

Лекция № 15-18

Безконтактні електричні машини нетрадиційних типів

Основні типи Безконтактних електричних машин нетрадиційних типів:

1. Індуктивні параметричні двигуни та генератори;
2. Ємнісні перетворювачі;
3. Надпровідникові параметричні генератори;
4. Перетворювачі енергії на ударних хвилях;
5. БЕМ із пружним кріпленням рухомого елемента.

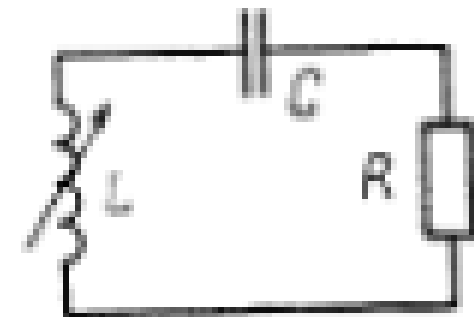
Індуктивні параметричні БЕМ

Використовуються для генерування періодичних знакозмінних струмів в установлених режимах або серії однонаправлених пульсуючих струмів в перехідних режимах та в коливальних системах, що використовують резонанс.

Одним із видів індуктивної БЕМ є параметричний генератор на основі LC-контур. Працює на принципі резонансу.

$$iR + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt = 0$$

Якщо $L = \text{const}$, $R = \text{const}$, $C = \text{const}$:



$$i(t) = \left(\frac{U_0}{\omega L}\right) e^{-\frac{Rt}{2L}} \cdot \sin(\omega t)$$

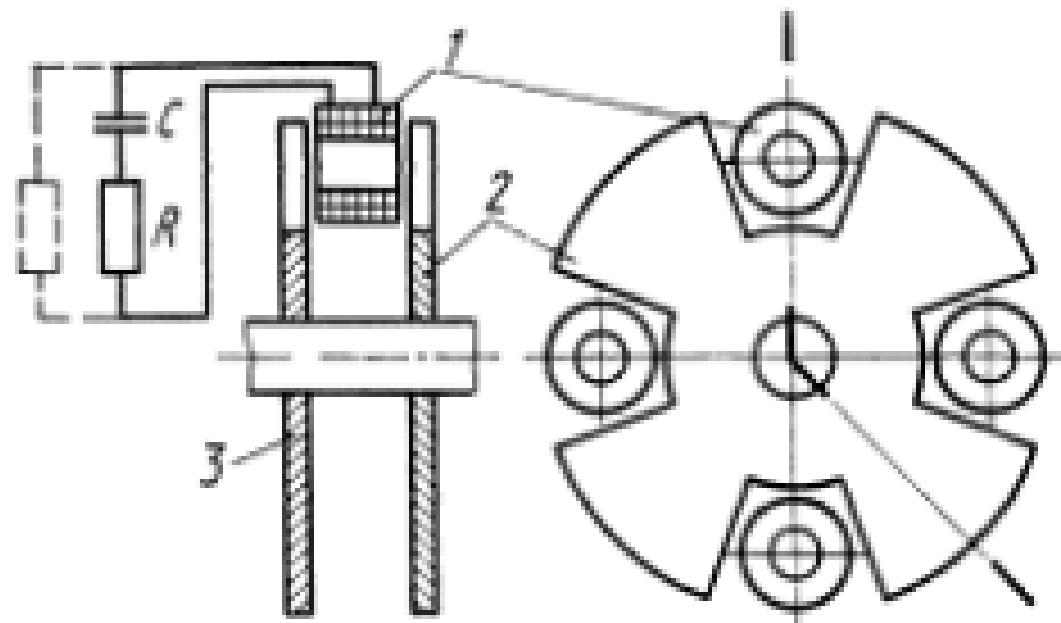
$$\omega = \sqrt{\frac{1 - R^2 C / (4L)}{LC}}$$

U_0 – початкове значення напруги на конденсаторі.

Якщо індуктивність змінюється $L=L(t)$, тоді:

$$iR + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = -i \frac{dL}{dt}$$

Завдяки зміні L в резонансному колі з'являється коливання, що рівносильні зовнішній прикладеній напрузі. Коливальний контур та механізм зміни індуктивності є генератором, що перетворюють механічну енергію, направлену на зміну індуктивності в електричну.



