

5. Лекция ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРМЕН СИГНАЛДАРДЫ ТҮРЛЕНДІРУ

Электрлік тізбектер, квазистационарлы электромагниттік өрістер. Тасымал коэффициенті, амплитудалы - жиіліктік, фазажиіліктік сипаттамалар. Интегралдаушы, дифференциалдаушы тізбектер.

Электрлік жүйелер электрлік тізбектерден тұрады, олар өткізгіштермен байланысқан электромагниттік өрістің шоғырлану аумағын көрсетеді. Резисторлар, конденсаторлар, индуктивтілік катушка, транзисторлар, интегралдық микросхемалар және т.б. электрондық жүйелердің элементтері болып табылады. Радиоэлектрониканың бастапқы бөлімі – электрлік тізбектер теориясын қысқартылған түрде тізбектер теориясы деп атайды. Біз бұл теорияның тек қана жеке ұғымдарын пайдаланамыз.

Тізбектер теориясында төмендегі шарттар қабылданады:

$$l \ll \lambda, \quad \lambda = cT; \quad \omega \ll \gamma / \varepsilon \quad (1)$$

мұндағы l - элементтің сипаттамалық өлшемі, λ - толқын ұзындығы, T – период, c - таралу жылдамдығы, ω - электромагниттік өрістің жиілігі. Элемент материялының γ өткізгіштігі мен ε диэлектрлік өтімділігінің қатынасы өткізгіш металдар үшін былай бағаланады: $\gamma / \varepsilon \approx 10^{18} \text{ с}^{-1}$ және $\omega \ll 10^{18} \text{ с}^{-1}$. (1)-ші шартты қанағаттандыратын айнымалы өріс квазистационарлы деп аталады және өте үлкен жиіліктен тұрады (спектрдің ультракүлгін бөлігімен шектелген).

Егер электрлік тізбектің әрбір тармағы кернеудің токқа байланысты функциясы $I = f(U)$ кез келген a және b сан мәндерінде мына шартты қанағаттандырса, сызықты болады:

$$f(aU_1 + bU_2) = af(U_1) + bf(U_2) \quad (2)$$

(2) теңдік жалпы физикалық суперпозиция қағидасын білдіреді: әсердің қосындысына сәйкес келетін тізбектің реакциясы жеке әсерлердің реакцияларының қосындысы болып табылады.

Жеке резисторлардан, индуктивті және сыйымдылық элементтерден құралған тізбек сызықты болады.

Егер тізбектің бір тармағы үшін де (2)-ші шарт орындалмаса, ондай тізбек бейсызық тізбек деп аталады. Мына түрдегі $I = f(U^n), n \neq 1$ функция үшін (2) – ші шарт орындалмайды. Бейсызық элементтерге шалаөткізгішті элементтер (диодтар, транзисторлар), ферромагниттік өзекшесі бар индуктивті катушкалар мысал болады.

1. Сызықты тізбектердің жиіліктік сипаттамалары

Тізбектің тек элементар кіріс импульсіне, яғни дельта функцияға ($\delta(t)$) реакциясын білу арқылы сызықтылық және стационарлық қасиеттері арқылы тізбектің шығыс сигналын ($U_2(t)$) кез келген кіріс әсері ($U_1(t)$) үшін есептеуге мүмкіндік береді.

Мұндай реакция импульсті сипаттама $h(t)$ деп аталады. Егер $U_1(t) = \delta(t)$ болса, онда $U_2(t) = h(t)$ болады. Кез келген кіріс сигнал $U_1(t)$ үшін мына формуланы жазамыз:

$$U_2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} U_1(t')h(t-t')dt' . \quad (3)$$

Бұл формула Дюамель интегралы деп аталады және біз бұрын айтқандай, орам интегралын білдіреді. Тізбектің шығысында $U_1(t)$ импульстің пайда болу моментіне дейін $U_2(t)$ пайда бола алмайтыны түсінікті. Бұл қағида - себептілік принципі: $t < 0$ болғанда $h(t) = 0$ шарты.

Екі сигналдың орам спектрі осы сигналдардың спектрінің көбейтіндісіне тең. Сондықтан, (3) –ші формуладан мынау шығады:

$$U_2(\omega) = U_1(\omega)K(\omega) , \quad (4)$$

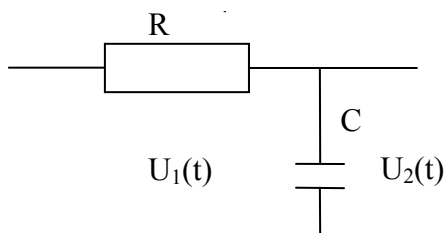
$$K(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{-i\omega t} dt . \quad (5)$$

$K(\omega)$ -функциясы тізбектің комплексті өткізу коэффициенті деп аталады. $K(\omega)$ комплексті шаманың көрсеткіштік формасын қолдануға болады:

$$K(\omega) = |K(\omega)|\exp(i\varphi(\omega)) , \quad (6)$$

мұндағы $|K(\omega)|$ - амплитудалы-жиіліктік сипаттама (АЖС), $\varphi(\omega)$ - фазажиіліктік сипаттама (ФЖС)

3. **Интегралдайтын RC -тізбек** тізбектеле қосылған резистордан және конденсатордан тұрады (1.сурет.), шығыс сигналы конденсатордан алынады.



