

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕР ТЕОРИЯСЫ-1

Дәріскер:

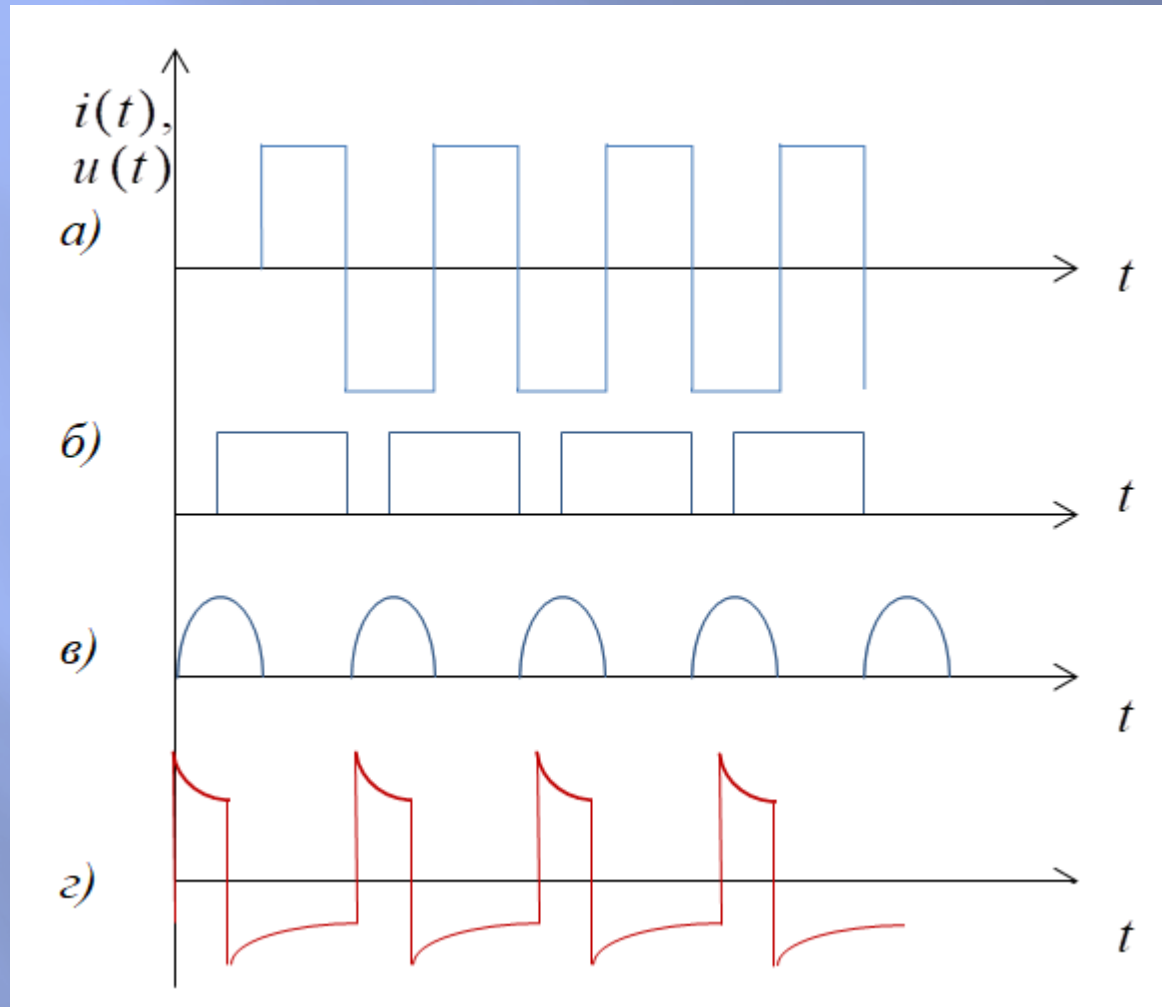
ф.-м.ғ.к., асс.профессор Алимгазина Назгүл Шәкәрімқызы

