

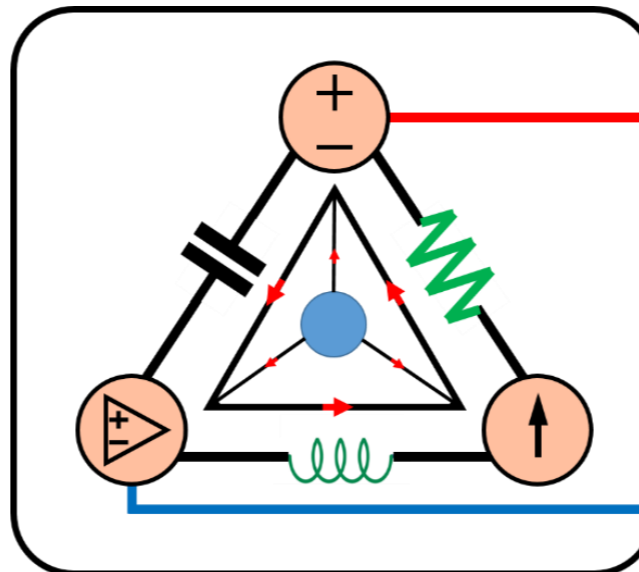
9-Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjiri. Sinusoidlar va fazalar.

(9th Topic: AC Circuit. Sinusoids and Phasors)

9-Mavzuning 1-qismi

(1st part of the 9th Topic)

*11-hafta uchun
For the 11th week*



Lecturer: Ph.D., Yusupov Sarvarbek

*Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti
"Mashinasozlik texnologiyasi" kafedrasida
Toshkent shahri, Usmon Nosir, 156-uy.*



9-Mavzu: O'zgaruvchan tok zanjiri. Sinusoidlar va fazalar.

(9th Topic: AC Circuit. Sinusoids and Phasors.)

O'quv rejası:

9.1. Umumiy tushunchalar.

9.2. Sinusoidlar.

9.3. Fazalar.

9.4. Zanjir elementlari uchun fazaning bog'liqligi.

9.1. Umumiy tushunchalar.

Nikola Tesla (1856-1943) va Jorj Vestingauz (1846-1914) elektr energiyasini uzatish va taqsimlashning asosiy usuli sifatida o‘zgaruvchan tokni yaratishga yordam berdi.

Bugungi kunda ko‘rinib turibdiki, o‘zgaruvchan tok ishlab chiqarish elektr energiyasining shakli sifatida yaxshi yo‘lga qo‘yilgan, bu elektr energiyasini keng taqsimlashni samarali va tejamkor qiladi.

Biroq, 19-asrning oxirida, eng yaxshisi – o‘zgaruvchan tok (*Alternating current-AC*) mi yoki o‘zgarmas tok (*Direct current-DC*) mi? degan savol qizg‘in bahs-munozaralarga sabab bo‘ldi va har ikki tomonda ham juda ochiq tarafdorlari bor edi.

DC tomonini o‘zining ko‘plab hissalarini uchun katta hurmat qozongan Tomas Edison boshqargan.

AC sohasidagi haqiqiy muvaffaqiyat Jorj Vestingauz va Teslani o‘z ichiga olgan taniqli jamoadan tashkil topgan olimlar tomonidan qo‘lga kiritilgan.

1888 yilda Tesla tomonidan ko‘p fazali o‘zgaruvchan tok dvigatelining patentlanishi o‘zgaruvchan tokning dastlabki muvaffaqiyatiga eng katta hissa qo‘shgan.

Asinxron motor va ko‘p fazali ishlab chiqarish va tarqatish tizimlari o‘zgarmas tokni asosiy energiya manbai sifatida ishlatilgan.

Hozirgacha bizning tahlilimiz asosan o'zgarmas tok zanjirlari bilan cheklangan bo'lib, o'zgarmas tok manbalari tomonidan zanjirlar uyg'otilgan.

