поточну обмотку і підключити до живлення наступну. Даний тип двигуна нечутливий до напрямку протікання струму в обмотках. Внаслідок відсутності намагненості ротора, не має фіксуючого моменту і забезпечує менший робочий момент у порівнянні з іншими типами крокових двигунів.

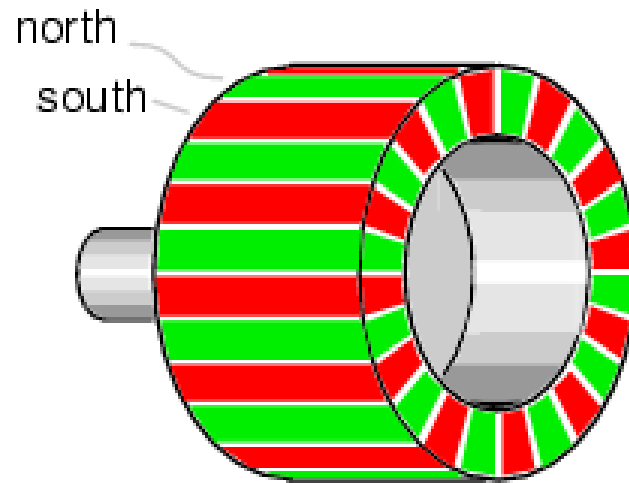


Конструкція реактивних КД (КД зі змінним опором)

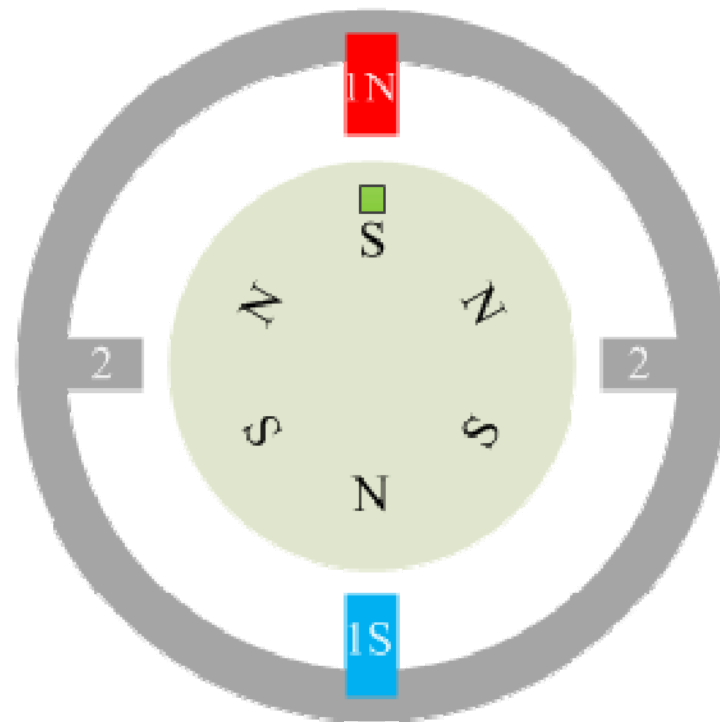
Двигуни з постійними магнітами

Конструкція статора даного типу двигунів мало чим відрізняється від конструкції двигунів зі змінним магнітним опором. Головна відмінність в роторі, він містить постійні магніти. Полюса ротора, що чергуються, мають прямолінійну форму і розташовані паралельно осі двигуна.

На рисунку приведено двофазний двигун, що має три пари полюсів на роторі і дві пари полюсів на статорі. Внаслідок намагніченості ротора, даний тип двигунів забезпечує більший момент у порівнянні з двигуном із змінним магнітним опором, а також має фіксуючий момент. Максимальна швидкість цього типу двигунів обмежується зворотньою ЕРС з боку ротора.



Конструкція ротора двигуна з постійними магнітами



Робота двигуна з постійними магнітами