Генератор складається із набору нерухомих котушок 1, торці яких межують із дисками 2 та 3 ротора, що виконуються із провідного матеріалу та мають виступи та впадини по периферії.

Котушки з'єднуються послідовно і підключаються до батареї конденсаторів та навантаження. При обертанні ротора та збудженні в колі коливань струму від стороннього генератора індуктивність котушки змінюється від L_{\min} до L_{\max} .

Недоліки генератора:

- 1.Значні втрати в масивних струмопровідних елементах ротора;
- 2.Залежність резонансної частоти від величини навантаження;
- 3.При зміні частоти струму в навантаженні необхідно змінювати ємність.

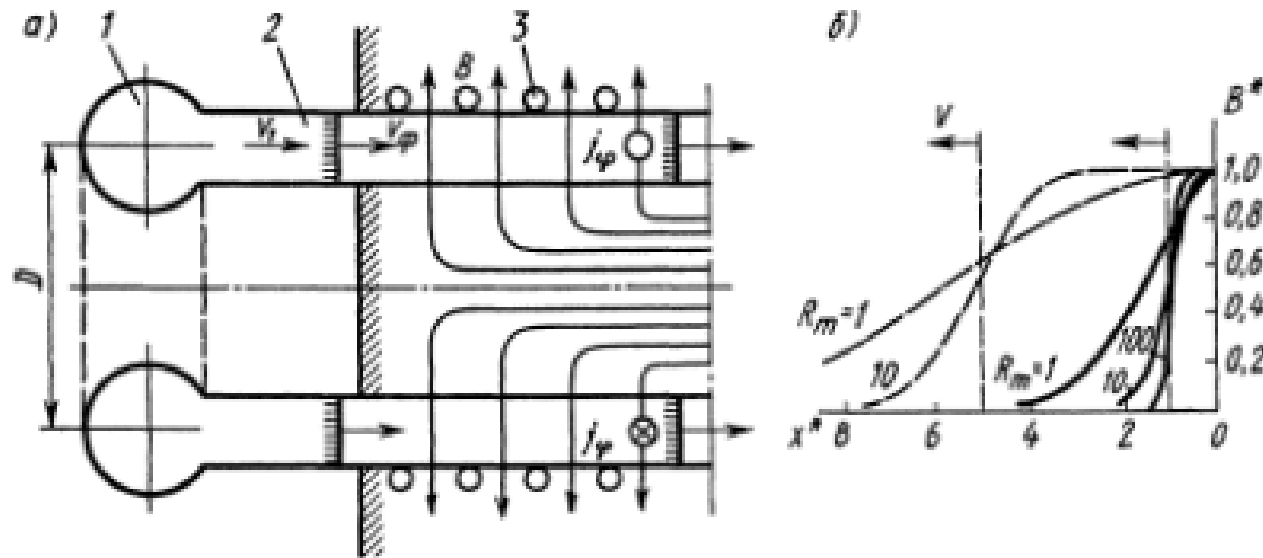
Такі генератори доцільно застосовувати для заряду ємнісних накопичувачів, що утворюють із обмоткою якоря резонансний контур.

Типи параметричних машин:

- СГ класичної конструкції із явновираженими полюсами;
- Перетворювачі із періодичним стисненням магнітного потоку;
- Лінійні параметричні генератори (двигуни);
- Прискорювачі (двигуни, електромагнітні катапульти);

Безконтактні параметричні генератори, що використовують енергію ударних хвиль та явище надпровідності