1-сурет Интегралдайтын тізбек

Қарастырылып отырған айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы мына жазылады:

$$IR = U_1 - U_2 = U_1 - \frac{Q}{C} , \quad (7)$$

мұндағы Q - конденсатордың астарындағы заряд. (7)- формуланы уақыт бойынша дифференциалдаймыз:

$$R \frac{dI}{dt} = \frac{dU_1}{dt} - \frac{1}{C} I . \quad (8)$$

(8)-ден $I_t = I_0 e^{i\omega t}$, $U_{(t)} = U e^{i\omega t}$ деп қабылдап:

$$i\omega RI = i\omega U_1 - \frac{I}{C} \quad (9)$$

Бұдан

$$I = \frac{U_1}{(R - \frac{i}{\omega c})}, \quad |I| = \frac{|U_1|}{\sqrt{R^2 - (\frac{1}{\omega c})^2}}, \quad (10)$$

яғни айнымалы ток үшін конденсатордың кедергісі $R_c = -i/\omega c$. (4)-ші формуладан мынау шығады:

$$K(\omega) = \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} = \frac{I(\omega)/i\omega c}{I(\omega)(R + 1/i\omega c)} = \frac{1}{1 + i\omega\tau}, \quad (11)$$

мұндағы $\tau = RC$ - тізбектің уақыт тұрақтысы. Комплекссті сандарды комплекссті жазықтықтағы векторлар ретінде ала отырып фазалық спектрді табамыз.

$$\varphi(\omega) = -\arctg(\omega\tau). \quad (12)$$

(11) –ден:

$$|k(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}}. \quad (13)$$

Амплитудалы – жиіліктік сипаттама жиілік өскен сайын төмендейді, сондықтан қарастырылып отырған тізбек төменгі жиілікті фильтр деп аталады. Негізінде фильтр деп амплитуданы жиілік бойынша түрлендіретін тізбекті айтады.

Осы тізбек үшін оның стационарлық шартын пайдалана отырып уақыттық сипаттамасын табайық :

$$|U_2(t) - U_1(t)| = \left| \tau \frac{dU_2(t)}{dt} \right|. \quad (14)$$

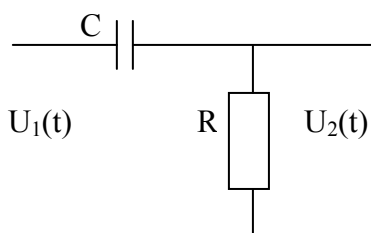
$|U_1(t)| \gg |U_2(t)|$ деп таңдап алсақ:

$$U_2(t) \approx \frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t U_1(t') dt'. \quad (15)$$

Шығыс сигнал жуық шамамен кіріс сигналдың уақыт бойынша интегралына пропорционал болады, сондықтан мұндай RC – тізбек интегралдаушы тізбек деп аталады.

4. Дифференциалдаушы RC – тізбек.

Тура сол RC – тізбекті қарастырайық, бірақ шығыс сигналды $U_2(t)$ резистордан аламыз (2 - сурет). Алдыңғыдай талдау жүргізсек:



2-сурет Дифференциалдаушы RC – тізбек

$$K(\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{i\omega C}} = \frac{i\omega\tau}{1 + i\omega\tau}, \quad (16)$$

$$|K(\omega)| = \frac{\omega\tau}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}}, \quad (17)$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arctg}(\omega\tau). \quad (18)$$

Амплитудалы – жиілікті сипаттама жиілік өскен сайын өседі, сондықтан бұл тізбек жоғары жиілікті фильтр деп аталады. (14) қатынас енді мына түрде жазылады:

$$|U_2(t) - U_1(t)| \approx \left| \tau \frac{dU_1(t)}{dt} \right|, \quad (19)$$

себебі кернеудің уақыт бойынша өзгерісі осы жағдайда $U_1(t)$ кернеуі бар конденсатордың болуына байланысты. Егер $|U_2(t)| \gg |U_1(t)|$ деп таңдап алсақ:

$$U_2(t) \approx \tau \frac{dU_1(t)}{dt}. \quad (20)$$

Мұндай RC – тізбек жуықтап сигналдың дифференциалын алатын операция атқарады.

Осындай фильтрлік мүмкіндіктері бар екіэлементті тізбекке резистор және индуктивтіліктен тұратын (RL - тізбек) тізбектер жатады. Егер $U_2(t)$ R кедергіден алынса, онда тізбек интегралдаушы болады, егер $U_2(t)$ L индуктивтіліктен алынса онда дифференциалдаушы болады. Уақыт тұрақтысы $\tau = \frac{L}{R}$.

Өздік жұмыс тақырыптары 5- Лекция

1. RL-тізбектің жиіліктік сипаттамасы
2. Найквист Годографі
3. Жолақты сүзгілер

[7, 4]-Әдебиеттер