11-дәріс. Синусоидалды емес ток тізбектері



- ✓ **Теріс жағы:** жалпы жағдайда күш электроэнергетикасындағы синусоидалды емес токтар қуаттың шығындалуына, электр қозғалтқыш білігінің пульсацияларына әкеледі, байланыс желісінде бөгеттерді тудырады, сондықтан синусоидалды режимдерді қалыпта ұстаған абзал;
- ✓ **Оң жағы:** автоматика және байланыс тізбектерінде электртехникалық құрылғылардың әрекет принципі негізінде синусоидалды емес токтар пен кернеулер болып табылса, оларды күшейту мен барынша аз мәнде бұрмаланумен жеткізу мақсаты көзделген.

Периодты синусоидалды емес ток пен кернеу деп уақыт бойынша периодты синусоидалды емес заңымен өзгертін ток пен кернеуді атаймыз.



Синусоидалды емес токтар пен кернеулердің уақытқа тәуелділігі *периодты, периодтыға жуық және периодты емес* болуы мүмкін.

Синусоидалды емес токтар пайда болатын ЭТ негізгі ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ

1

• Егер ЭҚК көзі (немесе ток көзі) синусоидалды емес ЭҚК-ті (немесе токты) берсе және барлық ЭТ элементтері (резистивті, индуктивті және сыйымдылықты) сызықты болса;

2

• Егер ЭҚК көзі (немесе ток көзі) синусоидалды ЭҚК-ті (немесе токты) берсе және тізбектің бір немесе бірнеше элементі (резистивті, индуктивті және сыйымдылықты) – бейсызықты болса;

3

• Егер ЭҚК көзі (немесе ток көзі) синусоидалды емес ЭҚК-ті (немесе токты) берсе және тізбектің бір немесе бірнеше элементі (резистивті, индуктивті және сыйымдылықты) – бейсызықты болса;

4

• Егер ЭҚК көзі (немесе ток көзі) тұрақты немесе синусоидалды ЭҚК-ті (немесе токты) берсе және тізбектің бір немесе бірнеше элементі (резистивті, индуктивті және сыйымдылықты) – уақыт бойынша периодты заңдылығымен өзгерсе, сонда осындай ЭТ жұмыс режимінде синусоидалды емес токтар мен кернеулер пайда болады.

Фурье қатары арқылы синусоидалды емес шамаларды бейнелеу

$$x = \omega t = \frac{2\pi}{T}$$

$$f(x) = A_0 + A'_1 \sin(x) + A'_2 \sin(2x) + A'_3 \sin(3x) + \dots \\ \dots + A''_1 \cos(x) + A''_2 \cos(2x) + A''_3 \cos(3x) + \dots,$$

мұндағы A_0 - тұрақты құраушы немесе нөлдік гармоника, A'_1 - бірінші гармониканың синусты («синус» заңы бойынша өзгертін) құраушысының амплитудасы, A''_1 - бірінші гармониканың косинусты («косинус» заңы бойынша өзгертін) құраушысының амплитудасы.

$$A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx;$$

$$A'_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(x) dx, \dots A'_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(kx) dx;$$

$$A''_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(x) dx, \dots A''_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(kx) dx.$$

$$A'_k \sin(kx) + A''_k \cos(kx) = A_k \sin(kx + \psi_k),$$

$$A_k = \sqrt{(A'_k)^2 + (A''_k)^2},$$

$$\operatorname{tg}(\psi_k) = \frac{A''_k}{A'_k}.$$

A_k амплитудаларының және ψ_k бастапқы фазаларының жиынтықтарын **амплитудалы және фазалық жиіліктік спектрлері**, ал A'_k және A''_k коэффициенттерінің жиынтығын – **функцияның жиіліктік спектрі** деп атайды.

$$f(x) = A_0 + A_1 \sin(x + \psi_1) + A_2 \sin(2x + \psi_2) + \dots$$

$$f(x) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(kx + \psi_k),$$

мұндағы A_k - Фурье қатарының k - гармоникасының амплитудасы. $k=1$ болған кезде Фурье қатарын құраушысы $f(x)$ функциясының жиілігіне тең жиілікке ие болады және *бірінші немесе негізгі гармоника* деп аталады.