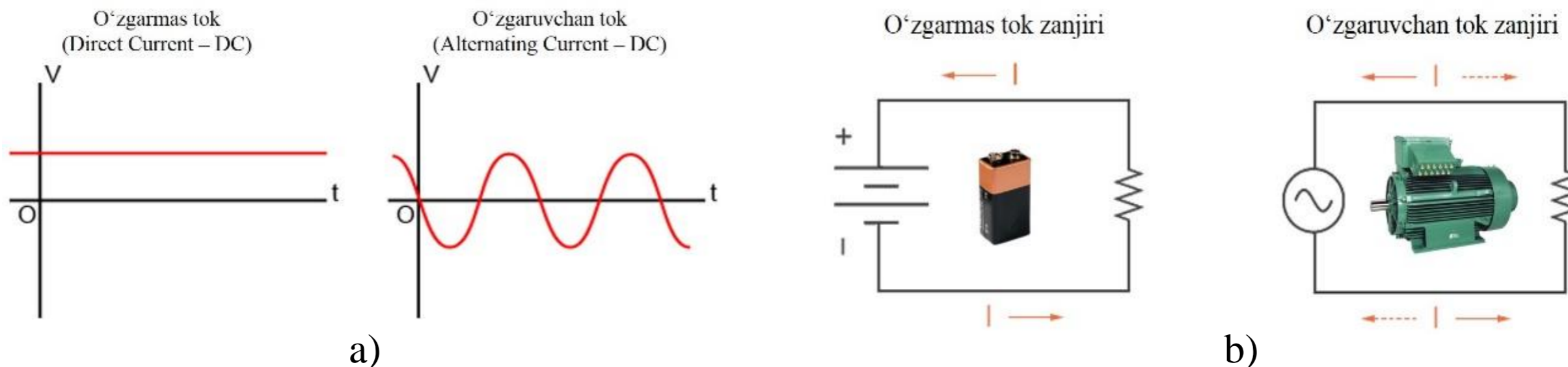
Tarixiy jihatdan, o'zgarmas tok manbalari 1800-yillarning oxirigacha elektr energiyasini ta'minlashning asosiy vositasi bo'lgan. O'sha asrning oxirida o'zgarmas tokka qarshi o'zgaruvchan tokning yangi boshlandi.

Ikkalasining ham o'sha davrdagi elektrotexniklar orasida o'z himoyachilar bo'lgan.

O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka nisbatan asosiy **afzalligi** – uni uzatishda kuchlanishni oson va kam isrof bilan o'zgartirish imkoniyatidir.

Shuningdek, AC ni uzoq masofalarga uzatishda samaraliroq va tejamkor bo'lganligi sababli, AC g'olib bo'ldi.

Bundan tashqari, o'zgaruvchan tok generatorlari va motorlari o'zgarmas tok mashinalariga nisbatan tuzilishi soda, ishlatishda ishonchli va narhi arzondir (9.1-rasm).



9.1-rasm. O'zgarmas va o'zgaruvchan tok manbalarining farqi:

a) har ikkala manbalarning grafik ko'rinishi; b) har ikkala manbalarning zanjir ko'rinishi.

Photo source: [1] - https://www.matsusada.com/column/uploads/dc_vs_ac_img_dcac.png

Photo source: [2] - <https://www.codrey.com/wp-content/uploads/2018/07/Alternating-Current-AC-and-Direct-Current-DC-Direction-of-current.png>

Ushbu mavzuda biz ayniqsa sinusoidal vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan tokni sinusoid shaklida hosil bo‘lishini kuzatib, uni chuqur o‘rganib chiqamiz.

Sinusoid *sin* yoki *cos* funksiyasi shakliga ega bo‘lgan signaldir.

Sinusoidal toki odatda o‘zgaruvchan tok (AC) deb ataladi. Bunday tok muntazam ravishda vaqt oralig‘ida teskari bo‘lib, muqobil ravishda ijobiy va salbiy qiymatlarga ega bo‘ladi.

Sinusoidal tok yoki kuchlanish manbalari tomonidan boshqariladigan AC zanjirlari deyiladi.

Biz bir necha sabablarga ko‘ra sinusoidlar o‘rganamiz:

Birinchidan, tabiatning o‘zi xarakterli sinusoidaldir. Biz mayatnik harakatining sinusoidal o‘zgarishini, ipning tebranishini, okean yuzasidagi to‘lqinlarni va kam dempferlangan ikkinchi tartibli tizimlarning tabiiy reaksiyasini ko‘rishimiz mumkin.

Ikkinchidan, sinusoidal signalni yaratish va uzatish oson. Bu butun dunyo bo‘ylab ishlab chiqarilgan va uylarga, fabrikalarga, laboratoriyalarga va hokazolarga yetkazib beriladigan kuchlanish shaklidir. Bu aloqa va elektroenergetika sanoatida signalning asosiy shaklidir.

