

Безконтактні регульовані електричні машини

Лекція №1

1.1. Проблема створення БРЕМ

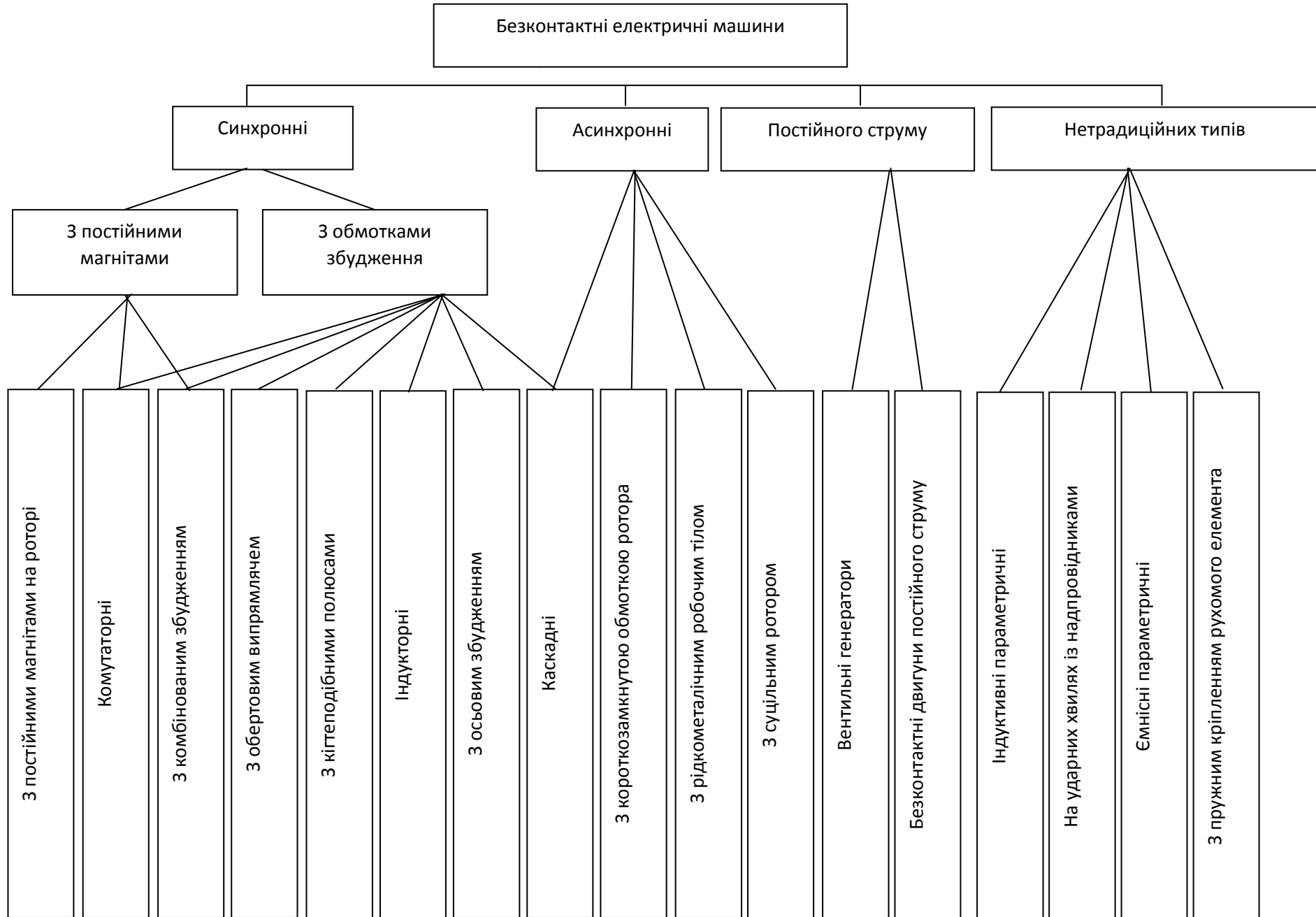
Проблеми застосування рухомого контакту:

- за статистичними даними щітковий контакт, разом з ізоляцією і підшипниковими вузлами, викликає найбільшу кількість відмов в роботі ЕМ. Наприклад, в колекторних машинах постійного струму приблизно 25% відмов виникають із причин порушення роботи щітково-колекторного вузла. У транспортних пристроях частина таких відмов досягає 45...65%.
- щітковий контакт створює додаткові електричні та механічні втрати, є джерелом шуму і завад, утруднює обслуговування машини, зменшує електричну міцність ізоляції і як наслідок час дії машини і таке інше.
- за нестаціонарних умов довкілля щітковий контакт різко погіршує свою роботу або взагалі стає недієздатним. Щітковий контакт не дозволяється використовувати в вибухонебезпечних або хімічних середовищах.
- щітковий контакт в значній мірі обмежує допустиму швидкість ротора ЕМ. У більшості випадків граничні лінійні швидкості в контакті не повинні перевищувати 80...100 м/с. Тому він не дає можливості реалізувати такі конструкції ЕМ, які здатні витримати максимальні механічні навантаження

Області застосування БРЕМ в силовому устаткуванні та системах автоматики

- автономні електроенергетичні установки;
- літальні апарати;
- транспорт і судові установки;
- системи видобутку та переробки корисних копалин;
- хімічні технології;
- медицина;
- робототехніка

1.2. Класифікація БРЕМ і їх фізична структура



В синхронних БЕМ електричний зв'язок з ротором відсутній, а магнітна полярність полюсів ротора забезпечується одним з трьох можливих способів збудження:

- а) розміщенням на роторі постійних магнітів (ПМ);
- б) розміщенням на роторі обмотки збудження, яка живиться постійним струмом через обертовий випрямляч від додаткової обмотки на роторі зі змінною ЕРС, яка наводиться за рахунок електромагнітної індукції;
- в) конструктивними прийомами, що дозволяють використовувати для створення основного потоку полюсів ротора джерело магніторушійної сили (МРС) збудження, яке знаходиться на статорі.

На рис.1 зображені синхронні БЕМ різних типів: машини з постійними магнітами на роторі різної конструкції (зіркоподібному роторі, роторі з кігтеподібними полюсами і т.ін.), в яких реалізується спосіб збудження «а»; БЕМ з обертаючимся випрямлячем, реалізуючи спосіб збудження «б»; машини з обмотками збудження або постійними магнітами на статорі (з кігтеподібними полюсами, індукторні, комутаторні, з осьовим збудженням), що відповідають способу збудження «в».

Асинхронні БРЕМ

Асинхронна БЕМ складається з нерухомого індуктора з первинною обмоткою, яка створює обертовий або біжучий магнітний потік, та електропровідного рухомого елемента, який переміщується зі швидкістю, яка відрізняється від швидкості магнітного потоку.

Статор найпростішої асинхронної БЕМ містить багатофазну (зазвичай трифазну) розподілену первинну обмотку, розташовану в пазах сталюого шихтованого осердя, а ротор – коротко замкнуту вторинну в пазах осердя, закріпленого на валу машини (принцип дії запитати).

Якщо $s < 0$ ($n_1 < n$), то ротор випереджає магнітний потік, то струм в обмотці ротора змінює напрямок, електромагнітна сила прагне загальмувати ротор і машина працює генератором, в якому вводиться ззовні механічна потужність, яка витрачається на подолання гальмівної сили, частково перетворюється в електричну потужність. Таким чином, генератор, так само як і двигун, споживає реактивну потужність на створення поля, але виробляє активну електричну потужність, яка споживається навантаженнями, з'єднаними зі статорною обмоткою. Реактивна потужність споживається генератором або від мережі, або від допоміжної батареї конденсаторів.

Вторинна обмотка в асинхронних БЕМ може бути відсутньою, а її функції виконує суцільний феромагнітний ротор або потік рідкого металу. В останньому випадку асинхронна машина може ефективно працювати як електромагнітний рідкометалевий насос, що володіє високою надійністю і простотою обслуговування.

БРЕМ постійного струму

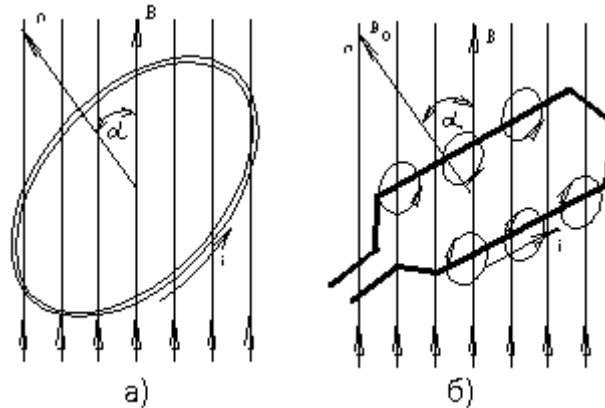
Безконтактні машини постійного струму – генератори і двигуни – реалізуються на базі розглянутих вище БЕМ змінного струму, забезпечених напівпровідниковими перетворювачами. Наприклад, можна забезпечити безконтактне перетворення механічної енергії в електроенергію постійного струму, якщо об'єднати будь-який з безконтактних генераторів змінного струму з напівпровідниковим випрямлячем. Такий перетворювач називається вентильним генератором (ВГ). Найбільший практичний інтерес представляють ВГ на базі різних типів безконтактних синхронних генераторів (БСГ).

