

13-Tema : R, L hám C shıńjırlardıń ACHX hám FCHX esaplaw

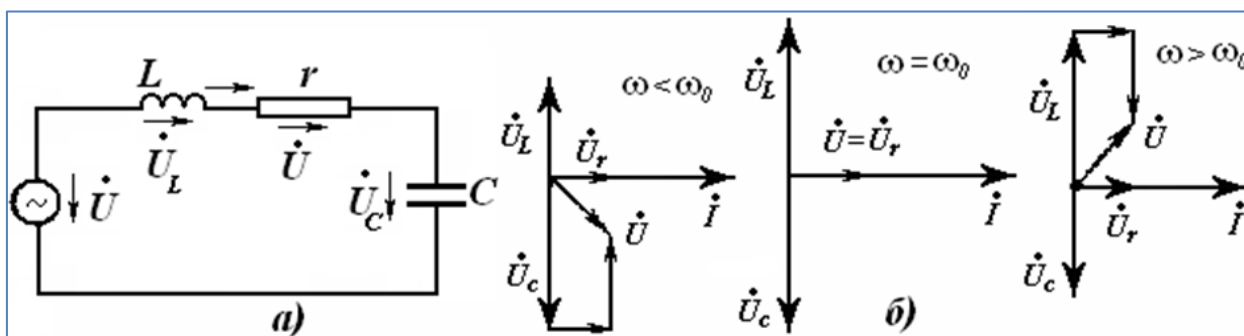
(2-bólim)

Joba:

1. ACHX hám FCHX esaplaw.
2. Kernew rezonansi.

Rezonans penen waqiyalari bir neshe qıylı ta'ripleniwi múmkin. Olardan biri boyınsha S penen hám L elementlerge iye bolǵan berilgen passiv eki polyuslıqtıń kirisiw bóleginde kernew fazası hám tok fazası uyqas penen kelse, yaǵnıy bolsa, rezonans penen hádiysesi ámeldegi boladı ; bunda usı eki polyuslıq sırtan reaktiv quwat almaydı (). Bunday rezonans penen energetikalıq yamasa fazalı rezonans penen dep ataladı. Rezonanstin' bunday ta'riypi elektrotexnikada keń qollanıladı. Ekinshi tariyp informaciya texnologiyaları tarawlarına kóbirek sáykes keledi. Oǵan kóre, rezonans penen waqiyalar S penen hám L passiv elementleri bolǵan shıńjırǵa sırtan berilip atırǵan kernew yamasa júzimdiń múyesh chastotası shıńjırdıń jeke (rezonans) chastotası ga teń bolǵanda gúzetiledi. Bunday rezonans penen radiotexnik (tolqın) rezonans penen dep ataladı. Bul eki qıylı tariyplanayotgan hádiyse tiykarınan birden-bir jag'day bolıp tabıladı ,

yaǵnıy :



13. 1.-su'wret

bolǵanda ni kóriw múmkin.

Kernew rezonansi. Shıńjırda L, R, C elementler izbe-iz (13. 1, a-su'wret) jalǵanǵandaǵı rezonans penen sonday ataladı.

Bul izbe-iz jalǵanǵan shıńjır daǵı tok tómendegishe anıqlanadı :

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{r + j(x_L - x_C)} = \frac{\dot{U}}{r + jx}$$

yamasa,

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + x^2}} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}}$$

bunda. $x = x_L - x_C = \omega L - 1/\omega C$

Rezonans penen bolǵanda derek kernewiniń múyesh chastotası jeke múyesh chastotasına teń boladı :

