

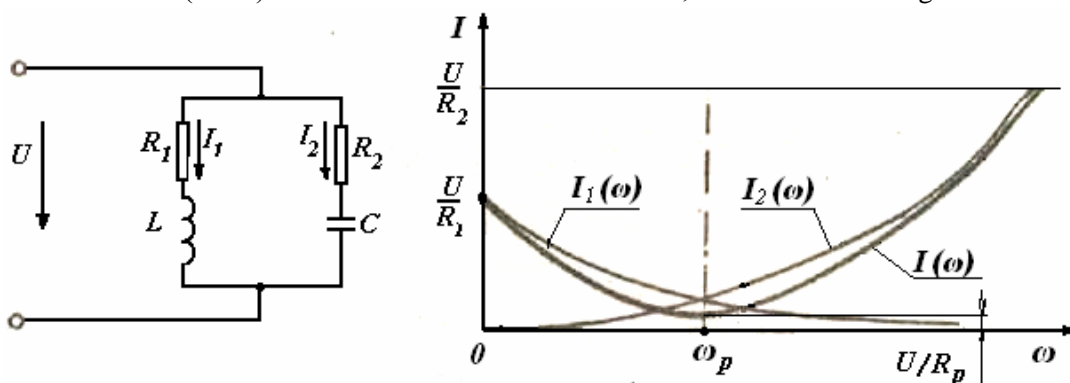
## 6 -laboratoriya jumısı

### Parallel terbelis konturın izertlew

**Jumıstıń maqseti** - parallel terbelis konturınıń chastotalıq xarakteristikaların, derektiń ishki qarsılıǵı hám júkleniw qarsılıǵınıń chastotalıq xarakteristikalarına tásirin eksperimental tekseriw.

#### 1. Teoriyalıq maǵlıwmatlar

Signallardı payda etiw hám olardı qayta islew ushın mólsherlengen kóplegen apparatlar quramında parallel terbelis konturları ( PTK) bar. Usılardan birewiniń sxeması 1, a- suwretde keltirilgen.



1-súwret. Parallel terbelis konturları

PTK nıń kompleks ótkezgishligi onıń shaqapshaları kompleks ótkezgishlikleriniń jıyındısına teń

$$\underline{Y} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} = \frac{1}{R_1 + j\omega L} + \frac{1}{R_2 - j\frac{1}{\omega C}} = g - jb, \text{ bunda}$$

$$g = \frac{R_1}{R_1^2 + (\omega L)^2} + \frac{R_2}{R_2^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} \text{ -aktiv ótkeriwsheńlik;}$$

$$b = \frac{\omega L}{R_1^2 + (\omega L)^2} - \frac{1/\omega C}{R_2^2 + (1/\omega C)^2} \text{ -reaktiv ótkeriwsheńlik.}$$

Konturda toklar rezonansi ( TR) bolǵanda reaktiv ótkezgishlik nolǵa teń boladı ( $b = 0$ ),

$$\frac{\omega_r L}{R_1^2 + (\omega_r L)^2} - \frac{1/\omega_r C}{R_2^2 + (1/\omega_r C)^2} = 0, \quad (6.1)$$

Bul bolsa TR júz bolıwınıń shárti bolıp tabıladı. Sol (6. 1) teńliktiń sheshiminen rezonans chastotanıń bahaların anıqlaw ushın ańlatpanı payda etemiz:

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{\rho^2 - R_1^2}{\rho^2 - R_2^2}}, \quad (6.2)$$

Bunda  $\rho = \sqrt{L/C}$  -PTK nıń túsindirmeli qarsılıǵı.

TR ( $\omega = \omega_r$ ) bolǵandaǵı PTK nıń qarsılıǵı maksimal bahaǵa iye hám tómendegi ańlatpa arqalı anıqlanadı

$$R_r = \frac{1}{g_r} = \frac{\rho^2 + R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (6.3)$$

PTK nıń haqıyqıylıǵı  $Q = \rho(R_1 + R_2)$  ǵa teń.

