

III-MODUL. SINUSOIDAL TOK ELEKTR ZANJIRLARI

10-ma`ruza.Sinusoidal o`zgaruvchan tok zanjirlari.

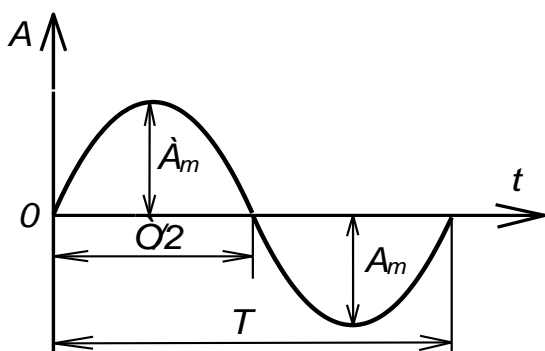
Reja:

1. Sinusoidal E.Yu.K., kuchlanish va toklar.
2. Sinusoidal E.Yu.K. va toklar manbalari.
3. Sinxron generatorlar turlari va ularning ishlash tamoyili.
4. Davriy elektr yurituvchi kuch, kuchlanish va tokning o`rtacha va joriy qiymatlari.

1. Sinusoidal E.Yu.K., kuchlanish va toklar.

Ma'lumki, chiziqli elektr zanjirda bir xil T davrga ega bo'lgan davriy E.Yu.K. ta'siri ostida yetarli darajadagi vaqt o'tishi

bilan (ushbu E.Yu.K. ta'sir qila boshlagach) zanjirning hamma qismlarida ana shu T davrga ega davriy toklar va davriy kuchlanishlar hosil bo'ladi. 10.1-rasmda T – tebranishlarning to'liq davri; A_m va $-A_m$ lar esa



Sinusoidal tebranishlarning amplituda qiymatlari sifatida kursatilgan. $f = 1/T$ kattalik E.Yu.K., tok va kuchlanishning chastotasi deb aytiladi. Chastota son jihatidan bir vaqt birligi oraligidagi tebranishlar sonini anglatadi va gers (Gs) larda ulchanadi.

10. 1-rasm.

Vaqtning sinusoidal funksiyalari bo'lgan davriy E.Yu.K. davriy kuchlanish va davriy toklar katta qiziqishga egadir:

$$e = e_m \cdot \sin(\omega t + \psi_e); \quad (10.1)$$

$$U = U_m \cdot \sin(\omega t + \psi_u); \quad (10.2)$$

$$i = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi_i); \quad (10.3)$$

Bunda e , u , i lar – mos holda oniy E.Yu.K., kuchlanish va tok. E_m , U_m , I_m – mos holda E.Yu.K., kuchlanish va tokning amplituda qiymatlari. $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ - burchak chastota, ψ_e , ψ_u , ψ_i – mos holda E.Yu.K., kuchlanish va tokning boshlang'ich fazalari.

Kuchlanish va tok fazalari o`rtasidagi ayirma $\psi = \psi_u - \psi_i$ ni, shuningdek, tokning kuchlanishga nisbatan burchak siljishi deb ham aytiladi. $\varphi = 0$ bo'lganda tok va kuchlanish faza bo'yicha mos tushadi. $\varphi = \pm\pi$ bo'lganda ular faza bo'yicha o'zoro qarama-qarshi va $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$ bo'lganida o'zoro kvadraturada bir chorakda bo'ladilar.

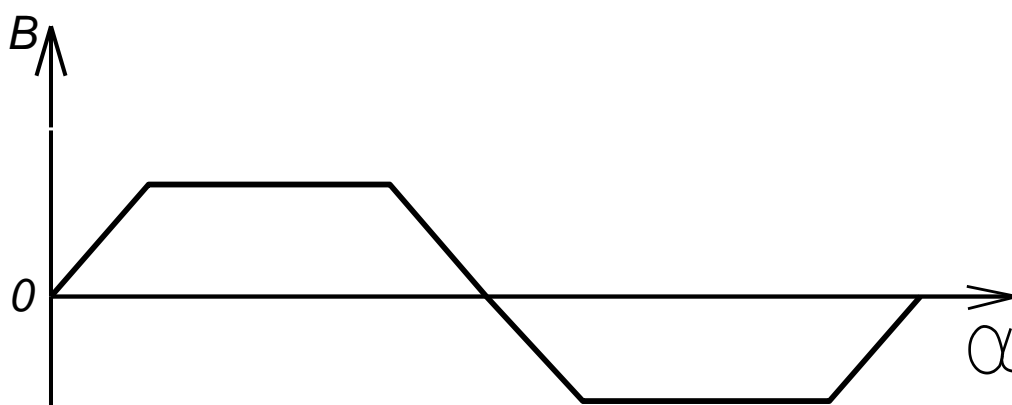
Ko'pchilik hollarda elektr zanjirlarida tok va kuchlanishlar sinusoidal qonuniyat asosida o'zgarishiga harakat qiladi, chunki, ushbu qonuniyatdan chetga

