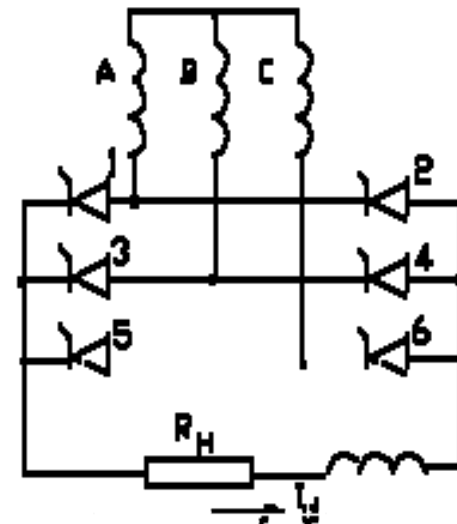


Лекция № 8

Вентильний генератор з напівпровідниковим випрямлячем мостового типу

Схема ВГ мостового типу показано на рис.

Трифазну мостову схему розглядаємо як об'єднання двох схем з нульовою точкою. При миттєвій комутації та відсутності регулювання завжди ввімкнено 2 вентиля: 1 із катодної групи, у якого до аноду прикладено найбільший потенціал та 1 із анодної групи, у якого до катода прикладено найменший потенціал.

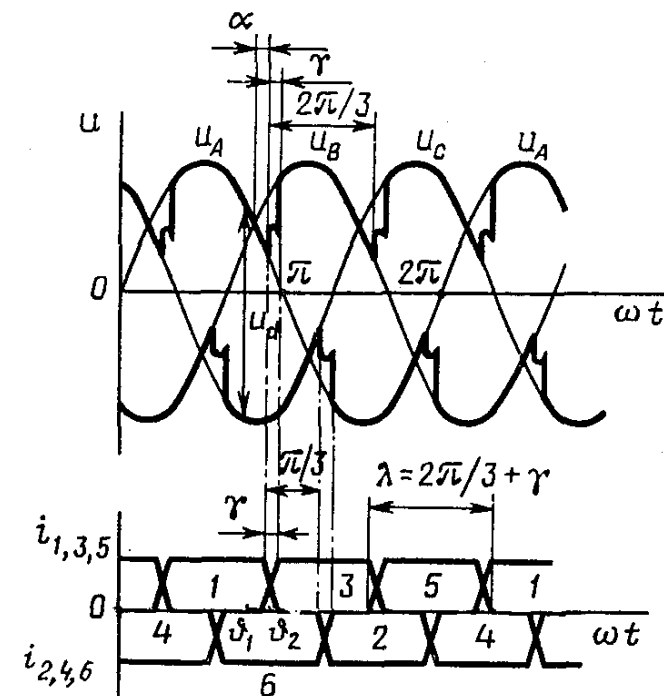


Часові діаграми приведено на рисунку.

U_d визначається різницею фазних напруг.

Моменти вмикання вентилів анодної та катодної групи не співпадають. В порівнянні із попередньою схемою випрямлена напруга подвоюється. При появі управління, тобто вмикання вентилів із запізнюванням на кут α , випрямлена напруга:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \alpha$$



За рахунок комутації період включення кожного вентиля збільшується і стає рівним:

$$\lambda = (2\pi / 3) + \gamma$$

Оскільки падіння випрямленої напруги має місце як в анодній, так і в катодній групах воно подвоюється і складає:

$$\Delta U_K = (3 / \pi) X_K I_d$$

Отже, при $\gamma < \pi/3$ зовнішня характеристика генератора описується формулою:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \alpha - \frac{3}{\pi} X_K I_d$$

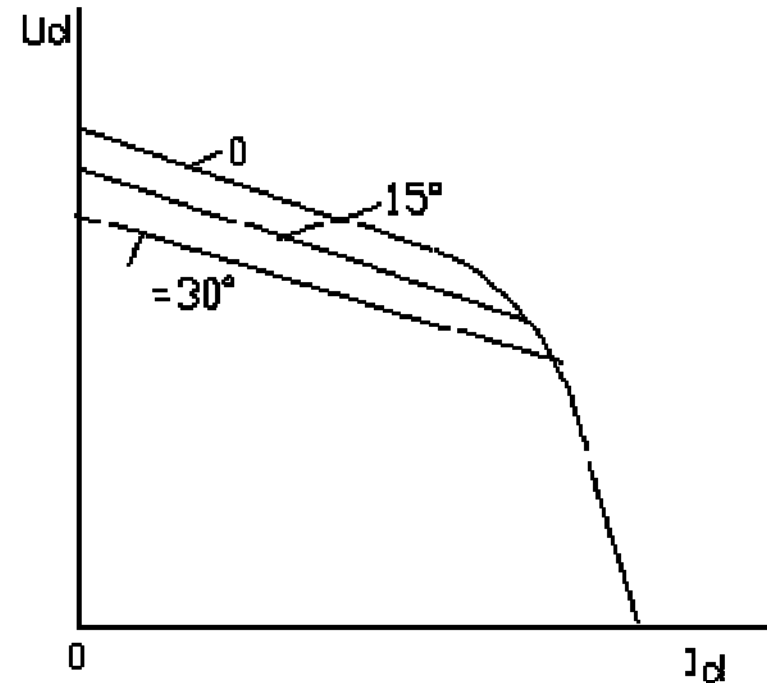
При зростанні навантаження $\gamma = \pi/3$, і в цьому випадку, при закінченні комутації 1-го вентиля другий працює. В цьому випадку напруга описується рівнянням еліпсу. Якщо $\gamma > \pi/3$ винакає "каша", тобто не встигають закритись вентиля 1-ї групи, як відкриваються вентиля 2-ї групи.