Kishi quwat ısırapılı ( $R_1^2 \ll \rho^2$ ;  $R_2^2 \ll \rho^2$ ) TR júz bergen degi PTK nıń qarsılıǵı tómendegine teń

$$R_p = \frac{\rho^2}{R_1 + R_2} = Qp = Q^2(R_1 + R_2) \quad (6.4)$$

Bunday jaǵdaylarda (6. 2) rezonans chastotası tómendegi ańlatpaǵa aylanadı

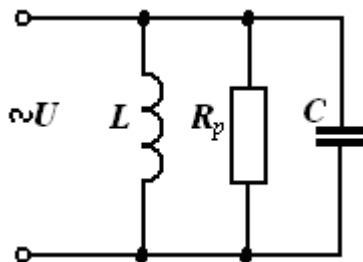
$$\omega_p \approx \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

TR bolǵanda hár eki shaqapshalardaǵı toklar shama menen birdey boladı ( $I_{1p} \approx I_{2p}$ ) hám olardıń hár biri shıńjırdıń kiriwindegi Sabaq tokdan Q ret úlken boladı :

$$I_{1p}/I_p \approx I_{2p}/I_p \approx Q.$$

PTK (1, a- suwretdegi sxema ) toklarınń I (ω), I<sub>1</sub> (ω), I<sub>2</sub> (ω) chastotalıq xarakteristikaları 1, b- suwretde kórsetilgen.

Kishi quwat ısırapı bolǵan PTK (2, a- súwret), barlıq elementleri óz-ara parallel jalǵanǵan almasırwıw sxeması menen salıstırıwlanıp, almasırwıwı mımkin.



2. a- súwret.

Sonday terbelis konturı kompleks ótkezgishligi tómendegine teń:

$$\begin{aligned} Y(j\omega) &= \frac{1}{R_r} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) = \frac{1}{R_r} + j\omega_0 C \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right) = \frac{1}{R_r} \left[1 + j \frac{R_r}{p} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)\right] = \\ &= \frac{1}{R_r} \left[1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)\right] = \frac{1}{R_r} (1 + j\xi), \end{aligned}$$

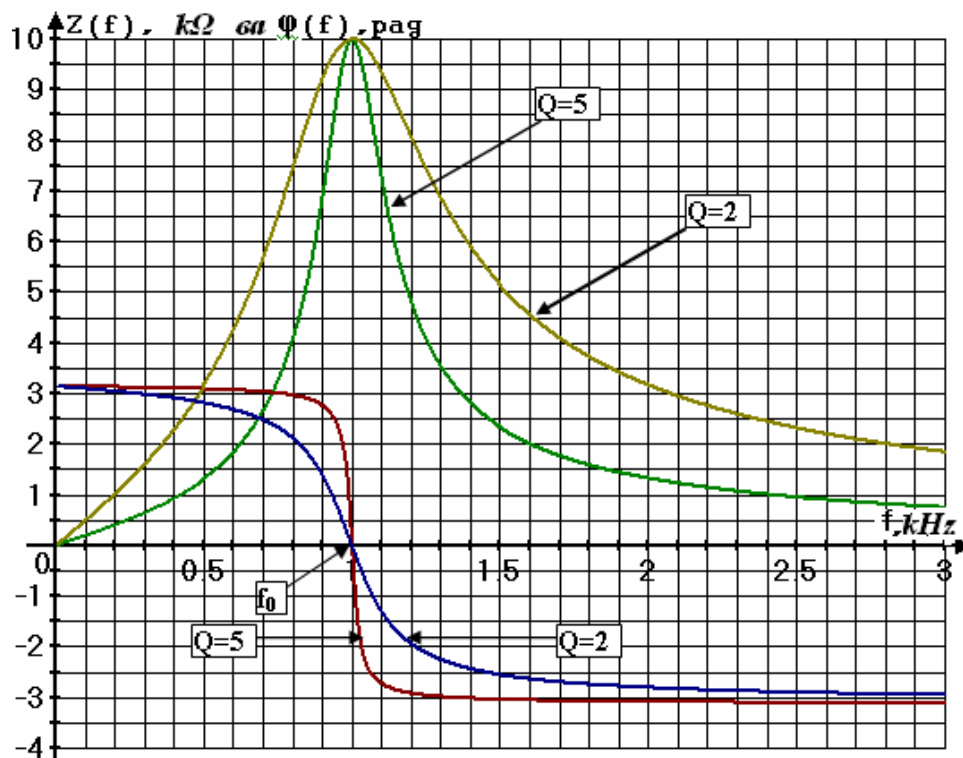
Bunda  $\xi = Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)$  - ulıwmalastırılǵan rezonans buzılǵanlıǵı dep ataladı.