$$\omega = \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

Passiv elementlerdiń tokı óziniń maksimal ma`nisine erisedi: $I_{max} = U/r$

hám $x = 0$ bolǵanlıǵı ushın kirisiw degi kernew hám tok fazaları uyqas penen boladı. Bul xolat 13. 1 b-su`wretdegi vektor diagrammalarda su`wretlengen. Teńlikten sonı ańǵarıw múmkin, rezonansqa erisiw ushın yamasa derek kernewiniń chastotası nı, yamasa konturdiń L hám S penen (yaǵnıy x_L hám x_C) reaktiv parametrleri (yamasa jeke chastotası) bahaların ózgertirip erisiw múmkin eken. Tok I, kernew (UL yamasa UC) larning ga baylanıslılıǵı L yamasa S penen rezonans penen funksiyaları (qıysıq shig`iwi) dep ataladı. Bul funksiyalardıń salıstırmalı chastota arqalı ańlatpaları kóbirek qollanıladı :

$$\eta = \omega / \omega_0 = \omega \sqrt{LC}$$

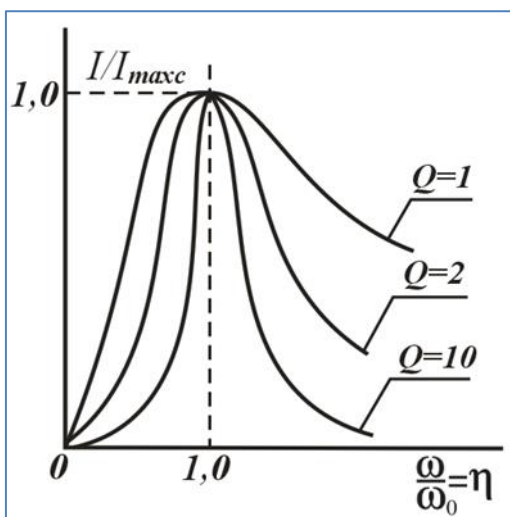
Rezonans penen konturdiń zárúrli parametrlerinen bir- túplıq (Q) bolıp tabıladı. Túplıq dep elementlerden biri reaktiv qarsılıǵı (yaǵnıy yamasa 1) dıń oǵan izbe-iz jalǵanǵan aktiv qarsılıqqa qatnasına aytıladı :

$$Q = \omega_0 L / r = 1/(\omega_0 C r) = \rho / r$$

Bul teńliktiń súwr etinde konturdiń xarakteristik qarsılıǵı keltirilgen.

Onıń ma`nisi:.

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

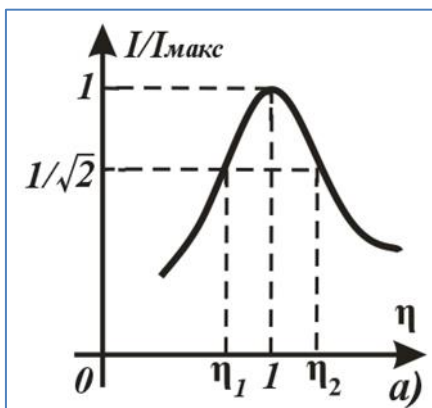


13. 2.-su'wret

Berilgen kontur rezonans penenfunk-siyalarining salıstırmalı birliktegi kórinisleri onıń aslligiga baylanıslı. Biraq bul baylanısıwlar máseleniń mánisin (bolǵanda júzimdiń maksimum I_{max} ga jetiwin) kórsetkeni menen, I_{max} dıń absolyut ma`nisi qanday ózgeriwin anıqlamaydı. Sol sebepli, I () baylanısıwda júzimdi absolyut bahada alatuǵın bolsaq, Q dıń úlken bahalarında hám $\neq 0$ de I dıń ma`nisi talayǵana amperni tashkil etse da, $= 0$ bolǵandaǵı I_{max} dıń ma`nisi o`nlab, geyde bolsa júzlegen ampergacha jetiwi múmkin.

