



Электротехника және микроэлектроника

4-дәріс

Синусоидал токтар тізбегіне Ом және Кирхгоф заңдарын қолдану

Оқытушы: Мамадияров Максат Муратович, PhD докторы, қауымдастырылған профессор

«Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

m.mamadiyarov@satbayev.university

- 1 Синусоидал режимдегі тізбекті есептеу ерекшелігі
- 2 Комплекстік амплитуда және фазор
- 3 Комплекстік кедергі Z
- 4 Резистор, индуктивтік және сыйымдылық кедергілері
- 5 Комплекстік түрдегі Ом заңы
- 6 Кирхгофтың бірінші заңы
- 7 Кирхгофтың екінші заңы
- 8 Есептеу алгоритмі және мысал

Синусоидал ток пен кернеудің амплитудасы ғана емес, фазасы да маңызды. Сондықтан айнымалы ток тізбектерін комплекстік сандар арқылы есептеу ыңғайлы.

УАҚЫТТЫҚ ТҮР

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$
$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

ФАЗОРЛЫҚ ТҮР

Кернеу мен ток амплитуда/әсерлік мән және фаза арқылы көрсетіледі.

АРТЫҚШЫЛЫҚ

Дифференциалдық қатынастар алгебралық теңдеулерге айналады.

Тұрақталған синусоидал режимде барлық шамалардың жиілігі бірдей, фазалары әртүрлі болуы мүмкін.

$$\vec{U} = U \angle \varphi_u$$

$$\vec{I} = I \angle \varphi_i$$

МОДУЛЬ

Фазор ұзындығы синусоидал шаманың әсерлік немесе таңдалған амплитудалық мәнін көрсетеді.

АРГУМЕНТ

Комплекстік санның бұрышы бастапқы фазаны көрсетеді.

ФАЗА АЙЫРЫМЫ

$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ кернеу мен ток арасындағы ығысуды сипаттайды.

Фазорлар тек бірдей бұрыштық жиіліктегі синусоидал шамаларды салыстыруда қолданылады.

Айнымалы ток тізбегінде кернеу мен тоқтың қатынасы комплекстік кедергі — импеданс арқылы сипатталады.

$$Z = R + jX = |Z| \angle \varphi$$

R

Активті кедергі. Нақты бөлік.

X

Реактивті кедергі. Индуктивті немесе сыйымдылық сипатта болуы мүмкін.

j

Комплекстік бірлік: $j^2 = -1$.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad \varphi = \arctan(X/R)$$

РЕЗИСТОР

$$Z_R = R$$

Кернеу мен ток бір фазада:
 $\varphi = 0^\circ$.

ИНДУКТИВТІК

$$Z_L = j\omega L$$
$$X_L = \omega L$$

Кернеу токтан 90° озады.

СЫЙЫМДЫЛЫҚ

$$Z_C = 1/(j\omega C) = -j/(\omega C)$$
$$X_C = 1/(\omega C)$$

Ток кернеуден 90° озады.

Жиілік өскенде X_L артады, ал X_C кемиді.

Сондықтан тізбектің толық кедергісі жұмыс жиілігіне тәуелді.

Синусоидал режимде Ом заңы фазорлар мен комплекстік кедергі үшін тұрақты токтағыдай алгебралық түрде жазылады.

$$\bar{I} = \bar{U} / Z \quad \bar{U} = Z \cdot \bar{I} \quad Z = \bar{U} / \bar{I}$$

МОДУЛЬ

$$I = U / |Z|$$

ФАЗА

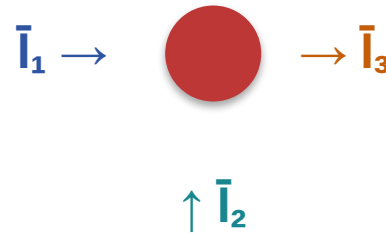
$$\varphi_i = \varphi_u - \varphi_Z$$

МАҒЫНАСЫ

Бір теңдеу токтың шамасын да, фазасын да анықтайды.