PTK nıń kompleks qarsılıǵı

$$Z(j\omega) = \frac{1}{Y(j\omega)} = \frac{R_r}{1 + j\xi} = Z(\omega) e^{j\varphi(\omega)}, \quad (6.5)$$

$$\text{bunda} \quad Z(\omega) = \frac{R_r}{\sqrt{1 + \xi^2}}; \quad \varphi(\omega) = -\arctg \xi. \quad (6.6)$$

2, b- suwretde  $R_r = 10 \text{ k}\Omega$  hám  $Q = 2$  hám 5 bolǵan PTK nıń ACHX hám FCHX keltirilgen. FCHX  $\varphi(\omega)$  den usıdan ayqın boladı, rezonans chastotası ( $\omega_r \approx \omega_0$ ) den kishi bolǵan ( $\omega < \omega_0$ ) chastotalarda, konturdıń qarsılıǵı aktiv-induktiv (rezistiv-induktiv) xarakterde, rezonansdan úlken bolǵan ( $\omega > \omega_0$ )-aktiv-sıyımlılıq (rezistiv-sıyımlılıq) xarakterde boladı.



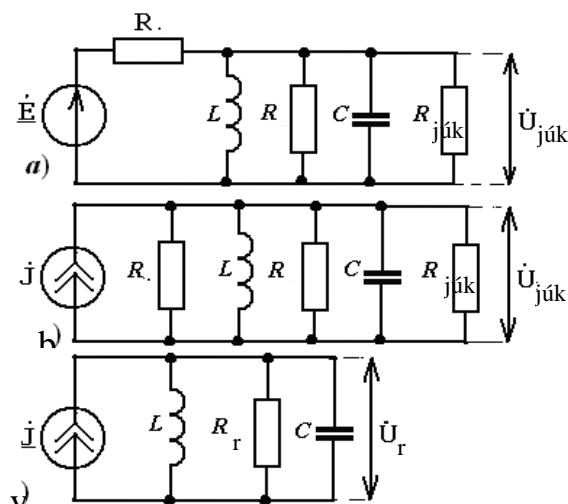
2. b- súwret

Tájiriybede, PTK lardıń jaqsı tańlawshańlıq ayrıqshalıǵın payda etiw ushın ishki qarsılıǵı  $R_i$  kútá úlken bolǵan derek hám maksimal qarsılıqlı  $R_{j\acute{u}k}$  júkleniw saylanadı. E kernewlı hám  $R_i$  ishki qarsılıqlı EJK deregin  $J=E/R_i$  toklı hám  $R_i$  qarsılıqlı tok deregi menen almasııp, 3, b- suwretdegi sxema payda etemiz.

Parallel jalǵanǵan qarsılıqlar  $R_i$ ,  $R_r$  hám  $R_{j\acute{u}k}$  ni ekvivalent qarsılıq menen almasııp,

$$R_{re} = \left( \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_{yul}} \right)^{-1}, \quad (6.7)$$

5. 3, v- suwretdegi sxemanı payda etemiz.



3- súwret.

PTK nıń 3, v- suwretdegi sxemasında chastotalıq xarakteristikaların kernewleriniń bahaların ishki qarsılıǵı  $R_v$  bolǵan voltmetr menen ólshegende, voltmetr qarsılıǵı da shınjırǵa parallel jalǵanadı. Ólshewlerdiń anıqlıǵın támiyinlew ushın  $R_v$  ni da itibarǵa alıw zárúr boladı ; nátiyjede shınjırdıń ulıwma qarsılıǵı tómendegine teń boladı :

$$R_{re} = \left( \frac{1}{R_r} + \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_{yuk}} + \frac{1}{R_v} \right)^{-1}$$