Teńlik (13. 1, b) ga ózgeriwsheń hám parametr Q ni kiritsak, júzimdiń ulıwmalastırılǵan rezonans penen funksiyasın anıqlaymız:

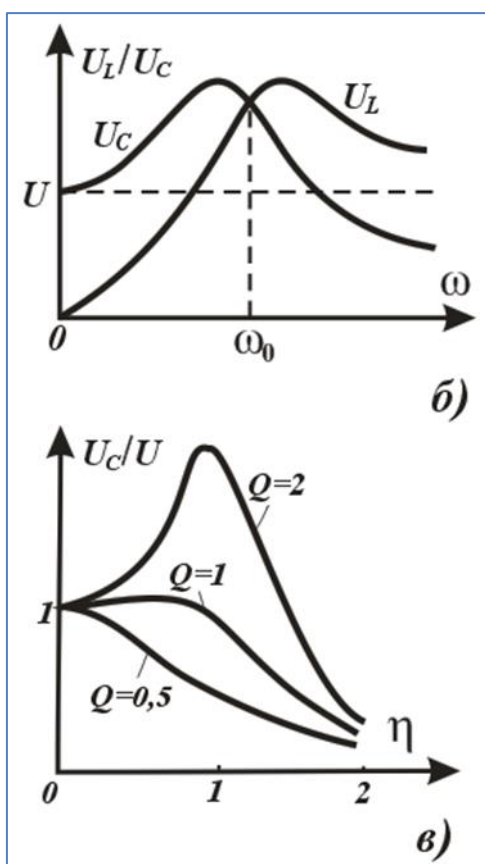
$$I = \frac{U}{r \sqrt{1 + \frac{1}{r^2 (\eta \omega_0 L - 1 / \eta \omega_0 C)^2}}} =$$



13. 3.-su'wret.
$$= \frac{I_{max}}{\sqrt{1 + Q^2 \cdot (\eta - 1/\eta)^2}} \cdot$$

Payda bolǵan teńlik, hám de 13. 4, a hám 13. 4, b-su'wretlerde keltirilgen baylanısıwlardan sonı ańǵarıw mukinki, konturdıń aslligi qanshalar úlken bolsa, júzimdiń rezonanas peneniymek sızig'i shunchalar tik boladı hám I_{max} shunchalar úlken boladı.

Konturdıń taǵı bir zárúrli bahalarınan biri, rezonans penenfunksiyası keńligi yamasa konturdıń uzatıw keńligi dep atalǵan shama bolıp tabıladı. Ol júzimdiń ma`nisi I_{max}/I bolǵandaǵı hám chastotalar ayırmashılıǵına teń (13. 3-súwret). Bunda konturdıń kompleks qarsılıǵı rezonansdagi $Z_{min} = r$ minimal qarsılıqqa salıstırǵanda ret úlken boladı.



13. 4.-su'wret.

Teńlikten $I_{max}/I = \sqrt{2}$ dep esaplap η_1 hám η_2 lardin' bahaların anıqlaymız:

$$\sqrt{2} = \sqrt{1 + Q^2(\eta_{1,2} - 1/\eta_{1,2})^2}$$

yamasa

$$1 = \pm Q(\eta_{1,2} - 1/\eta_{1,2}),$$

bundaǵı oń belgi dıń ma`nisine, kerı belgi bolsa ma`nisine sáykes keledi.

Sunday etip,

$$\eta_2 - 1/\eta_2 = 1/Q$$

Hám

$$1 = \pm Q(\eta_{1,2} - 1/\eta_{1,2}),$$

Bul bahalardıń jıyındısı esaplab, tómendegin anıqlaymız:

$$\eta_1 + \eta_2 - (\eta_1 + \eta_2)\eta_1\eta_2 = 0$$

ondan $\eta_1 \cdot \eta_2 = 1$ yamasa $\omega_0 = \sqrt{\omega_1\omega_2}$,

ekenligi málim boladı. Sunday eken rezonans penen chastotası ω_0 uzatıw keńligi shegaralıq chastotalarınıń ortasha geometriyalıq ma`nisine teń. Rezonans penen chastotası ω_0 ni tájiriybe usılı menen de anıqlaw múmkin. Onıń ushın ω dıń ma`nisin ózgartirip, júzimdiń maksimal ma`nisine uyqas penenkelgen ni anıqlaw jetkilikli bolıp tabıladı. Biraq tájiriybeler sonı kórsetedi, aldın ω_0 hám ω_2