chiqilgan holda, keraksiz holatlarga olib keladi. Jumladan zanjir elementlarida qo‘shimcha isroflar hosil bo‘ladi, yuqori quvvatli elektr o‘zatish liniyalarining qo‘shni aloqa liniyalariga ta’siri ortadi va hokazo. Garmonik funksiyalarning yana bir qulay tomoni shundaki, ularni har xil chastotali sinusoidal funksiyalar qatoriga (Fure qatori) tarqatib chiqish mumkinligidir. Shuning uchun sinusoidal (garmonik) toklarni ko‘rib chiqish kelgusida yanada murakkabroq davriy E.Yu.K., toklar va kuchlanishlarni urganish imkonini beradi. Sanoatda odatda 50 Gs chastota qo‘llaniladi.

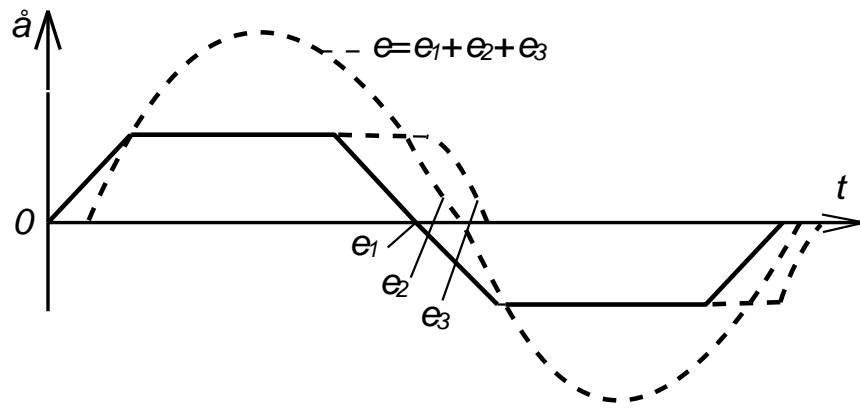
2. Sinusoidal E.Yu.K. va toklar manbalari.

Sinusoidal E.Yu.K.ni ishlab chiquvchi manbalar bo‘lib chastotaga bog‘liq holda u yoki bu turdagi generatorlar xizmat qiladi. Ushbu generatorlarni ko‘rib chiqishdan oldin sinusoidal E.Yu.K. va toklarni ishlab chiqarish prinsiplari tamoyillari bilan tanishaylik. Rotorlarning tuzilishiga ko‘ra generatorlar yaqqol ifodalangan qutbli va yaqqol ifodalanmagan qutbli turlarga bo‘linadi. Yaqqol ifodalanmagan qutbli generatorlarda E.Yu.K. ishlab chiqilishini ko‘rib chiqaylik. Ushbu generatorlarda sinusoidal E.Yu.K. hosil qilish uchun qutbiy nakonechniklar shaklini o‘zgartirish imkoniyati yo‘qdir.

Xavoli tirqishdagi magnit induksiyasi V burchak α ga bog‘liq holda taxminan trapesoidal qonuniyatga bo‘ysunadi. (10.2-rasm) Vaqt bo‘yicha stator cho‘lg‘amlaridagi E.Yu.K. ham trapesiodal qonuniyat asosida o‘zgaradi. Agarda qo‘shni pazlar (ochiq joylar) ga bir xil cho‘lg‘amlar joy-lashtirilsa, ushbu cho‘lg‘amlarda hosil bo‘ladigan ye_1 , ye_2 va ye_3 E.Yu.K.lar ham bir xil shaklda, faqatgina vaqt o‘qi bo‘yicha bir –biridan siljigan holda hosil bo‘ladi. (10.3-rasm). Ushbu cho‘lg‘amlarni ketma–ket ulab yig‘indi E.Yu.K. ye ni yoki hosil qilamiz:



10.2-rasm.

