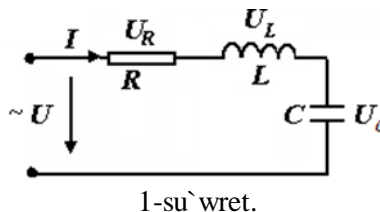


5-laboratoriya jumısı Izbe-iz terbelis konturların izertlew

Jumısıń maqseti: izbe-iz terbelis konturı chastotalıq xarakteristikaları qásiyetlerin eksperimental tekseriw.

1. Qısqa teoriyalıq túsiniqler

Izbe-iz jalğanğan rezistiv qarsılıq R , induktivlik L hám sıyımlılıq C ámeldegi bolğan elektr shıńjırınıń sxeması 1- suwretde keltirilgen. Bunday elektr shıńjırın *izbe-iz RLC-konturı*, yamasa, *izbe-iz terbelis (rezonans) konturı* dep ataladı.



Eger konturdıń kirisiw klemmasına $u=U_m \cos \omega t$ kernew jalğanğan bolsa, sol konturdağı garmonik turaqlı (garmonik kernew tásiri jalğanğannan keyin jetkilikli waqıt ótkennen keyin) toktı $i=I_m \cos(\omega t + \varphi)$ yaǵnıy, tok amplitudası I_m hám tok baslanǵısh fazası φ ni anıqlaw zárúr bolsın.

Kontur elementleri kernewleri óń baǵdarların tuwrı tańlap, 3-laboratoriya jumısında keltirilgen shıńjır elementlerindeki tok hám kernewler baylanısıwların itibarǵa alıp, tómendegilerdi jazıw múmkin:

$$RI_m \cos(\omega t + \varphi) + (\omega L - \frac{1}{\omega C})I_m \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) = U_m \cos \omega t \quad (5.1)$$

Birdey chastotalı garmonik funktsiyalardı qosıw qaǵıydalarınan paydalanıp, tómendegilerdi payda etiw múmkin

$$z \cdot I_m \cos(\omega t + \Psi) = U_m \cos \omega t, \quad q \quad (5.2)$$

bunda $z=R+j(X_L-X_C)$ - shıńjırdıń kirisiw tolıq kompleks qarsılıǵı,

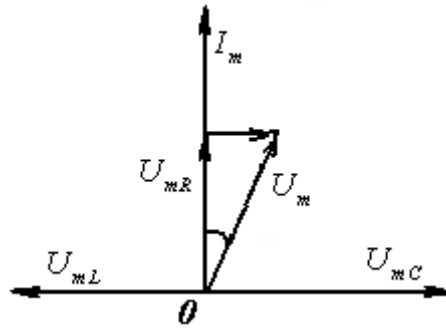
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} - \text{onıń modulı ; bunda } R\text{-rezistor aktiv qarsılıǵı ; } X_L=j\omega L - \text{kompleks}$$

induktiv qarsılıǵı ; $X_C = \frac{1}{j\omega C}$ - kompleks sıyımlılıq qarsılıǵı.

Teńlik (5. 1) dıń óń hám shep tárepleri amplitudaları hám fazaların salıstırıwlaw nátiyjesinde ızlenip atırǵan konturdıń garmonik tokı amplitudasın hám baslanǵısh fazasın anıqlaw múmkin.

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (5.3) \quad \operatorname{tg} \varphi = -\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Shıńjır konturınıń elementlerindeki kernewler vektor diagrammaları 2- suwretde keltirilgen.



2-súwret. Vektor diagramması

Reaktiv qarsılıqlar $\omega L < 1/\omega C$ bolǵanlıǵı ushın, vektor diagrammada tok vektóri támiyinleytuǵın kernew vektorına salıstırǵanda $\varphi > 0$ múyeshke jılǵıǵan. Sıyımlılıqtaǵı U_{mC} hám induktivlikdagi U_{mL} kernewler vektorları bolsa tok I_m vektorına salıstırǵanda, uyqas túrde, $-\pi/2$ hám $+\pi/2$ jılǵıǵanlar, sebebi aǵıp atırǵan tokka salıstırǵanda sıyımlılıq klemmalarındaǵı kernew fazası boyınsha $\pi/2$ múyeshke kesisedi, induktivliktegi kernew fazası boyınsha $\pi/2$ múyeshke ilgerilep ketedi.