(η_1 ha'm η_2) shegaralıq chastotalardı ólshep (bul bahalar arqalı júzimdiń keskin ózgeriwin baqlaw múmkin), keyininen ortasha geometriyalıq baha arqalı esaplaw anıqlaw nátiyje beredi. Joqarıdağı teńliklerdiń ekinshisin birinshisidan ayırsak, tómendegilerdi anıqlaw múmkin:

$$\eta_2 - \eta_1 + (\eta_2 - \eta_1)/\eta_1\eta_2 = 2Q$$

yamasa.

$$\eta_2 + \eta_1 = \Delta\eta = 1/Q$$

Bunnan sunday juwmaqqa kelimiz: rezonans penenfunksiyasınıń keńligi kontur aslligiga teris bahağa teń eken; sunday eken, rezonans penenfunksiyası forması

arqalı onıń aslligini anıqlaw múmkin eken. $U_L = \omega LI = \frac{\omega LU}{\sqrt{r^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}},$

Induktivlik hám sıyımlılıqtağı kernewdiń chastotağa baylanıslılıǵı tómendegishe ańlatpalanadi

$$U_L = \omega LI = \frac{\omega LU}{\sqrt{r^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}},$$

$$U_c = \frac{I}{\omega C} = \frac{U}{\omega C \sqrt{r^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}},$$

yamasa salıstırmalı chastota η ni kiritip hám de joqarıdağı ańlatpalardı itibarğa alıp, tómendegilerdi anıqlaymız:

$$U_L = \eta \omega_0 L I = \frac{\eta Q}{\sqrt{1 + Q^2 (\eta - 1/\eta)^2}} U = \frac{\eta Q}{\sqrt{1 + Q^2 \alpha^2}} \cdot U;$$

$$U_c = \frac{1}{\eta \omega_0 C} I = \frac{Q}{\eta \sqrt{1 + Q^2 (\eta - 1/\eta)^2}} \cdot U = \frac{Q}{\eta \sqrt{1 + Q^2 \alpha^2}} U,$$

Bunda $\alpha = (\eta - 1/\eta)$ – konturda rezonansdan alıslaw dárejesin kórsetiwshi parametr. Onı basqasha ańlatıw da múmkin:

$$\xi = (\omega^2 - \omega_0^2) / \omega^2 = \alpha / \eta = \alpha \omega_0 / \omega.$$

Rezonas penen funksiyaları $U_L = f(\omega)$ hám $U_c = f(\omega)$ 13. 5, a-su'wretde keltirilgen. Birinshisi (eger $Q > 1/\sqrt{2}$ bolsa) ga salıstırǵanda joqarılaw chastotada maksimumga erisedi, sebebi ω ańlatpanıń súwretinde jaylasqan, ekinshisi - ω_0 den quyiroq chastotada maksimumga erisedi, sebebi ω ańlatpanıń bóliminde jaylasqan. Bul chastotalardıń bahaların usı funksiyalar maksimumlari arqalı anıqlaw múmkin:

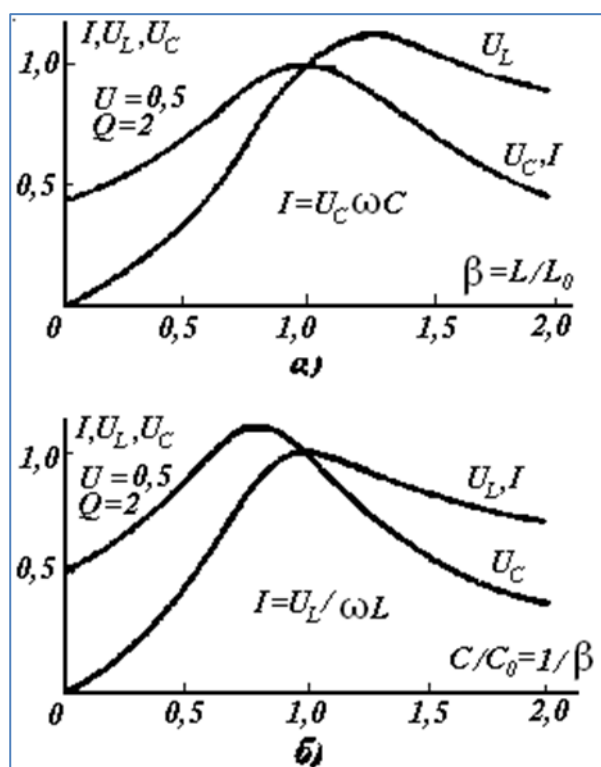
$$\eta_L = \frac{1}{\sqrt{1 - 1/2Q^2}}; \quad \eta_c = \sqrt{1 - 1/2Q^2},$$

bunda η_L hám η_c – bahalar maksimumiga uyqas penenkeliwshi salıstırmalı chastotalar.

Bul kernewlerdiń maksimal bahaları birdey hám tómendegishe anıqlanadı :

$$U_{LMakc} = U_{CMakc} = \frac{Q}{\sqrt{1 - 1/4Q^2}} \cdot U.$$

Bul teńliklerden tómendegiler málim boladı. Hasıllıqtıń ma`nisi $Q > 5$ bolǵanda rezonans penenchastotalar () de U_L hám U_C funksiyalar maksimumlarını 1% anıqlıq menen $Q \cdot U$ ga teń dep qabıllaw múmkin.



13. 5.-su'wret.

13. 5, b-suwretde sıyımlılıq kernewiniń $U_C / U = f(\eta)$ chastota menen baylanısıwı ulıwmalastırılǵan koor-dinatalarda keltirilgen. Hasıllıqtıń ma`nisi $Q > 1/\sqrt{2}$ bolǵanda chastota artıwı menen U_C aldın artıwı eken; kishi túplıqlarda bolsa chastota artpaqtası menen U_C mudamı azayıp barar eken.

Bunda keltirilgen analiz hám, atap aytqanda, joqarıdaǵı forma daǵı teńlemeler quramında L , R , C bolǵan ekvivalent konturlardı esaplaw ushın qollanıwı múmkin, biraq olardaǵı energiya shayqalıwı hám sarıplanıwı basqa fizikalıq processler retinde kóрилиwı múmkin.

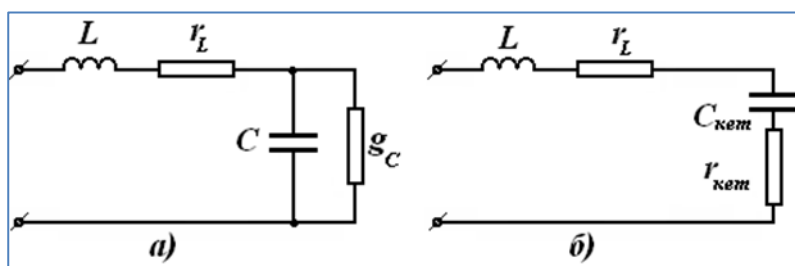
Rezonansda ólshewleri. Joqarıda kórsetilgeninen, izbe-iz jalǵanǵan konturdıń sıyımlılıqı yamasa induktivligi bahaların ózgartirip rezonans penenprocesine sazlaw múmkin. Bunday sazlaw nátiyjesinde U_{Lmax} yamasa U_{Cmax} xolatları shepke yamasa ońǵa jılısıwı múmkin. Sebebi L hám S penen bahalar baylanısıwlarıń quramında bar.