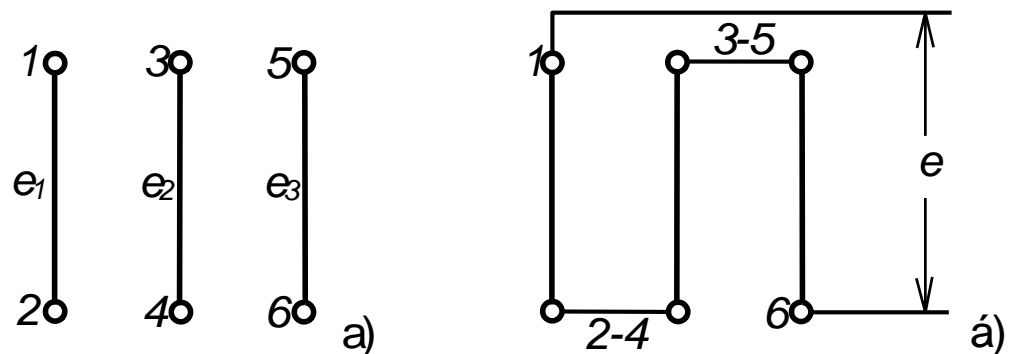


10.3-rasm.

$$e = e_1 + e_2 + e_3$$

(Bu holat Kirxgofning ikkinchi qonuniga mos keladi). Uning qiymati butun o‘ram bo‘yicha sinusoidal qiymatga yaqin bo‘ladi.

O‘ramlarning yoyilgan holatdagi ko‘rinishi misol tariqasida 10.3- rasmda keltiramiz.



Bir faza o‘ramlarning joylashish sxemasi
a) alohida, b) birgalikda ulangan holda.

10.4-rasm.

Kursatilgan o‘ramlar huddi shu usulda statorning boshqa fazalarida ham uch fazali sistemani hosil qilish uchun ulab chiqiladi.

Yaqqol ifodalanmagan qutbli sinxron generatorlar standart aylanishga ega, ya’ni 1500 yoki 3000 ayl./minut. Ushbu generatorlar bug‘ trubinalari bilan birgalikda ishlashlari sababli ular turbogeneratorlar deb ataladi.

Yaqqol ifodalangan qutbli sinxron generatorlar gidroelektro-stansiyalardagi suv bosimiga bog‘liq holda 50 dan 750 ayl./minutgacha bo‘lgan aylanishlarga egadirlar.

3. Sinxron generatorlar turlari va ularning ishlash tamoyili.

Generatorlar elektr stansiyalarining asosiy elementi hisoblanadi. Zamonaviy elektrostansiyalarda deyarli to‘liq hajmda faqatgina uch fazali o‘zgaruvchan tok generatorlarigina qo‘llanilmoqda. Birlamchi, mexanik harakatni hosil qiluvchi

yuritgichlarga bog‘liq holda ular ikki guruxga: turbogeneratorlar va gidrogeneratorlarga bo‘linadi.

Turbogeneratorlar bevosita bug‘ va gaz turbinalari bilan bog‘langan holda ishlashi sababli ularning asosiy farq qiluvchi belgisi tez aylanishidir, ular yuqori aylanish chastotasiga egadirlar. Turbina aylanish chastotasi qancha katta bo‘lsa, uning chiziqli o‘lchamlari (gabariti) shuncha kichik va mos holda foydali ish koeffisienti shuncha katta bo‘ladi, shu sababli turbogeneratorlar aylanish tezligini imkon boricha oshirishga harakat qilinadi. Ikkinchi tomondan, aylanish tezligini oshirish imkoniyati ham, tarmoqdagi chastota $f = 50$ Gs ga va generator juft qutblari minimal soni $p = 1$ ga bog‘liq holda cheklangandir.

U holda quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$n = \frac{60f}{P} \quad (10.4)$$

bu yerda $f = 50$ Gs - tarmoqdagi chastota (Yaponiya va AQSh da $f = 60$ Gs) R – juft qutblar soni.

Alohida, maxsus holatlarda kichik quvvatli trubogeneratorlarni trubinalarga bevosita emas, balki pasaytiruvchi reduktor orqali ulanishiga ham yo‘l qo‘yiladi. Bu holatlarda turbinalar yuqori aylanish chastotasiga ega bo‘lishlari mumkin. Ammo ushbu turdagi reduktorlar odatda bug‘ - turbinali GES larda qo‘llanilmaydi, chunki yuqori quvvatli turbogeneratorlar ishlash ishonchligini pasaytirib yuboradi.

Gidrogeneratorning aylanish chastotasi quyidagi ifoda asosida hisobiy yo‘l bilan aniqlanadi:

$$n_{\text{turb}} = n_{\delta} \frac{H^{5/4}}{\sqrt{P}} \quad (10.5)$$

bunda n_b – turbina turiga bog‘liq bo‘lgan tezlik koeffisienti; ayl/ minutda; H – bosim, metrda; R – turbinaning quvvati, MVt da.

