



Электротехника және микроэлектроника

7-дәріс

Сыйымдылық элементі. R, L және C элементтерінің бірізді жалғанған тізбегі

Оқытушы: Мамадияров Максат Муратович, PhD докторы, қауымдастырылған профессор

«Электроника, телекоммуникациялар және ғарыштық технологиялар» кафедрасы

m.mamadiyarov@satbayev.university

- 1 Сыйымдылық элементінің физикалық мәні
- 2 Конденсатордағы ток пен кернеу
- 3 Сыйымдылық реактивті кедергі X_C
- 4 Фазалық қатынас және қуат
- 5 R, L және C элементтерін бірізді жалғау
- 6 Бірізді RLC тізбегінің толық кедергісі
- 7 Фазалық режимдер және векторлық қатынастар
- 8 RLC тізбегін есептеу мысалы

Конденсатор — электр зарядын және энергияны электр өрісінде жинақтайтын элемент. Оның негізгі параметрі — сыйымдылық C .

СЫЙЫМДЫЛЫҚ

$C = q/u$
Өлшем бірлігі — фарад (F).

ЗАРЯД

$q = C \cdot u$
Кернеу артқанда заряд артады.

ЭНЕРГИЯ

$W_C = C \cdot u^2 / 2$
Электр өрісінде жинақталады.

Идеал конденсатор энергияны орташа есеппен тұтынбайды: ол энергияны жинақтап, қайтадан тізбекке береді.

$$i_C(t) = C \cdot du_C(t)/dt$$

КЕРНЕУ ТҰРАҚТЫ

$du/dt = 0$ болса, идеал конденсатор тогы нөлге тең.

КЕРНЕУ ТЕЗ ӨЗГЕРСЕ

du/dt үлкен $\rightarrow$ конденсатор тогы үлкен.

НЕГІЗГІ ҚАСИЕТ

Конденсатордағы кернеу лезде секіріп өзгермейді.

Синусоидал режимде бұл дифференциалдық байланыс реактивті кедергі арқылы қарапайым алгебралық түрде жазылады.

$$X_C = 1/(\omega C)$$

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

ЖИІЛІК $f \uparrow$

X_C төмендейді.

СЫЙЫМДЫЛЫҚ $C \uparrow$

X_C төмендейді.

ТҰРАҚТЫ ТОК

$f = 0$ кезінде $X_C \rightarrow \infty$: идеал конденсатор тұрақты токты өткізбейді.

Конденсатор жоғары жиілікті сигналдарға төмен кедергі көрсетеді.

Идеал конденсаторда ток кернеуден фаза бойынша 90° озады, немесе кернеу токтан 90° кейін қалады.

$$u_C(t) = U_m \sin \omega t$$

$$i_C(t) = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

ФАЗА

$\varphi = -90^\circ$ (Z_C үшін).

РЕАКТИВТІ ҚУАТ

$$Q_C = -UI$$

АКТИВТІ ҚУАТ

Идеал C үшін $P = 0$.

R, L және C элементтерінің бірізді тізбегі



Бірізді жалғауда R, L және C элементтері арқылы бірдей ток өтеді, ал қорек кернеуі элемент кернеулерінің векторлық қосындысына тең.



ТОК

$$I = I_R = I_L = I_C$$

КЕРНЕУЛЕР

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C$$

ФАЗА

U_R , U_L және U_C фазалары әртүрлі.

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

МОДУЛЬ

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

ФАЗАЛЫҚ БҰРЫШ

$$\varphi = \arctan[(X_L - X_C)/R]$$

ТОК

$$I = U/|Z|$$

Тізбектің сипаты X_L және X_C шамаларының арақатынасына тәуелді.

ИНДУКТИВТІ РЕЖИМ

$$X_L > X_C$$

$$\varphi > 0$$

Ток кернеуден кейін қалады.

РЕЗОНАНС

$$X_L = X_C$$

$$\varphi = 0$$

$Z = R$, ток пен кернеу бір фазада.

СЫЙЫМДЫЛЫҚ РЕЖИМ

$$X_L < X_C$$

$$\varphi < 0$$

Ток кернеуден озады.

Реактивті кедергі: $X = X_L - X_C$

U_R

$U_R = I \cdot R$
Токпен бір фазада.

U_L

$U_L = I \cdot X_L$
Токтан 90° озады.

U_C

$U_C = I \cdot X_C$
Токтан 90° кейін қалады.

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

U_L және U_C қарама-қарсы фазалық бағытта болғандықтан, олардың айырымы алынады.

АКТИВТІ ҚУАТ

$$P = UI \cos\varphi = I^2 R$$

Резисторда тұтынылады.

РЕАКТИВТІ ҚУАТ

$$Q = UI \sin\varphi = I^2(X_L - X_C)$$

Таңбасы тізбектің сипатын көрсетеді.

ТОЛЫҚ ҚУАТ

$$S = UI$$

$$S^2 = P^2 + Q^2.$$

$$\cos\varphi = R/|Z| = P/S$$

Есептік мысал: бірізді RLC тізбегі



БЕРІЛГЕНІ

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

$$R = 6 \, \Omega$$

$$X_L = 8 \, \Omega$$

$$X_C = 4 \, \Omega$$

R, L, C бірізді жалғанған.

1) Реактивті бөлік:

$$X = X_L - X_C = 4 \, \Omega$$

2) Толық кедергі:

$$|Z| = \sqrt{6^2 + 4^2} \approx 7.21 \, \Omega$$

3) Ток:

$$I = 100/7.21 \approx 13.87 \text{ A}$$

4) Фазалық бұрыш:

$$\varphi = \arctan(4/6) \approx 33.7^\circ$$

Нәтиже: $X_L > X_C$, сондықтан тізбек индуктивті сипатта.

1

Конденсатор қандай физикалық шаманы жинақтайды?

2

Конденсатор тогы мен кернеуінің байланысын жазыңыз.

3

Сыйымдылық реактивті кедергі қалай есептеледі?

4

Жиілік артқанда X_C қалай өзгереді?

5

Идеал конденсаторда ток пен кернеу арасындағы фазалық ығысу қандай?

6

Бірізді RLC тізбегінің толық кедергісін жазыңыз.

7

$X_L > X_C$ және $X_L < X_C$ жағдайларында тізбектің сипаты қандай?

Қорытынды

- ✓ Сыйымдылық элементі электр энергиясын электр өрісінде жинақтайды және оның негізгі параметрі C сыйымдылығы болып табылады.
- ✓ Сыйымдылық реактивті кедергі $X_C = 1/(\omega C)$ жиілік артқан сайын төмендейді.
- ✓ Идеал конденсаторда ток кернеуден 90° озады, ал орташа активті қуат нөлге тең.
- ✓ Бірізді RLC тізбегінде барлық элементтер арқылы бірдей ток өтеді, ал толық кедергі $Z = R + j(X_L - X_C)$.
- ✓ RLC тізбегінің индуктивті, сыйымдылық немесе резонанстық режимі X_L және X_C арақатынасына байланысты.

Силлабус: 7-дәріс — «Сыйымдылық элементі. R , L және C элементтерінің бірізді жалғанған тізбегі».