13. 5, a-suwretde teńlikler járdeminde qurılǵan - induktivlik ózgergandagi (yaǵnıy $L = \text{var}$ bolǵanda) gi hám de 13. 5, b-suwretde kondensatordıń sıyımlılıqı

özgergende (yaғnıy $S = \text{var}$ bolғanda) g i, U_c , U_L dıń ózgerisleri keltirilgen; bunda qalğan parametrlar ózgermeytuǵın.

Funksiyalar maksimumlarining sezilerli jılısıwı tek túplıqtıń kishi bahalaridagina ko'rilada, mısalı 13. 5, a hám b-su'wretler $Q=2$ ushın qurılğan; bunnan tısqari, rezonans penenprocesiniń ózi de tómén ekenligi kózge taslanadı. Q dıń úlken bahalarında, mısalı $Q>10$ bolғanda U_L hám larning jılısıwları 1% ga da jetpeydi.

Parallel hám izbe-iz almastırıw sxemalarınıń óz-ara ekvivalentligi. Ápiwayılastırılğan xolatda real induktivlikdagi energiyanıń sóniwi túte ótkeriwshilerindegi aktiv qarmaqtasılıq r_L dıń bar ekenligi menen tusintiriledi. Usınıń sebebinen induktiv túte ornına izbe-iz jalǵanǵan eki elementler L hám R qabıl etiledi. Kondensator daǵı energiyanıń sóniwi bolsa, plastinkalar arasındaǵı izolyatsiya rawajlanıw emesligi nátiyjesinde ótkezgishlik bar ekenligi menen tusintiriledi. Bunda, bul g_c ótkezgishlik sıyımlılıq S menen parallel jalǵanǵan dep esaplanadı. Quwat ısırapı ámeldegi bolǵan túte hám kondensatorlar izbe-iz jalǵanǵanda (13. 6, a-su'wret) sxemasın ekvivalent izbe-iz almastırılğan sxema retinde (13. 6, b-su'wret) keltiriw qolaylı esaplanadı:



13. 6 -súwret.

ol jaǵdayda $r_{ket} = g_c / (g_c^2 + \omega^2 S^2)$

hám $S_{ket} = (g_c^2 + \omega^2 S^2) / \omega^2 S$

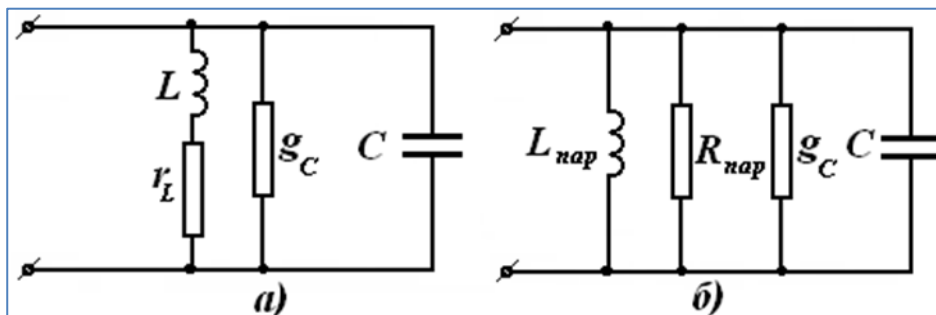
Keyingi ańlatpalarda S penenhám g_c kondensatordıń parallel jalǵanǵan almastırıw sxemasına (13. 6, a-su'wret) sáykes keledi. S_{ket} hám r_{ket} - izbe-iz almastırıw sxemasına sáykes keledi (13. 6, b-su'wret). Itibar bersak, g_c qanshalar kishi bolsa, r_{ket} shunchalar kishi bolıwı kózge taslanadı.

Induktivlik g 'altagi parametrlarin de qálegen izbe-iz jalǵanǵan (L hám r_L) yamasa parallel jalǵanǵan dep shama menen oylaıp alıwımız múmkin; keyingi xolatda:

$R_{par} = (\omega^2 L^2 + r_L^2) / r_L$ hám $L_{par} = (\omega^2 L^2 + r_L^2) / \omega^2 L$.