Uchinchidan, Furiye tahlili orqali har qanday davriy signal sinusoidlar yig‘indisi bilan ifodalanishi mumkin. Shuning uchun sinusoidlar davriy signallarni tahlil qilishda muhim rol o‘ynaydi.

To‘rtinchidan, sinusoidni matematik jihatdan boshqarish oson. Sinusoidning hosilasi va integralining o‘zi sinusoiddir. Shu va boshqa sabablarga ko‘ra, sinusoid zanjirni tahlil qilishda juda muhim funksiyadir.

Sinusoidal vaqtinchalik reaksiyani va barqaror holatdagi reaksiyani ham hosil qiladi. Vaqt o'tishi bilan vaqtinchalik reaksiya yo'qolib, faqat barqaror holat reaksiyasi qoladi.

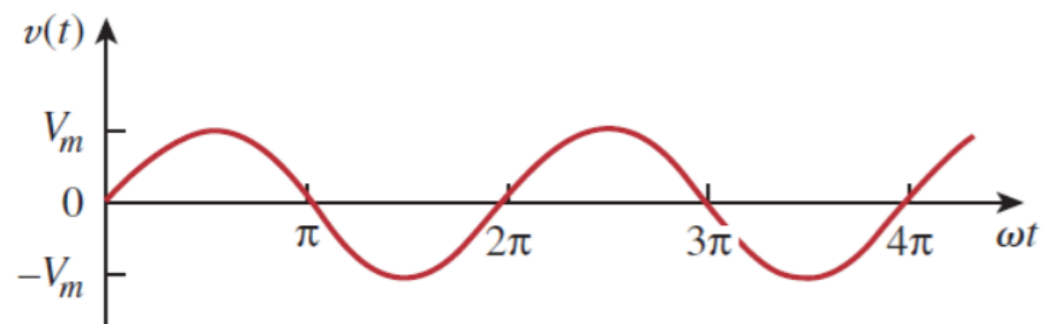
Vaqtinchalik reaksiya barqaror holatdagi reaksiya bilan solishtirganda ahamiyatsiz darajada kichik bo'lsa, biz zanjir sinusoidal barqaror holatda ishlayotganini aytishimiz mumkin. Ushbu mavzuda biz asosiy e'tiborimizni uyg'otadigan sinusoidal barqaror holat reaksiyasiga qaratamiz.

Biz sinusoidlar va fazalarning asosiy muhokamasidan boshlaymiz. Keyin qarshilik (*impedance*) va o'tkazuvchanlik (*admittance*) tushunchalarini kiritamiz.

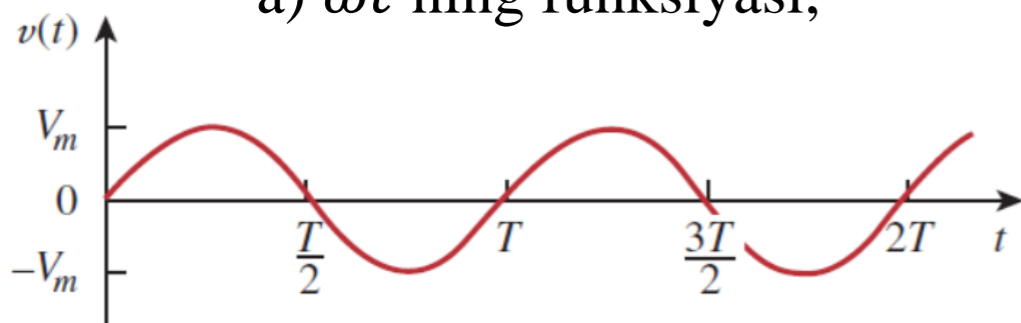
Ushbu yangi atamani nomlashda ma'lum bir mantiqni ko'ramiz: *qarshilik* zanjirda o'zgaruvchan tokning qanchalik to'sqinlik qilishini ko'rsatadigan o'lchov bo'lsa, *o'tkazuvchanlik* zanjirda qancha tok o'tkanligining o'lchovidir.