Ta‘rif: Uch fazali sinxron generatorning nominal kuchlanishi deb stator o‘ramidagi U_n chiziqli kuchlanishga aytiladi. U_n quyidagi qatorni hosil qiladi: 3.15; 6.3; 10.5; 18.0; 20.0; 21.0; 24.0 kV.

Sinxron generatorlarning nominal to‘liq quvvati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \quad (10.6)$$

Mos holda, aktiv va reaktiv quvvatlar quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$P_n = \sqrt{3} U_n \cdot I_n \cdot \cos \varphi \quad (10.7)$$

$$Q_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \cdot \sin \varphi \quad (10.8)$$

bunda $\cos \varphi$ – quvvat koeffisienti, $\sin \varphi$ esa: $\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$

Turbogeneratorlar uchun nominal quvvat koeffisientining qiymati quvvat 100 MVt gacha bo‘lsa 0.8 ga, 160 –500 MVt bo‘lganda 0.85 ga va quvvat 800 MVt gacha bo‘lganida 0.85 dan 0.90 gacha teng bo‘ladi.

Gidrogeneratorlarning nominal quvvat koeffisienti quvvat 125 MVt va undan kichik bo‘lganda 0.8 ga, quvvat 125 dan 360 MVt gacha bo‘lganda - 0.85 ga va 360 MVt dan yuqori quvvatda 0.9 ga teng bo‘ladi.

4. Davriy elektr yurituvchi kuch, kuchlanish va tokning o'rtacha va joriy qiymatlari.

Ma'lumki, davriy E.Yu.K., kuchlanish va toklarning qiymatlari to'g'risida ularning davr oralig'idan o'rta kvadratik qiymatlari: E , U , I deb belgilanadigan qiymatlarga qarab baho beriladi. Ularning matematik ifodalanishi quyidagi formulalarda keltirilgan:

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt}; \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt}; \quad I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (10.9)$$

Keltirilgan qiymatlar davriy E.Yu.K., kuchlanish va toklarning joriy (amaldagi) qiymatlari deb ataladi.

Quyida ushbu tanlashni asoslovchi fikrlarni keltiramiz. Masalan, bir davr ichida r qarshilikka ega zanjirda issiqlik ajralib chiqishini kursatuvchi o'rtacha quvvat miqdori quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\frac{1}{T} \int_0^T i^2 \cdot r dt = r \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt = r \cdot I^2 \quad (10.10)$$

Binobarin, davriy effektiv tok tushunchasini kiritib (to'liq davr ichidagi uning o'rta kvadratik qiymatiga teng bo'lgan), ushbu tok orqali ifodalangan, ko'rinishdan huddi o'zgarmas toklar uchun kabi o'rtacha quvvatni hisoblash formulasini hosil qilamiz.

Endi effektiv sinusoidal E.Yu.K.ning Y_e qiymatini uning amplitudasi Y_{em} bilan bog'liqligi: $y_e = Y_{em} \cdot \sin(\omega t + \psi_e)$ ni aniqlaymiz. U holda quyidagicha ega bo'lamiz:

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T E_m^2 \sin^2(\omega t + \psi_e) dt} = E_m \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos(2\omega t + 2\psi_e)}{2} dt} = E_m \sqrt{\frac{1}{T} \cdot T \cdot \frac{1}{2}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad (10.11)$$

chunki

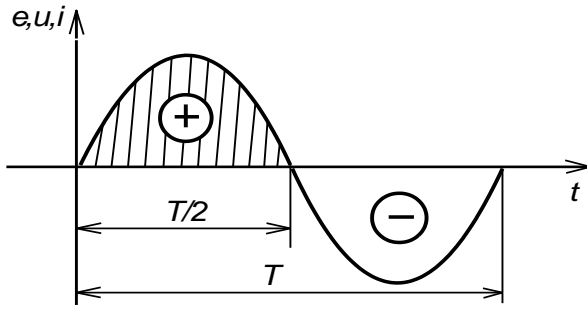
$$\int_0^T \cos(2\omega t + 2\psi_e) dt = 0 \quad (10.12)$$

Huddi shuningdek, sinusoidal kuchlanish va sinusoidal tok uchun quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (10.13)$$

Amaliyotda, davriy kuchlanish va toklarni o'lchash uchun qo'llaniladigan priborlarning ko'pchilik qismi ushbu kattaliklarning ta'sir etuvchi effektiv qiymatlarini kursatadi.