Егер $k=2n$, $n=1,2,3,\dots$ - жұп сандары болса, сонда гармоникаларды - **жұп** және $k=2n+1$, $n=0,1,2,\dots$ - тақ сандар болса, сонда гармоникаларды – **тақ** деп атайды.

Синусоидалды емес шамалардың сипаттамалары

1. Синусоидалды емес токтың (немесе кернеудің) *максималды мәні* -

$$i_{\max}$$

2. Синусоидалды емес токтың (немесе кернеудің) *әсерлік мәні*

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}.$$

$$i(t) = \sum_{k=0}^{\infty} I_{km} \sin(k\omega t + \psi_k)$$

$$I^2 = I_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} I_{km}^2,$$

$$I_k = \frac{I_{km}}{\sqrt{2}}$$

$$I = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2}.$$

Синусоидалды емес шамалардың сипаттамалары

3. Синусоидалды емес токтың (немесе кернеудің) *модуль бойынша орташа мәні*

$$I_{opt} = \frac{1}{T} \int_0^T |i| dt.$$

4. Синусоидалды емес токтың (немесе кернеудің) *период бойынша орташа мәні*

$$I_0 = \frac{1}{T} \int_0^T i dt.$$

5. *Амплитуда коэффициенті* – синусоидалды емес токтың (немесе кернеудің) *максималды мәнінің әсерлік мәніне қатынасы*

$$K_A = \frac{i_{\max}}{I}.$$

6. *Форма коэффициенті* – синусоидалды емес токтың *әсерлік мәнінің модулі бойынша орташа мәніне қатынасы*

$$K_\Phi = \frac{I}{I_{opt}}.$$

Синусоидалды емес шамалардың сипаттамалары

7. *Бұрмалану коэффициенті* – бірінші гармониканың әсерлік мәнінің айнымалы шаманың әсерлік мәніне қатынасы