PTK nın ekvivalent haqiqiylyğı tómendegi aňlatpa járdeminde esaplanadı :

$$Q_3 = R_{p3} / \rho. \quad (6.8)$$

Ekvivalent ulıwmalastırılğan rezonans buzılğanlığı

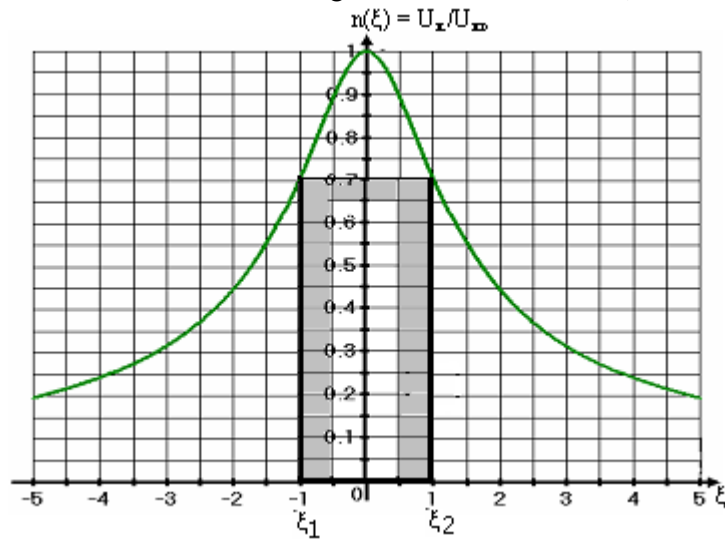
$$\xi_e = Q_e \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right). \quad (6.9)$$

PTK dagi kernew tómendegi aňlatpa járdeminde esaplanadı

$$U_{\hat{E}} = J \cdot Z_e(\omega) = \frac{J R_{re}}{\sqrt{1 + \xi^2}} = \frac{U_{kre}}{\sqrt{1 + \xi^2}}, \quad (6.10)$$

Bunda  $U_{kre} = J R_{re}$  re rezonans processindegi PTK nın kernewi.

PTK nın ornıqlı xarakteristikalarından biri onıń ótkeriw aralıǵı (ÓA) bolıp tabıladı ; ÓA dep rezonans chastotası átirapındaǵı sonday chastotalar diapazonına ayıladı, ol jaǵdayda PTK dagi kernew óziniń maksimal (rezonansdaǵı) ma`nisiniń  $1/\sqrt{2} \approx 0,7$  muǵdarınan kishi bolmasın (4- súwret).



4- súwret.

ÓA dıń shegaralıq chastotaların tómendegi teńlikten anıqlaymız:

$$U_{ke}(f) = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{kre}; \quad \frac{U_{kre}}{\sqrt{1 + \xi^2}} = \frac{U_{kre}}{\sqrt{2}};$$

Sonday eken, ÓA dıń shegaralıq chastotalarında ulıwmalastırılğan rezonans buzılğanlıǵı  $\xi_{1,2} = \pm 1$  bo'ar eken.

Eger,  $\xi_e = Q_e \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right)$  ekenligin itibargá alsaq, ol qolda tómendegi teńlemediń sheshiminen

$$Q_3 \left( \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f} \right) = \pm 1$$

ÓA dıń shegaralıq chastotaların esaplawdın aňlatpaların anıqlaw múmkın:

$$f_{1,2} = f_0 \left( \sqrt{1 + \frac{1}{4Q^2}} \pm \frac{1}{2Q} \right). \quad (6.11)$$

PTK nın ÓA absolyut keńligi:

$$\Pi_0 = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q} = df_0. \quad (6.12)$$

PTK nıń ÓA salıstırmaı keńligi:

$$S_{0e} = \frac{\dot{I}_e}{f_0} = \frac{f_2 - f_1}{f_0} = \frac{1}{Q_e} = d_y, \quad (6.13)$$

bunda  $d_e = \frac{1}{Q_e}$  - PTK nıń tómenlewi.