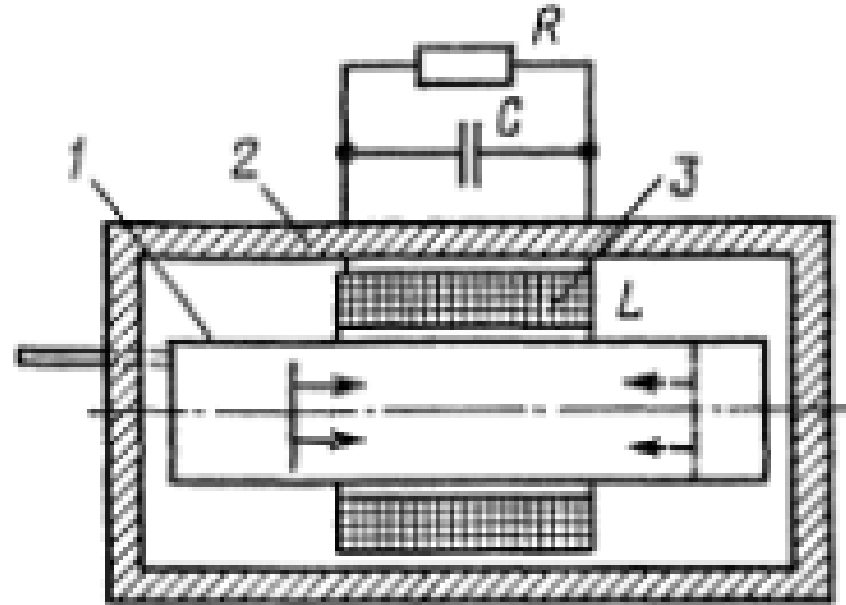
Генератор на ударних хвилях



Гіпотетична модель генератора на ударних хвилях

В камері 1 періодично збуджується сильна ударна хвиля, що поширюється в робочому газі, що заповнює симетричний канал 2. В каналі є зона із поперечним магнітним полем \mathbf{B} . Над каналом розміщена обмотка 3 (якірна). При русі провідного газу за фронтом хвилі магнітне поле деформується за рахунок наведених в газі тангенціальних потоків. Це призводить до зміни потокозчеплення обмотки 3, появи ЕРС та струму в колі якоря та навантаження.

Схема ударного генератора змінного струму на базі ядерного реактора.