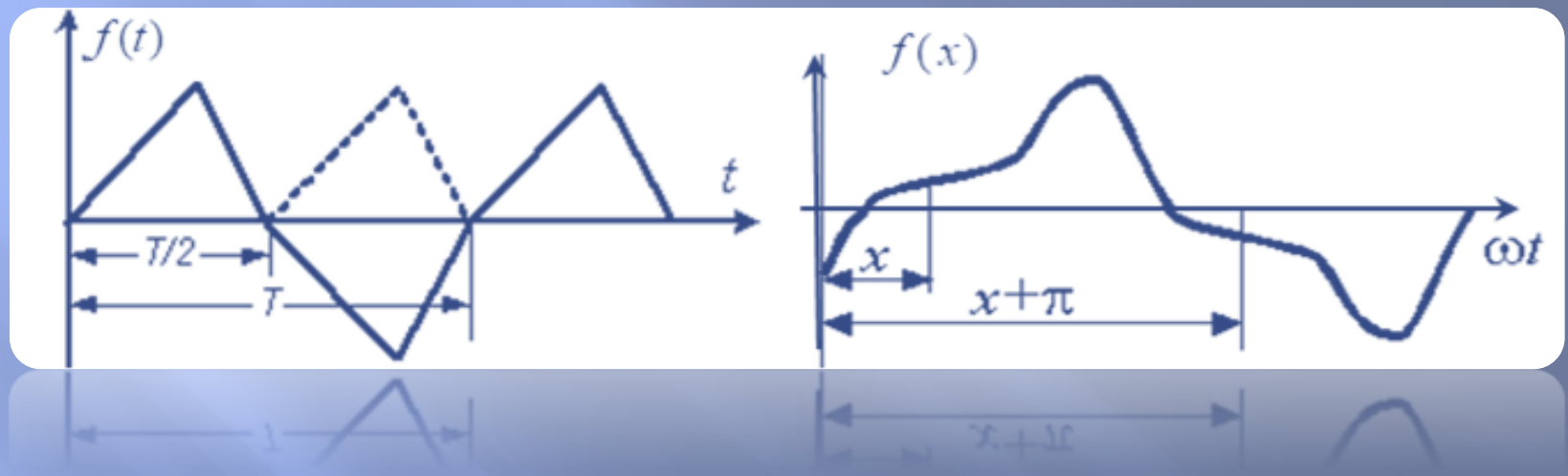
$$K_B = \frac{I_1}{I}.$$

8. *Гармоника коэффициенті* – жоғарғы гармоникалардың әсерлік мәндерінің бірінші гармониканың әсерлік мәніне қатынасы -

$$K_\Gamma = \frac{\sqrt{\sum_{k=2} I_k^2}}{I_1}.$$

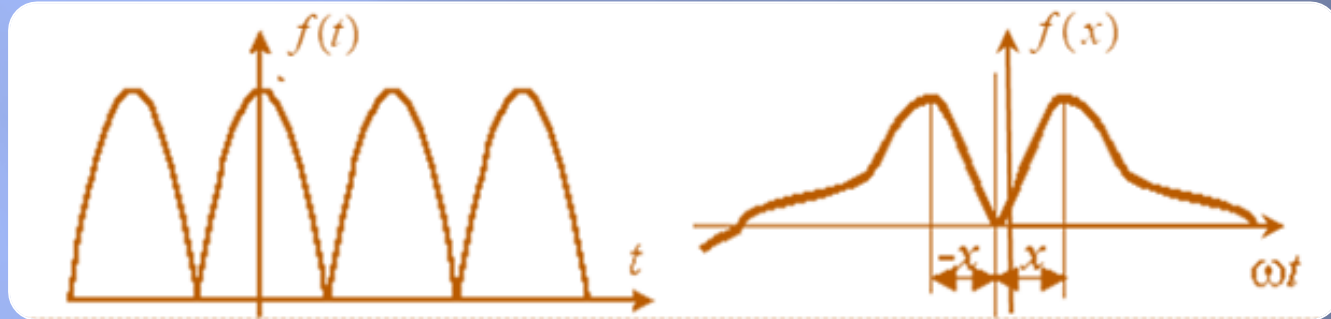
Синусоидалды емес токтың периодты қисықтарының симметрия қасиеттері

1. Егер периодты синусоидалды емес ток уақыттық диаграммада қисық түрінде бейнеленсе және абсцисса өсіне қатысты симметрия қасиеттеріне ие болса, сонда $f(x) = -f(x + T/2)$.

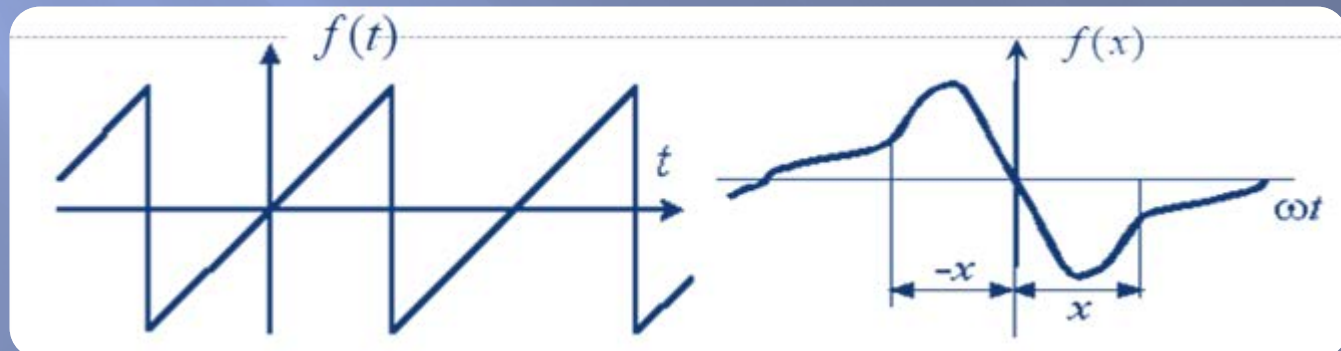


Осы кезде функцияны Фурье қатарына жіктеу кезінде теңдеуде A_0 тұрақты құраушысы және A_k ($k = 2n$, $n = 1, 2, 3, \dots$) жұп гармоникалар болмайды, яғни $A_0 = A_2 = A_4 = A_6 = \dots = 0$.