9.2. Sinusoidlar.

Sinusoidal kuchlanishni ko‘rib chiqamiz, $u(t) = U_m \sin \omega t$ (9.1)



a) ωt ning funksiyasi,



b) t ning funksiyasi.

bu yerda:

U_m – sinusoidning maksimal (*amplituda*) qiymati;

ω - burchak chastotasi *rad/sek* yoki *sek⁻¹* da o‘lchanadi;

ωt - sinusoidning argumenti.

Sinusoid har T soniyada takrorlanadi;

T sinusoid davri deb ataladi.

9.2-rasmdagi ikkita chizmadan $\omega T = 2\pi$ ekanligini

9.2-rasm. $U_m \sin \omega t$ ning grafigi. kuzatamiz,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (9.2)$$

Photo source: [3] -Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 371.

Nemis eksperimental fizigi Geynrix Rudorf Gerts (1857-1894) elektromagnit to‘lqinlar yorug‘lik kabi bir xil asosiy qonunlarga bo‘ysunishini ko‘rsatdi.

Uning ishi Jeyms Klerk Maksvellning 1864 yilgi mashhur nazariyasini va bunday to‘lqinlar mavjudligi haqidagi bashoratini tasdiqladi.

Gerts elektromagnit to‘lqinlarni muvaffaqiyatli yaratdi va aniqladi; u birinchi bo‘lib yorug‘lik elektromagnit energiya ekanligini ko‘rsatdi.

1887 yilda Gerts birinchi marta molekulyar strukturadagi elektronlarning fotoelektr ta‘sirini qayd etdi. Gertsning elektromagnit to‘lqinlar haqidagi kashfiyoti radio, televideniya va boshqa aloqa tizimlarida qo‘llanilishiga zamin yaratdi. Chastotaning birligi, Gerts (Hz), uning nomi bilan ataladi.

(9.1) tenglamada $u(t)$ ning har T soniyada takrorlanishi t ni $t + T$ ga almashtirish orqali ko'rsatiladi.

$$\begin{aligned}u(t + T) &= U_m \sin \omega (t + T) = U_m \sin \omega \left(t + \frac{2\pi}{\omega} \right) = \\ &= U_m \sin(\omega t + 2\pi) = U_m \sin \omega t = u(t)\end{aligned}\quad (9.3)$$

Demak,

$$\mathbf{u(t + T) = u(t)} \quad (9.4)$$

ya'ni u $t + T$ da t da bo'lgani kabi bir xil qiymatga ega va $u(t)$ *davriy deyiladi*.

Umuman olganda, *davriy funksiya* barcha t va barcha n sonlar uchun $f(t) = f(t + nT)$ ni qanoatlantiradigan funksiyadir.

Davriy funksiyaning T davri - bu muayyan vaqt oralig'ida bo'lib, tokning o'zgarishi takrorlanadi, ya'ni to'liq bitta to'lqin o'zgarishi kuzatiladi.

Bu miqdorning o'zaro nisbati sinusoidning *siklik chastotasi* f deb nomlanuvchi sekundiga davrlar sonidir.

$$f = \frac{1}{T} \quad (9.5)$$

(9.2) va (9.5) tenglamalardagi hadlarni almashtiramiz,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (9.6)$$

bu yerda:

ω - o'zgaruvchan tokning burchak chastotasi *rad/sek* yoki *sek*⁻¹ da o'lchanadi,

f – siklik chastota gerts (Hz) da o'lchanadi.

Sinusoidning umumiy ifodasini ko‘rib chiqsak,

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \phi) \quad (9.7)$$

bu yerda: $(\omega t + \phi)$ – argument va ϕ – boshlang‘ich fazasidir.

Faza tebranishning oniy t vaqtdagi holatini tasvirlaydi.

Elektrotexnik qurilmalar uchun kuchlanishning chastotasi standartlashtirilgan. Ikkala argument va faza *radian* yoki *gradus*larda o‘lchanishi mumkin.

Yevropada va mustaqil davlatlar hamdo‘stligi hududlarida 50 Hz, AQSh va Yaponiyada esa 60 Hz qilib olingan.

Sanoatda maxsus maqsadlar uchun turli xil chastotali o‘zgaruvchan toklardan keng foydalaniladi.

Masalan, tezyurar yuritmalarda chastotasi 200 - 400 Hz, elektron qurilmalarda - 500 Hz ÷ 50 MHz va h.k.