Айнымалы ток тізбегінің кез келген түйінінде комплекстік токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең.

$$\sum \bar{I} = 0$$



Мысалы: $\bar{I}_1 + \bar{I}_2 - \bar{I}_3 = 0$. Токтарды қарапайым арифметикамен емес, олардың фазаларын ескеріп қосу қажет.

Кез келген тұйық контурда комплекстік кернеулердің алгебралық қосындысы нөлге тең.

$$\sum \vec{U} = 0 \quad \text{немесе} \quad \vec{E} = \sum Z \cdot \vec{I}$$

КОНТУР

Контурды айналу бағыты алдын ала таңдалады.

КЕРНЕУЛЕР

U_R , U_L және U_C фазалары әртүрлі болуы мүмкін.

ҚОСУ

Комплекстік немесе векторлық қосу қолданылады.

RLC тізбегінде арифметикалық $U = U_R + U_L + U_C$ жазу жалпы жағдайда дұрыс емес.

$$Z = R + j(X_L - X_C) = R + j(\omega L - 1/\omega C)$$

$$X_L > X_C$$

Тізбек индуктивті сипатта. Кернеу токтан озады.

$$X_L < X_C$$

Тізбек сыйымдылық сипатта. Ток кернеуден озады.

$$X_L = X_C$$

Реактивті бөліктер өтеледі: $Z = R$. Резонанс шарты.

$$|Z| = \sqrt{[R^2 + (X_L - X_C)^2]}$$

1

Жиілікті және $\omega = 2\pi f$ мәнін анықтау

2

$X_L = \omega L$ және $X_C = 1/(\omega C)$ есептеу

3

Барлық элементтердің комплекстік кедергілерін жазу

4

Ом және Кирхгоф заңдары бойынша комплекстік теңдеулер құру

5

Комплекстік токтар мен кернеулерді есептеу

6

Нәтижені модуль және фаза түрінде көрсету

БЕРІЛГЕНІ

$$U = 100 \text{ V}$$

$$R = 8 \, \Omega$$

$$X_L = 6 \, \Omega$$

Тізбектей RL тізбегі.

1) Комплекстік кедергі:

$$Z = 8 + j6 \, \Omega$$

2) Модуль және бұрыш:

$$|Z| = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \, \Omega$$

$$\varphi = \arctan(6/8) \approx 36.9^\circ$$

3) Ток:

$$\bar{I} = 100 \angle 0^\circ / 10 \angle 36.9^\circ = 10 \angle -36.9^\circ \text{ A}$$

Нәтиже: $I = 10 \text{ A}$, ток кернеуден 36.9° кейін қалады.

1

Неліктен синусоидал тізбектерді комплекстік әдіспен есептеу ыңғайлы?

2

Комплекстік кедергі Z қандай бөліктерден тұрады?

3

R , L және C элементтерінің импеданстарын жазыңыз.

4

Комплекстік түрдегі Ом заңы қалай жазылады?

5

Кирхгофтың бірінші заңы фазорлар үшін қалай қолданылады?

6

Кирхгофтың екінші заңында кернеулер неге арифметикалық қосылмайды?

7

Тізбектей RLC тізбегінің толық кедергісін жазыңыз.

Қорытынды

- ✓ Синусоидал режимде ток пен кернеудің шамасымен бірге олардың фазалары да ескеріледі.
- ✓ Комплекстік әдіс синусоидал шамаларды фазорлармен, ал тізбек элементтерін комплекстік кедергілермен көрсетуге мүмкіндік береді.
- ✓ Резистор үшін $Z_R = R$, индуктивтік үшін $Z_L = j\omega L$, сыйымдылық үшін $Z_C = 1/(j\omega C)$.
- ✓ Ом және Кирхгоф заңдары комплекстік шамалар үшін де орындалады және айнымалы ток тізбектерін жүйелі есептеуге мүмкіндік береді.
- ✓ RLC тізбегінің режимі активті және реактивті кедергілердің арақатынасына және жиілікке тәуелді.

Силлабус: 4-дәріс — «Синусоидал токтар тізбегіне Ом және Кирхгоф заңдарын қолдану».