Reaktiv qarsılıqlar $\omega L < 1/\omega C$ bolǵanda sol elementler kernewleri modulları teń $U_{mL}=U_{mC}$ boladı, ol jaǵdayda fazalar jılıswı $\varphi=0$. Bunday rejim RLC-konturdıń *rezonans rejimi* dep ataladı hám támiyinleytuǵın kernew chastotası $\omega = \omega_0 = 1 / \sqrt{LC}$ erkin terbelisler chastotasına (geyde bul chastotanı rezonans chastotası yamasa jeke terbelisler chastotası dep ataladı) teń boladı. Bul $\omega = \omega_0$ chastotada konturdıń tolıq qarsılıǵı sap aktiv $Z_0=R$ hám minimal boladı, kontur tokı bolsa óziniń maksimal mańisine shekem artadı. Toktıń $I(\omega)$ baylanısıwı $\omega=\text{const}$ hám $U=\text{const}$ bolǵanda ω dıń ózgeriwi menen ekstremal xarakterge iye boladı. Rezonans chastotada sıyımlılıq hám induktivliktiń garmonik kernewleri bir-birin kompensatsiyalaydı. Usınıń sebebinen, konturda kernew rezonansi ámeldegi, dep qabıl etilgen.

Terbeliwshi RLC-kontur tómendegi «ekilemshi» parametrlr menen xarakterlenedi:

$$R_C = \sqrt{\frac{L}{C}} = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \quad \text{xarakteristik qarsiliq;}$$

$$Q = \frac{R_C}{R} = \frac{U_{L0}}{U} = \frac{U_{C0}}{U} \quad \text{konturdıń haqıyqiyliǵı} \quad (5.4)$$

$$S_A = \frac{f_0}{Q} \quad \text{absolyut o`tkeriw aralıǵı.} \quad (5.5a)$$

Izbe-iz RLC-kontur ushın rezonans chastotada tómendegi baylanısıwlar orınlı bolıp tabıladı:

$$I_0 = \frac{U}{R}; U_{R0} = U; U_{C0} = U_{L0} = I_0 \cdot R_C = Q \cdot U \quad (5.5)$$

$I(\omega)$, $U_R(\omega)$, $U_L(\omega)$, $U_C(\omega)$ baylanısıwlar amplituda-chastotalıq yamasa rezonans xarakteristikası (ACHX), $\varphi(\omega)$ baylanısıw bolsa faza -chastotalıq xarakteristika (FCHX) dep ataladı. Olar tómendegi ańlatpalar járdeminde esaplanadı :

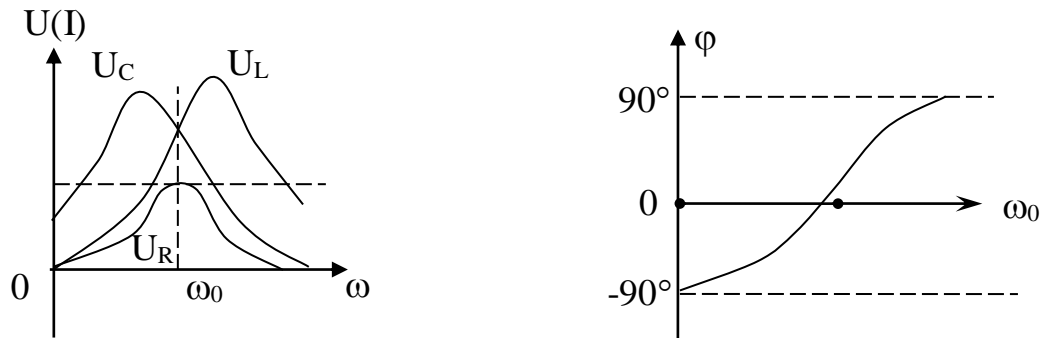
$$I(\omega) = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$

$$U_R(\omega) = I(\omega) \cdot R;$$

$$U_L(\omega) = I(\omega) \cdot \omega L;$$

$$U_C(\omega) = I(\omega) \cdot \frac{1}{\omega C}; \quad (5.6)$$

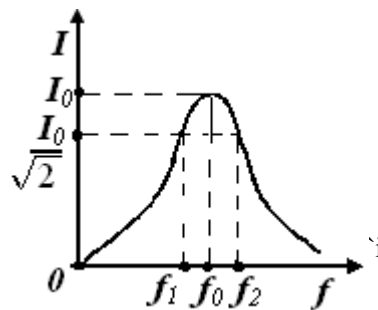
$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}.$$



3- súwret. Amplituda- hám faza -chastotalıq xarakteristikalar.