Bul (5. 12) - (5. 13) ańlatpalardan haqıyqıylıq ma`nisin eksperiment járdeminde anıqlanıwda paydalanıladı

$$Q_e = f_0 / (f_2 - f_1). \quad (6.14)$$

## 2. Dáslepki esaplawlar

2. 1. Terbelis konturınıń berilgen parametrleri ushın (1- kestege qarań)  $f_0$  rezonans chastotasın, xarakteristik (xarakteristikalıq) r qarsılıqtı, haqıyqıy Q ni, rezonans processindegi konturdıń  $R_r$  di esaplań. Esaplawlar nátiyjelerin 2- kestege kiritiń. PTK nıń jeke haqıyqıylıgın  $Q = q/R_k$  ańlatpa járdeminde esaplań, bunda  $R_1$  – induktivlik katushkası quwat ısırapı qarsılıgı (1- kesteden alınadı ).

1-keste

| Stend nomeri | L, mHn | C, nF | $R_1, \Omega$ | $R_{ish}, \Omega$ | $R_{juk}, \Omega$ |
|--------------|--------|-------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1            | 45     | 100   | 45            | 10                | 10                |
| 2            | 50     | 80    | 50            | 10                | 10                |
| 3            | 55     | 70    | 55            | 10                | 10                |
| 4            | 60     | 60    | 60            | 10                | 15                |
| 5            | 65     | 50    | 65            | 15                | 15                |
| 6            | 70     | 40    | 70            | 15                | 15                |
| 7            | 75     | 30    | 75            | 15                | 20                |
| 8            | 80     | 25    | 80            | 15                | 20                |
| 9            | 85     | 20    | 85            | 20                | 20                |
| 10           | 90     | 15    | 90            | 20                | 25                |
| 11           | 95     | 10    | 95            | 20                | 25                |
| 12           | 100    | 5     | 100           | 20                | 25                |

2. 2. 1- kestedegi berilgen bahalar ushın ishki qarsılıgı  $R_i$  bolğan kernew deregi hám júkleniw qarsılıgı  $R_{juk}$  ga jalğanğan PTK nıń ekvivalent haqıyqıylıgın, ekvivalent qarsılıq  $R_r$  ni esaplań. esaplaw nátiyjelerin 2- kestege kiritiń.

### Terbelis konturı parametrleri

5.2-keste

|                               |                           |   |                            |
|-------------------------------|---------------------------|---|----------------------------|
| $R=R_1+R_2=$                  | $L=$                      | $C=$  |                            |
| $f_0=1/2\pi\sqrt{LC} = \dots$ | $\rho=\sqrt{L/C} = \dots$ | $Q=\rho/R_1=\dots$                                | $Q_0=Q\rho=\dots$          |
| $R_n=50\text{ kOm}$           | $R_{juk}=$                | $R_{p3}=(R_p^{-1}+R_{II}^{-1}+R_{yuk}^{-1})^{-1}$ | $R_{p3}=R_{p3}/\rho=\dots$ |

2. 3. PTK nıń  $E=5\text{ V}$  bolğandağı kernew  $U_k(f)$  boyınsha chastotalıq

(3-súwret) hám kernew menen tok arasındağı fazalar jılısıwı  $\varphi(f)$  xarakteristikaların esaplań.

Esaplawlardı tómendegi chastotalarda  $f = f_0 \pm 4\Delta f_{gr}$ ,  $f_0 \pm 2\Delta f_{gr}$ ,  $f_0 \pm \Delta f_{gr}$ ,  $f_0$  atqarın, bunda  $\Delta f_{gr} = f_0/20$ . esaplawlar nátiyjelerin 5. 2- kestege kiritiń.  $U_k(f)$  hám  $\varphi(f)$  esaplawların kompyuterde EXCEL, Math CAD 2001 hám basqa programmalar járdeminde orınlaw múmkin. Zárúr bolğanda bul programmalarlı oqıtıwshıdan yamasa kafedra programmalar fondidan alıw múmkin.