Radiotexnika, televideniya da $3 \cdot 10^{10}$ Hz gacha va sanoat elektronikasining ko‘p qurilmalarida nisbatan kichik miqdordagi energiyani elektromagnit to‘lqinlar vositasida simsiz uzatish uchun yuqori chastotali o‘zgaruvchan toklar zarur.

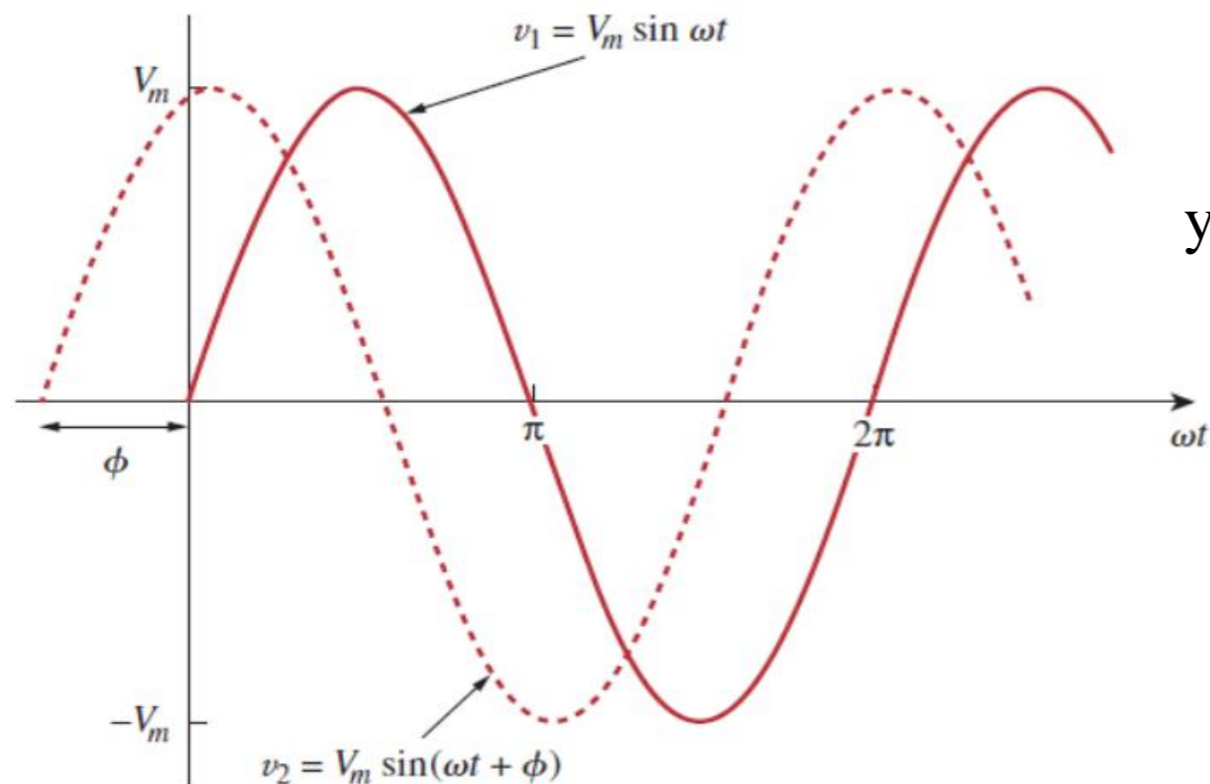
Har qanday sinusoidal o‘zgaruvchan funksiya uchta kattalik bilan aniqlanadi:

- *amplituda qiymati,*
- *burchak chastotasi,*
- *boshlang‘ich fazasi.*

Past chastotali sinusoidal EYuK va toklar sinxron generatorlar yordamida hosil qilinadi. Yuqori chastotali sinusoidal EYuK va toklar esa lampali yoki yarim o‘tkazgichli generatorlar yordamida olinadi.

$$u_1(t) = U_m \sin \omega t \quad \text{va} \quad u_2(t) = U_m \sin(\omega t + \phi) \quad (9.8)$$

u_2 ning boshlang'ich nuqtasi vaqt bo'yicha birinchi bo'lib sodir bo'ladi.



Shuning uchun, biz u_2 u_1 ni ϕ ga oldinda boradi yoki u_1 u_2 dan ϕ ga ortda qoladi deb aytamiz.

Agar $\phi \neq 0$ bo'lsa, u_1 va u_2 fazadan tashqarida deb ham aytamiz.