Таким чином, зовнішня характеристика мостового трифазного ВГ складається з трьох характерних ділянок: початкового в режимі $\gamma < \pi/3$, проміжного в режимі $\gamma = \pi/3$ і кінцевого в режимі $\gamma > \pi/3$.

При зростанні кута керування α , друга ділянка скорочується.

Коли $\alpha=30^\circ$ то 2-га ділянка зникає. Із врахуванням падіння напруг на активному опорі зовнішня характеристика описується рівнянням:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \alpha - \left(\frac{3}{\pi} X_K I_d - 2R_a \right) I_d - 2\Delta U$$

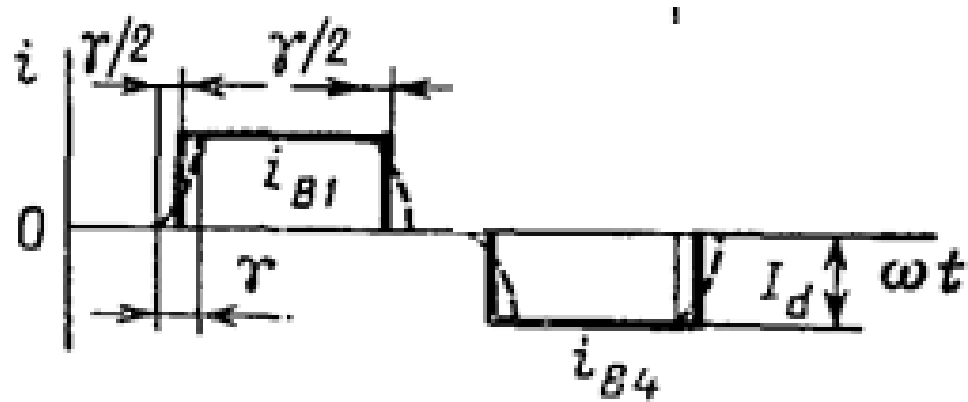


Ступінь використання ВГ

Особливістю роботи ВГ являється те, що кожна фаза працює $1/3$ періоду і перемикання струму з однієї фази на іншу відбувається на протязі періоду γ . І потужність такого генератора буде меншою від аналогічного СГ.

Для отримання виразу ступені використання ВГ застосовуються наступні припущення:

- Нехтуємо спотворенням кривих фазних напруг під час комутації;
- Діючі значення фазних струмів заміняємо прямокутними.



Тоді потужність однієї фази:

$$P_{\phi} = \frac{1}{\pi} \int_{(\pi/6)+\alpha+\gamma/2}^{(5\pi/6)+\alpha+\gamma/2} I_d \sqrt{2} U \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d U \cos(\alpha + \gamma/2)$$

Зв'язок між I_d та I :

$$I = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/6+\alpha+\gamma/2}^{(5\pi/6)+\alpha+\gamma/2} I_d^2 d(\omega t)} = I_d \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$I = I_d \cdot K_i$, де $K_i = 0,77 \dots 0,8$ (з врахуванням спотворенням кривих $K_i \neq \sqrt{\frac{2}{3}}$, підставимо в P_{ϕ} :

$$P_{\phi} = \frac{3}{\pi} I U \cos(\alpha + \gamma/2)$$

Потужність базового генератора:

$$P'_{\phi} = I U$$

Тоді коефіцієнт використання:

$$k_{\text{вик}} = \frac{P_{\Phi}}{P_{\Phi}'} = \frac{3}{\pi} \cos(\alpha + \gamma / 2)$$

Із ростом кутів керування та комутації α та γ $K_{\text{вик}}$ зменшується. Максимальний $K_{\text{вик}}$: $K_{\text{вик}} = 3/\pi \approx 0,955$, при $\alpha=0$ та $\gamma=0$.

Для ВГ з нульовим виводом:

$$P_{\Phi} = \frac{1}{2\pi} \int_{(\pi/6)+\alpha+\gamma/2}^{(5\pi/6)+\alpha+\gamma/2} I_d \sqrt{2}U \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} IU \cos(\alpha + \gamma / 2)$$

Тоді коефіцієнт використання:

$$k_{\text{вик}} = \frac{3}{\sqrt{2}\pi} \cos(\alpha + \gamma / 2)$$

Тобто, $K_{\text{вик}}$ ВГ з нульовим виводом менший в $\sqrt{2}$ мостового. Розрахункова потужність СГ повинна в $\sqrt{2}$ рази більша ВГ.