### Dáslepki esaplawlar hám ólshewler nátiyjeleri

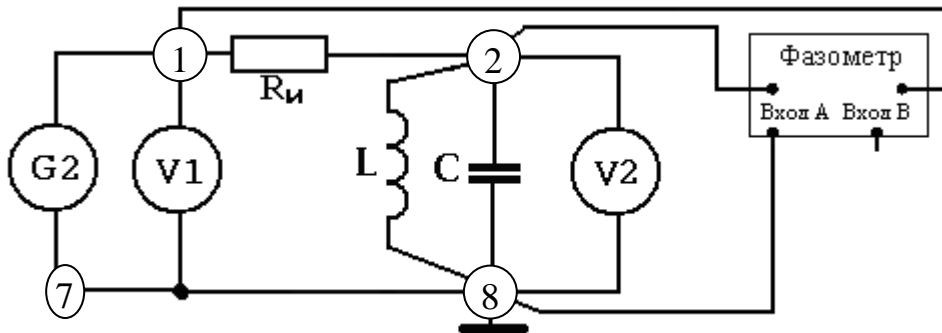
3-keste

| №   | Esaplaw nátiyjeleri           |                 |                 |                        | Ólshew nátiyjeleri |                        |
|---|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|   | $f$                           | $f, \text{kHz}$ | $U_k, \text{V}$ | $\varphi, \text{grad}$ | $U_k, \text{V}$    | $\varphi, \text{grad}$ |
| 1   | $f_0 - 4\Delta f_{\text{gr}}$ |                 |                 |                        |                    |                        |
| 2   | $f_0 - 2\Delta f_{\text{gr}}$ |                 |                 |                        |                    |                        |
| 3   | $f_0 - \Delta f_{\text{gr}}$  |                 |                 |                        |                    |                        |
| 4   | $f_0$                         |                 |                 |                        |                    |                        |
| 5   | $f_0 + \Delta f_{\text{gr}}$  |                 |                 |                        |                    |                        |
| 6   | $f_0 + 2\Delta f_{\text{gr}}$ |                 |                 |                        |                    |                        |
| 7   | $f_0 + 4\Delta f_{\text{gr}}$ |                 |                 |                        |                    |                        |
| $f_0 = \dots \text{kHz}; \quad f_1 = \dots \text{kHz}; \quad f_2 = \dots \text{kHz}; \quad Q_e = \dots \text{kHz}; \quad \Delta f = ?;$ |                               |                 |                 |                        |                    |                        |

### 3. Jumıstı orınlaw

3. 1. PTK nıń jeke rezonans qarsılıǵı  $R_r$  hám rezonans chastotası  $\omega_r$  ni esaplaw.

5- suwretde keltirilgen sxemanı jıynań.



Generator kernewi chastotasın tuwri ózǵertirip, V2 voltmetriniń maksimal kórsetkishi boyınsha PTK nıń rezonans chastotasın ólsheń. Rezonans chastota  $f_0$  hám voltmetrler V1 hám V2 kórsetkishlerin jazıp alın. PTK nıń nátiyjelik rezonans qarsılıǵı tómendegi ańlatpa járdeminde anıqlanadı :

$$R_r = R_i \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$

Terbelis konturınıń xarakteristikalıq qarsılıǵı tómendegishe esaplanadı

$$\rho = \sqrt{L/C}$$

Induktivlik katushkasınıń ısıraplarına proporsional bolǵan aktiv qarsılıǵı (kondensatordaǵı ısıraplardı itibarǵa almaymız ). Onıń ushın, aldın terbelis konturınıń haqıyqıylıǵı anıqlanadı

$$Q = R_r / \rho,$$

Keyininen induktivlik katushaksı aktiv qarsılıǵı esaplanadı

$$R_k = \rho / Q.$$

$R_k$  dıń ólshengen hám esaplangan bahaları (1- kestege qarań) salıstırılanađı.

3. 2. Parallel terbelis konturının AChX hám FChX in ólshew. Onıń ushın 6 - suwretde keltirilgen sxemani jıynań. Sxemaniń parametrlerin 2. 1 hám 2. 2 bántlerdegi sıyaqlı ornatıladı. G2 generatordıń shıǵıwında kernew ma`nisi garmonik kernew derejiniń maksimal múmkinshilikli kernewi ornatıladı (  $E=5$  V).

Parallel terbelis konturının AChX hám FChX kernewleri  $U_k(f)$  ti, hám de kernew menen tok arasındaǵı fazalar jılısıwın ólshew, dáslepki esaplawlar orınlangan chastotalarda ámelge asırıladı. Ólshewler nátiyjelerin 2- kestege kiritiń.