Agar $\phi = 0$ bo'lsa, u holda u_1 va u_2 fazada deyiladi;

Ular bir vaqtning o'zida o'zlarining

minimal va maksimal darajalariga erishadilar.

9.3-rasm. Ikkita sinusoidlarni fazalar farqi.

Photo source: [4] -Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 373.

Biz u_1 va u_2 ni shu tarzda solishtirishimiz mumkin, chunki ular bir xil chastotada ishlaydi; ular bir xil amplitudaga ega bo‘lishlari shart emas.

Sinusoid \sin yoki \cos shaklida ifodalanishi mumkin.

Ikkita sinusoidni solishtirganda, musbat amplitudali \sin yoki \cos sifatida ifodalash maqsadga muvofiqdir.

Bunga quyidagi trigonometrik identifikatsiyalar yordamida erishiladi:

$$\sin(A \pm B) = \sin A \cos B \pm \cos A \sin B$$

$$\cos(A \pm B) = \cos A \cos B \pm \sin A \sin B \quad (9.9)$$

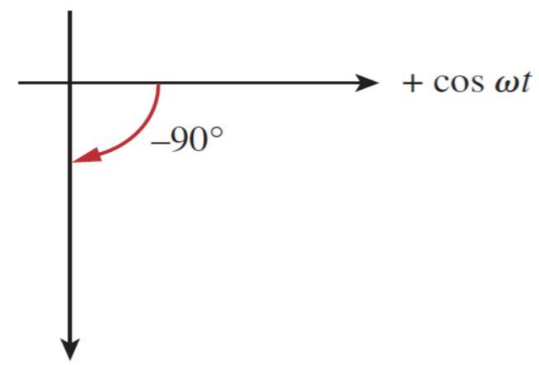
Bu identifikatsiyalar bilan buni ko‘rsatish oson,

$$\sin(\omega t \pm 180^\circ) = -\sin \omega t$$

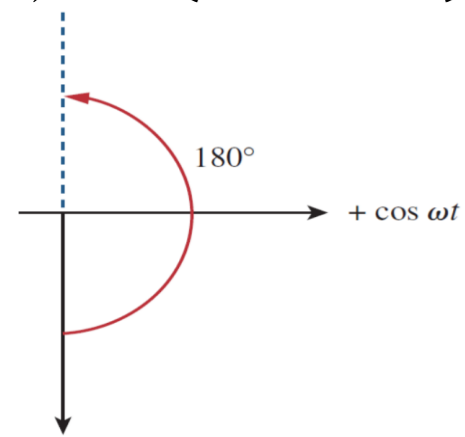
$$\sin(\omega t \pm 90^\circ) = \pm \cos \omega t$$

$$\cos(\omega t \pm 180^\circ) = -\cos \omega t$$

$$\cos(\omega t \pm 90^\circ) = \mp \sin \omega t \quad (9.10)$$



a) $\cos(\omega t - 90^\circ) = \sin \omega t,$



b) $\sin(\omega t + 180^\circ) = -\sin \omega t.$

Ushbu munosabatlardan foydalanib, biz sinusoidni *sin* shaklidan *cos* shakliga yoki aksincha o'zgartirishimiz mumkin.

Masalan, 9.4-a, rasmda $\cos \omega t$ argumentidan 90° ni ayirish $\sin \omega t$ ni beradi yoki $\cos(\omega t - 90^\circ) = \sin \omega t$ ni hosil qilishini ko'ramiz.

Xuddi shunday, $\sin \omega t$ argumentiga 180° ni qo'shilishi 9.4-b, rasmda ko'rsatilganidek $-\sin \omega t$ yoki $\sin(\omega t + 180^\circ) = -\sin \omega t$ ni beradi.