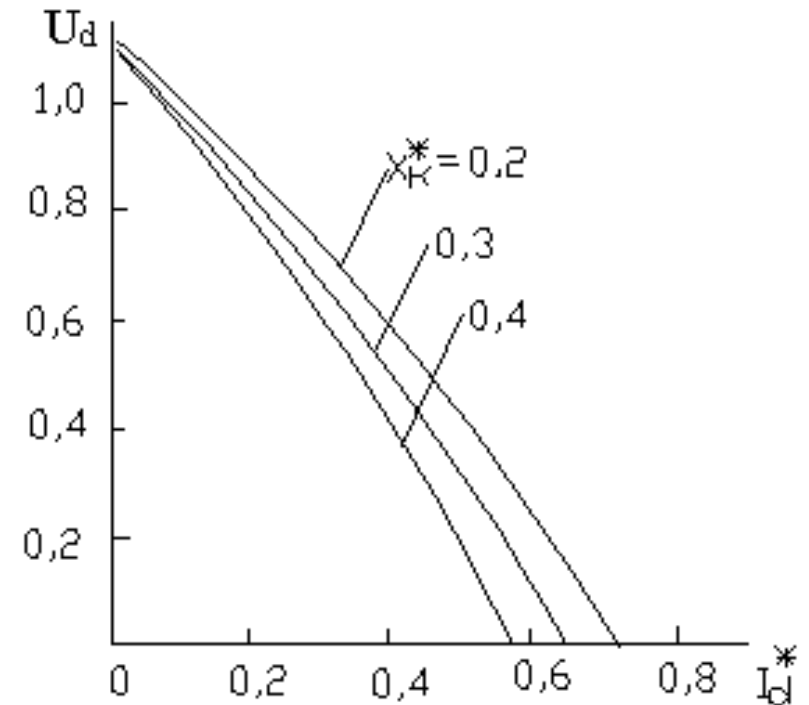
При керуванні струм в СГ по фазі відстає від напруги на кут α , а із врухуванням комутації: $\alpha + \gamma/2$. Тобто, ВГ споживає реактивну потужність:

$$Q = 3 \cdot U \cdot I \cdot \sin(\alpha + \gamma / 2)$$

Особливості характеристик та показників ВГ

– Кожному значенню кута керування α відповідає своя зовнішня характеристика $U_d^* = f(I_d^*)$. При збільшенні α вони зміщуються вниз, і їх нахил тим більший, чим більший комутаційний індуктивний опір X_k .

- Регульовальні характеристики $\alpha = f(I_d^*)$ показують, як із зростанням струму потрібно змінювати кут α , щоб підтримувати $U_d = \text{const}$. Вони падають тим крутіше, чим більше X_k .
- Кут комутації γ тим менший, чим більший кут керування α , і збільшується при зростанні струму. Це справедливо в робочому діапазоні, тобто в області застосування системи $\gamma < \pi/3$.
- Коефіцієнт струму K_i мало залежить від навантаження.
- Коефіцієнт використання $K_{\text{вик}}$ знижується із зростанням α і тим більше, чим більший X_k . Наприклад, при $\alpha = 40^\circ$, $\gamma = 0,5$ радіан коефіцієнт використання $K_{\text{вик}} = 0,5 \dots 0,6$.



Окрім розглянутих трифазних схем ВГ застосовуються також шестифазна схема з нульовим виводом, а також здвоєні мостові схеми – послідовна і паралельна, коли в генераторі є дві трифазні обмотки, зміщені одна щодо одної на 30 електричних градусів.

До найважливіших показників схем відносяться наступні:

- максимальний коефіцієнт використання $K_{\text{викмакс}}$ (при $\alpha=\gamma=0$), що характеризує граничне відношення реальної потужності до типової розрахункової потужності ВГ;
- коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги за основною гармонікою $k_{n(1)}$, який є відношенням амплітуди першої гармоніки пульсацій випрямленої напруги до середнього значення напруги U_d ;
- відношення максимальної зворотної напруги $U_{зв}$ на одному вентилі до U_d ;
- відношення середнього струму вентиля I_v до середнього значення випрямленого струму I_d .

Схема ПВ	$k_{\text{вик макс}}$	$k_{n(1)}$	U_{ze} / U_d	I_v / I_d
3-фазна з нульовим виводом	0,676	0,25	2,1	0,33
6-фазна з нульовим виводом	0,552	0,057	1,05	0,17
3-фазна мостова	0,955	0,057	1,05	0,33
Здвоєні мостові схеми:				
послідовна	0,955	0,0135	0,523	0,33
паралельна	0,955	0,0135	1,05	0,17