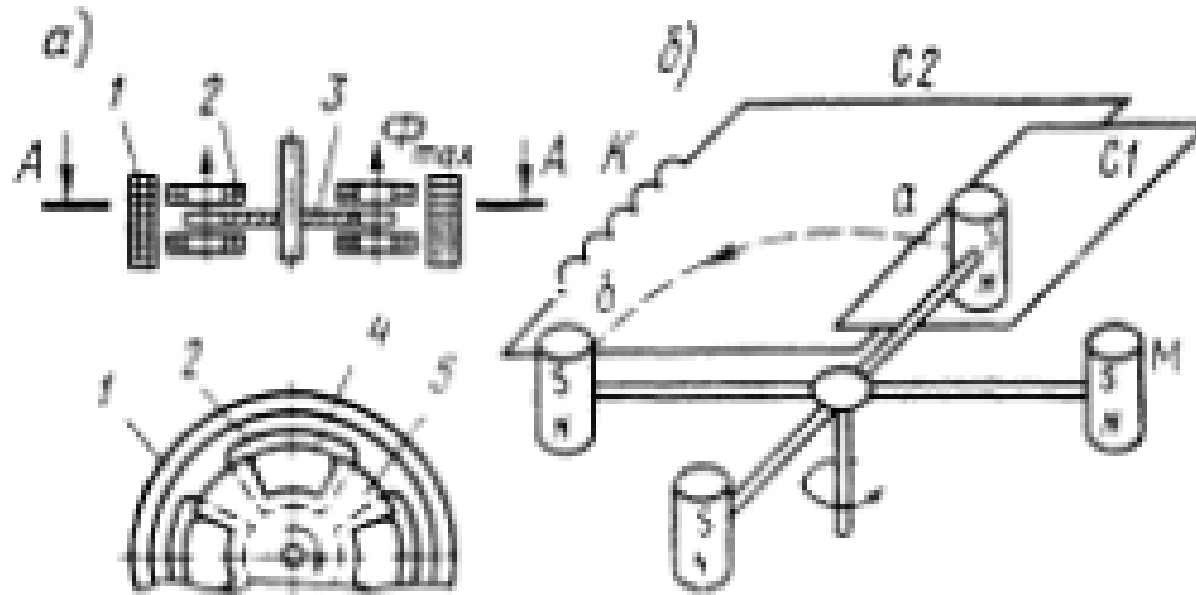


Генератор складається із довгого циліндра 1 (графітового), заповненого газом із нестабільним матеріалом (U^{235}). Циліндр оточено бетонним захисним кожухом 2. Навколо циліндра розміщено соленоїд 3, що з'єднується із батареєю конденсаторів C та навантаженням R . В стаціонарному положенні реакція протікає повільно. Якщо з однієї із сторін циліндра стиснути газ, почнеться швидка реакція поділу, температура газу різко підвищиться і створиться ударна хвиля, що переміститься до протилежної сторони циліндра. Там, в свою чергу газ стиснеться і виникне нова ударна хвиля, що рухається в протилежну сторону. При цьому електропровідний газ здійснює зворотно-поступальний рух всередині циліндра.

Надпровідникові генератори

Існує 2 шляхи:

- Заміна частини обмоток традиційних БЕМ надпровідниковими, що дозволить відмовитись від сталених магнітних осердь, підвищити лінійне навантаження та індукцію в активній зоні;
- Використання специфічних фізичних явищ в надпровідниках. Основні генератори такого типу – індукторні та топологічні.



В індукторному надпровідниковому генераторі періодичне екранування стаціонарного магнітного поля виконується надпровідним ротором без втрат на вихрові струми (а). На статорі розташовується надпровідникова ОЗ 1, та надпровідникова ОЯ 2. Ротор генератора це диск 3, на зовнішній поверхні якого є прорізи 4 та виступи 5.

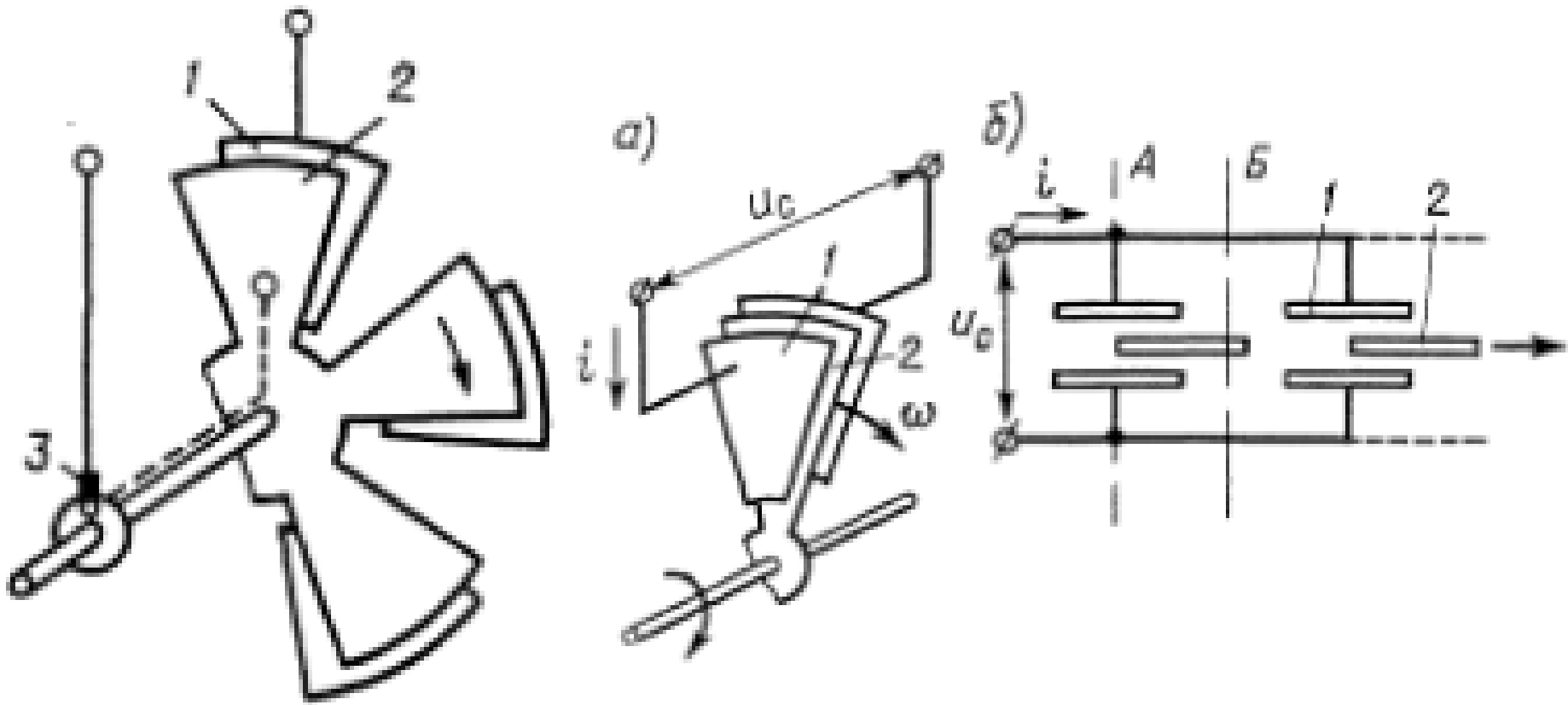
При обертанні диска напроти кожної котушки 2 знаходиться то виступ то проріз, що призводить до зміни потокозчеплення котушок 2 і в них наводиться ЕРС. Даний генератор має задовільні ваго-габаритні показники (30 кВт, 1200 об/хв, $m_{\text{пит}} \approx 0,5$ кг/кВт).