2. Егер периодты синусоидалды емес ток уақыттық диаграммада қисық түрінде бейнеленсе және ордината өсіне қатысты симметрия қасиеттеріне ие болса, сонда $f(t) = f(-t)$ және функцияны Фурье қатарына жіктеу кезінде теңдеуде A'_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) синус құраушылары болмайды, яғни $A'_1 = A'_2 = A'_3 = \dots = 0$.



3. Егер синусоидалды емес ток уақыттық диаграммада қисық түрінде бейнеленсе және координата басына қатысты симметрия қасиеттеріне ие болса, сонда $f(t) = f(-t)$ және функцияны Фурье қатарына жіктеу кезінде теңдеуде A_0 тұрақты құраушысы мен A''_k ($k = 1, 2, 3, \dots$) косинус құраушылары болмайды, яғни $A_0 = A'_1 = A'_2 = A'_3 = \dots = 0$.

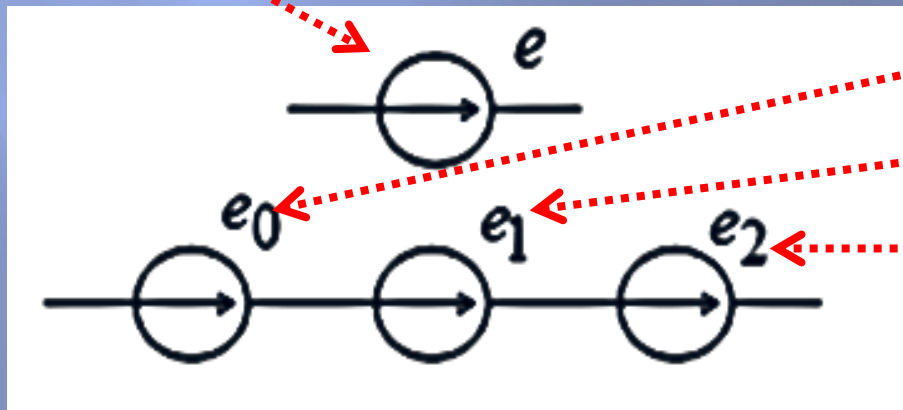


Синусоидалды емес ток тізбектерін есептеу

Қолдану кезеңдері:

- 1. Барлық синусоидалды емес токтар мен кернеулерді Фурье қатарына жіктеу қажет. Тұрақты және синусоидалды құраушыларын анықтау керек.*
- 2. Беттесу әдісін қолдана отырып, әр құраушысы үшін токтар мен кернеулерді есептеу керек.*
- 3. Барлық алынған шешімдерді біріктіріп, белгісіз шамаларды анықтау керек.*

$$e(t) = E_0 + E_{1m} \sin(\omega_1 t + \psi_1) + E_{2m} \sin(\omega_2 t + \psi_2).$$



$$e_0(t) = E_0;$$

$$e_1(t) = E_{1m} \sin(\omega_1 t + \psi_1);$$

$$e_2(t) = E_{2m} \sin(\omega_2 t + \psi_2).$$

$$i_k = I_{0k} + i_{1k} + i_{2k}$$

$$X_{Lk} = k\omega L = kX_{L1},$$

$$X_{Ck} = \frac{1}{k\omega C} = \frac{X_{C1}}{k}.$$

k -ші гармоника үшін индуктивті кедергі k есе үлкен болады, ал сыйымдылықты кедергі бірінші (негізгі) гармоникаға қарағанда k есе кіші болады.