Ostsillograf ekranınan rezonans chastotasınan kishi ( $f=f_0 - \Delta f_{gr}$ ), rezonans chastotası ( $f=f_0$ ) de hám rezonans chastotasınan úlken ( $f=f_0 + \Delta f_{gr}$ ) bolǵan chastotalarda terbelis konturı kiriwindegi kernew  $U_k(f)$  hám  $i_k(f)$  toklar máwrit bahalarınń grafigi sıızıp alınsın.

#### 4. Ólshew nátiyjelerine qayta islew

Dáslepki esaplawlar hám ólshewler nátiyjeleri boyınsha (2- kestege qarań) chastotalıq xarakteristikalar grafikları  $U_k(f)$  hám  $\varphi(f)$  sıızılsın.

#### 5. Esabattı tayarlaw

Laboratoriya jumısı boyınsha tayarlangan esabatda tómendegi maǵlıwmatlar bolıwı shárt:

5. 1. Jumıstıń atı hám maqsetleri.
5. 2. Dáslepki esaplawlar hám eksperiment nátiyjeleri.
5. 3. Ólshewlerdiń sxemaları.
5. 4. Chastotalıq xarakteristikalar  $U_k(f)$  hám  $\varphi(f)$ .
5. 5. Kernew  $U_k(f)$  hám tok  $i_k(f)$  máwrit bahalarınń (shamalıq )  $f < f_0$ ;  $f = f_0$  hám  $f > f_0$  chastotalardaǵı grafikları.
5. 6. esaplawlar hám eksperiment nátiyjelerin analiz qılıw boyınsha sheshimler.

#### 6. Qadaǵalaw sorawları hám mısallar

6. 1. Parallel terbelis konturı sxeması qanday kóriniste boladı?
6. 2. Parallel terbelis konturının kompleks ótkezgishligi qanday anıqlanadı?
6. 3. Parallel terbelis konturındaǵı rezonanstıń shárti qanday?
6. 4. Parallel terbelis konturı rezonans chastotası qanday anıqlanadı?
6. 5. Parallel terbelis konturının rezonans rejimindegi qarsılıǵı qanday anıqlanadı?
6. 6. Kishi quwat ısırapına iye bolǵan parallel terbelis konturının tariypini keltiriń. Sonday konturdıń rezonans chastotası hám rezonans qarsılıǵı qanday esaplanadı?
6. 7 Parallel terbelis konturı  $Z(\omega)$  tolıq qarsılıǵının chastotalıq xarakteristikası qanday formaǵa iye?
6. 8. Parallel terbelis konturı chastotaları  $f < f_0$ ;  $f = f_0$  hám  $f > f_0$  bolǵanda qarsılıqtıń xakteri qanday boladı?
6. 9. Ulıwmalastırılǵan rezonans buzılǵanlıǵı ne hám ol qanday anıqlanadı
6. 10. Derektiń ishki qarsılıǵı hám júkleniwdiń qarsılıǵı parallel terbelis konturının tańlıǵına qanday tásir etedi?
6. 11. Kishi quwat ısırapına iye bolǵan parallel terbelis konturının parametrleri  $L = 100$  mkHn hám  $C = 400$  pF bolsa, onıń rezonans chastotası  $f_0$  in esaplań.
6. 12. Parametrleri  $L = 100$  mkHn  $C = 400$  pF hám  $R=5 \Omega$  bolǵan parallel terbelis konturının xarakteristikalıq qarsılıǵı  $\rho_1$ , haqıyqıylıǵı  $Q$  hám rezonans qarsılıǵı  $R_r$  in anıqlań.
6. 13. Rezonans chastotası  $f_0$  hám ekvivalent haqıyqıylıǵı  $Q_E = 100$  bolǵan parallel terbelis konturının ótkeriw aralıǵı keńligin anıqlań.
6. 14. Rezonans chastotası  $f_0 = 500$  kHz, haqıyqıylıǵı  $Q = 100$  hám xarakteristikaıy qarsılıǵı  $\xi=500$ . bolǵan parallel terbelis konturı ishki qarsılıǵı  $R_{vjuk}=50$  k $\Omega$  . bolǵan derekke jalǵangan. Ótkeriw aralıǵı 20 kHz bolıwı ushın júkleniw qarsılıǵı qanday bolıwı kerek?