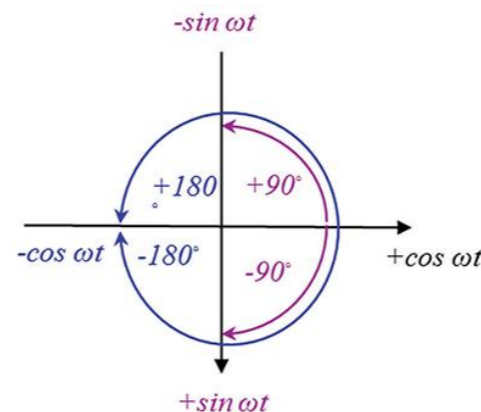
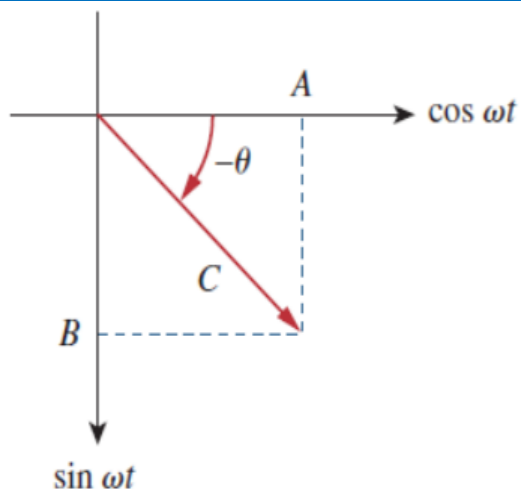
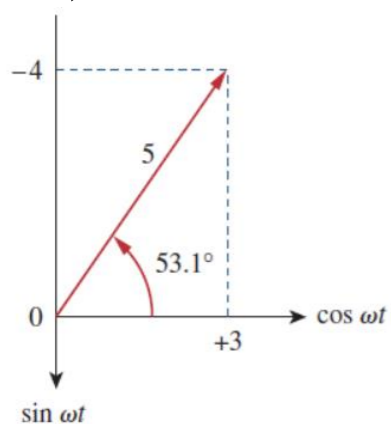


Photo source: [5] - https://incompliancemag.com/wp-content/uploads/2022/08/2212_C1_EMF_fig1.png

9.4-rasm. *cos* va *sin* ni bog'lashning grafik vositasi:



a) $A \cos \omega t$ va $B \sin \omega t$ ni qo'shish,



b) $3 \cos \omega t$ va $-4 \sin \omega t$ ni qo'shish.

9.5-rasm.

Photo source: [5] -Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 374.

Grafik usulidan biri *sin* shaklida, ikkinchisi *cos* shaklida bo'lsa, bir xil chastotali ikkita sinusoidni qo'shish uchun ham foydalanish mumkin.

$A \cos \omega t$ va $B \sin \omega t$ qo'shish uchun shuni ta'kidlaymizki, $A \cos \omega t$ kattaligi, B esa 9.5-a, rasmda ko'rsatilgandek $\sin \omega t$ kattaligidir.

Olingan sinusoidning *cos* shaklidagi kattaligi va argumenti uchburchakdan osongina olinadi. Shunday qilib,

$$A \cos \omega t + B \sin \omega t = C \cos (\omega t - \theta) \quad (9.11)$$

bu yerda:

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{B}{A} \quad (9.12)$$

Masalan, 9.5-b, rasmda ko‘rsatilganidek, biz $3 \cos \omega t$ va $-4 \sin \omega t$ qo‘shishimiz va quyidagini olishimiz mumkin.

$$3 \cos \omega t - 4 \sin \omega t = 5 \cos (\omega t + 53,1^\circ) \quad (9.13)$$

9.2.1-masala: Sinusoidning amplitudasini, boshlang‘ich fazasini, burchak chastotasi, davrini va siklik chastotasini toping.

$$u(t) = 12 \cos (50t + 10^\circ)$$

Yechish:

Sinusoidning maksimal qiymati (amplitude) - $U_m = 12 V$.

Boshlang‘ich faza - $\phi = 10^\circ$.

Burchak chastotasi - $\omega = 50 \text{ rad/sek}$.

$$\text{Davri } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{50} = 0,1257 \text{ s.}$$

$$\text{Siklik chastotasi } f = \frac{1}{T} = 7,958 \text{ Gs.}$$

FOYDALANILGAN MANBALAR:

1. https://www.matsusada.com/column/uploads/dc_vs_ac_img_dcac.png
2. <https://www.codrey.com/wp-content/uploads/2018/07/Alternating-Current-AC-and-Direct-Current-DC-Direction-of-current.png>
3. Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 371.
4. Fundamentals of Electric Circuits, Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku / 5th edition, the McGraw-Hill Companies, Inc., -2013. – p 373.
5. https://incompliancemag.com/wp-content/uploads/2022/08/2212_C1_EM_C fig1.png



*E'TIBORINGIZ
UCHUN
RAHMAT!!!*