Shegaralarında konturdağı tok óziniń rezonans processindegi I_0 mańisinen $\sqrt{2}$ ret paseyetuǵın chastotalar aralıqı izbe-iz terbelis konturınıń ótkeriw aralıqı dep ataladı (3- súwret). Absolyut ótkeriw aralıqı tómendegi ańlatpa menen anıqlanadı :

$$\Delta f = f_2 - f_1 = f_0 / Q. \quad (5.7)$$



2. Dáslepki esaplawlar

2. 1. 5- suwretdegi sxema ushın berilgen stendga tiyisli kontur elementleri mánislerin 1- kesteden alıp, $U=1$ V., $R_d=100\Omega$. bolǵandağı tómendegi chastotalar ushın $f_0 \pm \Delta f, f_0 \pm 2\Delta f, f_0 \pm 3\Delta f$ bnda

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\Delta f = 200\text{Hz};$$

ACH hám FCH $U_{Rd}(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, φ ni esaplań hám qurıń. Esaplawlardı (5. 6) ańlatpalar járdeminde, $R=R_k+R_d$ qabıl etip atqarıń. Esaplawlar nátiyjelerin 5. 2-kestege kiritiń.

2. 2. Absolyut ótkeriw aralıqı Δf hám kontur haqıyqıylıǵın (5. 4) hám (5. 4, a) ańlatpalar járdeminde esaplań.

Esaplawlar hám tájiriye ushın berilgen mánisler

1- keste

| Stend № | L mHn | C nF | Stend № | L mHn | C nF | Stend № | L mHn | C nF |
|---------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|---------|
| 1 | 45 | 100 | 5 | 65 | 55 | 9 | 85 | 30 |
| 2 | 50 | 80 | 6 | 70 | 50 | 10 | 90 | 25 |
| 3 | 55 | 70 | 7 | 75 | 40 | 11 | 95 | 20 |
| 4 | 60 | 60 | 8 | 80 | 35 | 12 | 100 | 15 |

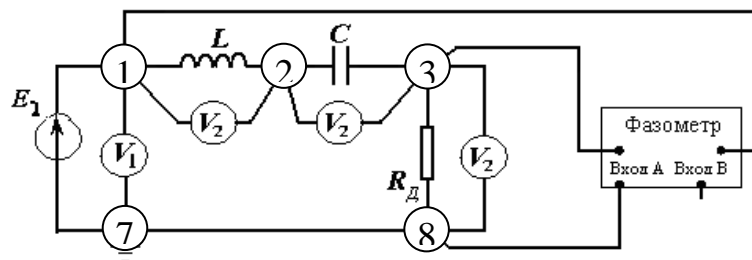
3. Jumıstı orınlaw

3. 1. İzbe-iz terbelis koturinin` $U_{Rd}(f)$ va $\varphi(f)$ chastotalıq xarakteristikaların tekseriw. Stend nomerine kóre 1- kesteden alınğan variant boyınsha 5- suwretdegi sxema jıynalsın.

R_k - induktivlik katushkanin` ishki (O_{mik}) qarsılıǵı bolıp, ol tútediń ózinde sáwlelengenlengen, sol sebepli sırtqı elementlerde jıynalmaydı.

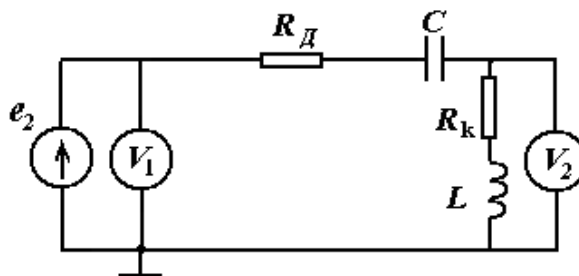
Generator shıǵıwında $R_d=100\Omega$ hám kernew $U=1$ V ornatsın. Generator chastotasın ózger tirip, konturdı rezonans chastotası f_0 ga retleń. Chastota f_0 ni belgilew ushın V_2 voltmetrdiń maksimal kórsetkishi yamasa rezonans rejimindegi kórsetkishi nolga teń bolğan fazometr járdeminde ámelge asırıw múmkin. Voltmetr kórsetkishleri 2-kestege kiritilsin.

Shıǵıw kernewiniń $U=1$ V ózgermeytuǵın bolıwın támiyinlep, hám de $f_0 \pm \Delta f, f_0 \pm 2\Delta f, f_0 \pm 3\Delta f$, bunda $\Delta f = 200$ Hz chastotalarda U_{Rd} kernew hám φ fazalar ayırmashılıǵın ólsheń. Ólshewler nátiyjelerin 2- kestege kiritiń



5-su`wret.

3. 2. Induktivlik chastotalıq xarakteristikasını tekseriń, 6 - súwret sxemasın jıynań. Elementler parametrleri hám $U_L(f)$ ólshenetuǵın chastotalar 3. 1- bólimdegi sıyaqlı alınsın. Ólshewler nátiyjelerin 2- kestege kiritiń.



6-su`wret.