To'liq davr ichida effektiv sinusoidal E.Yu.K., kuchlanish va toklarning o'rtacha arifmetik qiymati nolga teng bo'ladi. Shu sababli ularning musbat yarim davr ichida o'rtacha qiymati tushunchasi kiritiladi (10.5-rasm).



O‘rtachakiymatlarnianiqlash-ningushbuusulidavriynosinoidal E.Yu.K., kuchlanishvatoklarningo‘rtachakiymatlar nianiqlashdahamfoydalaniladi, buholdaularningmusbatvamanfiyyarimto‘lqinlarior‘zarobirxilbo‘lishishart.

10.5-r

Xususan, sinusoidal E.Yu.K. ning o‘rtacha qiymati quyidagicha teng:

$$E_{sr} = 2/T \int_0^{T/2} E_m \sin \omega t dt = 2E_m / \omega t - \cos \omega t = 4E_m / T = 2/\pi E_m \quad (10.14)$$

chunki $\omega = 2\pi \cdot 1/T$;

$$4E_m / 10T = 4E_m / 2\pi \cdot 1/T \cdot T = 2E_m / \pi = 2/\pi \cdot E_m$$

va mos holda: $U_{sr} = 2/\pi \cdot U_m$ va $I_{cp} = 2/\pi \cdot I_m$ (10.15)

davriy o‘zgaruvchan ilashgan oqimi ψ tomonidan induksiyanadigan E.Yu.K. ning o‘rtacha qiymati ilashgan oqimining ψ_{max} va maksimal ψ_{min} orqali hisoblashni ko‘rib chiqaylik, haqiqatda ham:

$$E_{cp} = 2/T \int_0^{T/2} e dt = 2/T \int_0^{T/2} (-d\psi/dt) dt = -2/T \int_{\psi_{max}}^{\psi_{min}} d\psi = 2f(\psi_{max} - \psi_{min}) \quad (10.16)$$

E.Yu.K. qiymati ψ_{max} dan $\psi = \psi_{min}$ larda 0 ga teng bo‘ladi va ilashgan oqimi ψ_{max} dan ψ_{min} gacha oraliqda o‘zgarganda $ye > 0$ bo‘ladi. $\psi_{max} = -\psi_{min} = \psi$ bo‘lganda $Ye_{er} = 4f\psi_m$. Ushbu oddiy formula tutashuv oqimining ψ_{max} dan ψ_{min} gacha o‘zgarish qonuniyatiga bog‘liq emas. Agarda joriy E.Yu.K. ni aniqlash zaruriyati tug‘ilsa, Ye_{er} miqdori E.Yu.K. egri chiziqning shakl koeffisienti: $k_{sh} = E/E_{ur}$ ga ko‘paytirish kerak:

$$e = K_{sh} \cdot E_{ur} = 4k_{sh} f \psi_m \quad (10.17)$$

Xususiy holda, sinusoidal ilashgan oqimi $\psi = \psi_{min} \cdot \sin(\omega t + \psi)$ bo‘lganida E.Yu.K. quyidagicha ifodalanadi:

$$e = -W\psi_m \cdot \cos(\omega t + \psi) = \omega \cdot \psi_m \cdot \sin(\omega t + \psi - \pi/2) \quad (10.18)$$

Induksiyanayotgan E.Yu.K. ilashgan oqimi ψ dan $\pi/2$ burchakka orqada qoladi (2–rasmga qarang). Sinusoidal E.Yu.K. da egri chiziqning shakl koeffisienti $k_{sh} = E/E_{ur} = E_m / \sqrt{2}$; $2E_m / \pi = E_m \cdot \pi / \sqrt{2} \cdot 2 \cdot E_m = \pi / 2 \sqrt{2} \approx 1.11$ va mos holda $e = 4.44 f \psi_m$ shuningdek, amplituda koeffisienti k_a ham qabul qilingan. $k_a = E_m / E$ xususan sinusoida uchun $k_a = \sqrt{2}$ dir.

Nazorat savollari

1. Tebranish jarayonining (davriy tebranish) parametrlarini kursating.
2. Vaqtning sinusoidal funksiyalari qanday ifodalardan aniqlanadi?
3. Generatorlar rotorlarining tuzilishiga bog‘liq qanday turlarga bo‘linadi?
4. Generatorning nominal kuchlanishi deb nimaga aytiladi?
5. Hidrogeneratorning aylanish chastotasi qanday aniqlanadi?
6. Rotorning bajarilishiga ko‘ra generatorlar qanday xillarga bo‘linadi.