Зворотне безконтактне перетворення електроенергії постійного струму в механічну здійснюється за допомогою безконтактних вентильних двигунів постійного струму (ВДПС). Такий двигун являє собою органічне поєднання безконтактного двигуна змінного струму (зазвичай синхронного) і напівпровідникового інвертора, який перетворює первинний постійний струм в змінний, що протікає по якорній обмотці двигуна.

Нетрадиційні типи БЕМ охоплюють різновиди безконтактних перетворювачів, які можуть представляти інтерес для перспективних енергетичних установок або систем, що працюють в специфічних навколишніх умовах. До них умовно віднесені індуктивні і ємнісні параметричні БЕМ, топологічні надпровідникові генератори і генератори на ударних хвилях, БЕМ з пружним кріпленням рухомого елемента.

1.3. Фізичне обґрунтування регулювальних властивостей колекторних двигунів постійного струму

Момент, який діє на плоский контур із струмом у зовнішньому магнітному полі



$$f = i \frac{d\Psi_M}{d\alpha}$$

Потокозчеплення $\Psi_M = BS \cos \alpha$ узагальнена сила або момент дорівнює: $f = -iSB \sin \alpha$

На рис. 1.2, б зображений виток обмотки якоря, який перебуває в магнітному полі збудження, що є в синхронних машинах (СМ) і машинах постійного струму (МПС). Вісь магнітного поля B_a , створеного струмом i витка, збігається з нормаллю до поверхні витка. Тому за своїм фізичним змістом кут навантаження θ між взаємодіючими магнітними полями збудження і якоря в електричних машинах рівнозначний куту α на рис. 1.2, б.

Момент на валу МПС та СМ:

$$M_{\text{ст}} = M_2 + M_0 = \text{const}$$

Електромагнітний момент $M_{\text{ем}} = M_{\text{ст}}$ залишається постійним. В синхронних машинах це означає, що:

$$M_{\text{ем}} = \frac{mEU}{x_d} \sin \theta = \text{const}$$

Під час регулювання струму збудження одночасно змінюється і кут навантаження θ так, щоб електромагнітний момент залишався постійним, а ротор продовжував обертатися синхронно. При цьому змінюється лише реактивна складова струму якоря, а активна складова струму і активна потужність залишаються незмінними.

В МПС на щітках, встановлених уздовж лінії геометричної нейтралі, потік реакції якоря незалежно від навантаження спрямований за поперечною віссю. Тому кут між осями полів збудження та якоря залишається постійним і дорівнює $\theta = \pi/2$.

Оскільки в МПС кут $\theta = \text{const}$, то наслідком зміни струму збудження в одному напрямку згідно з виразом є зміна струму якоря в протилежному напрямку. Але оскільки в зовнішньому колі проходить постійний струм, то у разі зміни струму якоря змінюється потужність на затискачах обмотки якоря двигуна $P_1 = UI$.

Порушення рівноваги потужностей спричиняє появу динамічного моменту, під дією якого змінюється швидкість обертання ротора, поки не відновиться рівновага потужностей. У разі зменшення струму збудження струм якоря зростає, і під дією надлишку потужності ротор прискорюється до швидкості Ω , яка, якщо не враховувати втрати у двигуні, визначається з рівності потужностей $P_1 = P_2 = \Omega M_2$ на затискачах обмотки якоря і на валу.

Аналогічні процеси відбуваються під час регулювання напруги на затискачах обмотки якоря і за інших умов навантаження на валу двигунів, а також за паралельної роботи генераторів постійного струму.

Наслідком зміни швидкості обертання ротора є зміна частоти індукованої ЕРС, тому колектор зі щітками можна вважати і як механічний перетворювач частоти ЕРС у провідниках обмотки якоря.