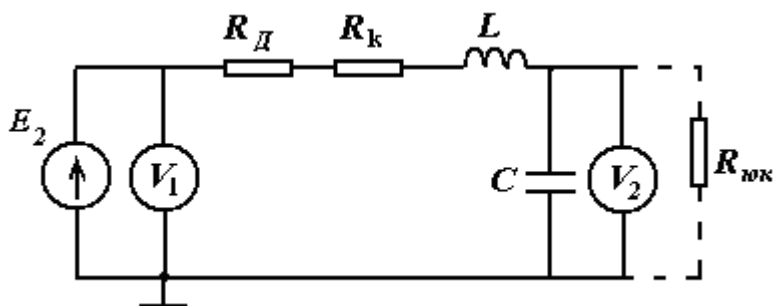
4. Dáslepki esaplawlar hám tájiriye nátiyjeleri

2- keste

| N | O`lshew na`tiyjeleri | | | | | | Da`lepki esaplaw na`tiyjeleri | | | |
|---|----------------------|--------|--------------|-----------|-----------|------------------|-------------------------------|-----------|-----------|------------------|
| | F | f, kHz | U_{Rd} , V | U_L , V | U_C , V | φ , grad | U_{Rd} , V | U_L , V | U_C , V | φ , grad |

| | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | $f_0 - 3\Delta f$ | | | | | | | | |
| 2 | $f_0 - 2\Delta f$ | | | | | | | | |
| 3 | $f_0 - \Delta f$ | | | | | | | | |
| 4 | f_0 | | | | | | | | |
| 5 | $f_0 + 3\Delta f$ | | | | | | | | |
| 6 | $f_0 + 2\Delta f$ | | | | | | | | |
| 7 | $f_0 + \Delta f$ | | | | | | | | |

4. 1. Sıyımılıq chastotalıq xarakteristikaların tekserin. 6 - súwret sxemasın jıynan`.



7- súwret

Kernew uc (f) ni ólshew 3. 2- bolimdegi sıyaqlı alınsın.

5. Esabat quramı

5. 1. Jumıstın atı hám maqseti.
5. 2. Chastotalıq xarakteristikaları ólshew sxemaları.
5. 3. Dáslepki esaplaw hám eksperiment nátiyjeleri boyınsha qurılǵan chastotalıq xarakteristikaların $U_{Rd}(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, $\varphi(f)$ grafikları.
5. 4. Grafik $U_{Rd}(f)$ járdeminde absolyut ótkeriw aralıqın anıqlaw jáne onı dáslepki esaplaw nátiyjeleri menen salıstırıwlaw.
5. 5. $S_A(R_{juk})$ va $Q_E(R_{juk})$ baylanısıwlar grafikları qurılın (qosımsha wazıypa).
5. 6. Izertlewler nátiyjeleri boyınsha juwmaqlar.

6. Qadaǵalaw sorawları

6. 1. Kernewler rezonansi shártini jazıń.
6. 2. Ne ushın izbe-iz terbelis konturındaǵı rezonansni kernewler rezonansi dep ataladı?
6. 3. Konturdıń haqıyqıylıǵı dep nege ayıladı hám ol neni ańlatadı?
6. 4. Terbelis konturınıń uzatıw aralıqı dep nege ayıladı?
6. 5. Uzatıw aralıqınıń shegaralarında terbelis konturınıń qásiyetleri qanday boladı?
6. 6. Rezonans rejiminde terbelis konturı qanday ayrıqshalıqlarǵa iye
6. 7. Eger L hám C mánisleri 4 ret ortsa, xarakteristikalıq qarsılıq qanday ózgeredi
6. 8. Konturdıń ámeldegi rejiminde $X_L > X_C$ bolsa, kernew rezonansin payda etiw ushın kernew chastotasın qanday ózgeriw zárúr?
6. 9. Eger terbelis konturı aktiv qarsılıǵı 2 ret artsa, ótkeriw aralıǵı qanday ózgeredi?
6. 10. Eger $U=10$ V, $R=10\Omega$, $X_L=20\Omega$ bolsa, rezonans rejimindegi (5. 1-súwret) sıyımılıqtaǵı kernewdi anıqlań.
6. 11. Eger $U=200$ V, $R=100\Omega$, $X_L=X_C=100\Omega$ bolsa, terbelis konturındaǵı toktı anıqlań.
6. 12. Sıyımılıqqa parallel jalǵanǵan júk qarsılıǵı R_{juk} tin` ma`nisi konturdıń tańlaw ayrıqshalıǵına qanday tásir kórsetedi?
6. 13. Terbelis konturınıń rezonansdaǵı hám $X_L < X_C$ rejimindegi vektor diagrammasın sızıń.