Робота *топологічного генератора* основана на періодичній зміні активного опору ділянок якірного кола. Він складається із надпровідників другого роду (С2) та першого роду (С1) у вигляді тонкої пластини (рис. б). На роторі розташовані магніти М, що спочатку переміщаються над пластиною С1 потім С2. Принцип дії засновано на величинах критичних магнітних полів, що порушують умови надпровідності (6...8 Тл для С2 та 0,1...0,2 Тл для С1).

Ємнісні параметричні генератори

Принцип дії заснований на періодичній зміні ємності конденсатора шляхом зміни взаємного розташування його пластин. Потужність ємнісного генератора тим більше чим більше dC/dt , тому їх виконують на високі швидкості, а також прямопропорційна U^2 на ємності, тому їх виконують на високі напруги (та малі струми). Основні втрати пов'язані із струмами витoku та паразитними ємностями С`.

Найбільш широко використовується ємнісний генератор із плаваючим ротором (а, б). Статор такого генератора складається із набору плоских радіальних пластин 1, до яких підводиться напруга U_c .



Ротор виконано у вигляді зіркоподібного диска із плоскими лопатками 2, що знаходяться в проміжку між основними нерухомими пластинами 1. При обертанні ротора ємність періодично змінюється від C_{\min} до C_{\max} . Недолік – відносно мала різниця між C_{\min} та C_{\max} та невисокі вагогабаритні показники. Перевага ємнісних генераторів – відсутність магнітних осердь та малі втрати. Перспективні у використанні в космічній техніці для живлення електрореактивних двигунів і т. ін. В природньому вакуумі можливо отримати генератори $m_{\text{пит}} \approx 0,5 \dots 1$ кг/кВт, $\eta \approx 95 \dots 98\%$, $P \approx 10 \dots 100$ кВт, $U \approx 10 \dots 100$ кВ.

БЕМ із пружним кріпленням рухомого елемента

Область використання:

- Інструментальна техніка;
- Медична технологічна апаратура;
- Робототехніка;
- Моментокompенсуючі та крокові механізми.

Безпідшипникові двигуни здатні:

- 1.Реалізовувати зворотно-поступальний рух;
- 2.Реалізовувати складні рухи без застосування спеціальних кінематичних ланцюгів;
- 3.Реалізовувати тахометричні пристрої та безпідшипникові насоси;
- 4.Відрізняються високою швидкістю та пристосовані для роботи в кроковому режимі;
- 5.Відсутні акустичні шуми.

Недоліки двигунів без підшипників:

- 1.Занижені енергетичні показники;
- 2.Малий досвід в розробці опор для рухомого елемента.