Soǵan itibar beriw zárúrki, r_L qanshalar kishi bolsa, R_{par} shunchalar úlken boladı. Túte parametriniń naǵız ózinday ekvivalent almastırıw sxeması onı sıyımlılıqlar

menen parallel baylanıstırǵanda qóllawǵa qolay esaplanadı (13. 7, a hám b-su'wretler).



13. 7.-su'wret.

Induktivlik hám kondensatorlar túplıqları. Keltirilgen 13. 7, a hám 13. 7, b-su'wretler degi sxemalardı salıstırıwlap, hasıllıq azayıwınıń sebebi túte hám kondensator daǵı energiya ısırapı nátiyjesi ekenligin kóriw múmkin.

Haqıyqattan da, túplıqtıń ańlatpasın analiz etip onı tómendegi formaǵa keltirsek:

$$1/Q = r/\omega L = rL/\omega L + r_{ket}/\omega L,$$

hár bir elementtiń oǵan tásirin ánsatǵana bahalaw múmkin. Biraq rezonansda bolǵanı ushın, keyingi teńlikti tómendegishe jazıw múmkin:, bunda hám

Anıqlanǵan QL hám Qc (san bahaları) túte hám kondensatordıń hasıllıqları dep ataladı. Ayan, hasıllıqlar almasıwıw sxemasınıń basqa parametrleri arqalı da ańlatılıwı múmkin:

$$QL = R_{par}/\omega L_{par}; \quad 1/QC = g_c/\omega S_{ket};$$

Chastotaǵa baylanıslı bolǵan L, R, C parametrli shınjırda rezonans. Bunday shınjırlarda rezonans penenparallel hám izbe-iz jalǵanǵan konturlarda bolıwı múmkin. Biraq, kontur tiykarǵı parametrleriniń chastotaǵa baylanıslılıǵı, joqarıda kórilgen parametrleri ózgermeytuǵın shınjırlar daǵı rezonansni ańlatıwshı tiykarǵı baylanısıwlardı tupten ózgerip jiberedi. Olarǵa uqsas, shınjırdıń barlıq jańa qásiyetleri chastotalıq xarakteristikalar tikkeley kiritilgen teńlemelerdi analiz qılıw nátiyjesinde ánsatǵana keltirip shıǵaradı.

Áwele, sonı xabar beriw kerek, tok hám kernewdiń chastotaǵa baylanıslılıǵı ushın joqarıda keltirip shıǵarılǵan birpara ańlatpalardı bul jaǵday ushın ulıwma qollap bolmaydı; misalı, rezonans penenchastotası hám hasıllıqtı rezonans penenxarakteristikasınıń keńligi boyınsha anıqlawdı qollap bolmaydı. Kerisinshe, chastotanı ózgeriwsiz qaldırıp hám sıyımlılıqtıń berilgen ma`nisin ózgeritiw menen aldın keltirip shıǵarılǵan ańlatpalardan paydalanıp, o'lchangan U_c/U_{Smax} bahalar

járdeminde hasıllıqtı da, konturdıń induktivligini $L()$ da anıqlaw múmkin. Chastotanıń hár túrlı bahaları ushın sonday ólshewlerdi ámelge asırıp Q hám L yamasa R hám L bahalardıń chastotaǵa baylanıslılıǵın anıqlaw múmkin. Soǵan uqsas ólshewlerdi $S()$ li kondensator ushın da orınlaw múmkin.

Juwmaqlawshı juwmaqlar.

1. Real elementlerdiń chastotalıq xarakteristikaların analiz qılıwda, biz olar quramında ózgermeytuǵın L , R , C bolǵan eki polyuslıqlar ámeldegi dep oyda sawlelendiriw etdik. Kóplegen jaǵdaylarda bul usıl chastotanıń málim diapazonında real eki polyuslıqtıń xarakteristikaları menen sáykes keledi. Biraq, barlıq jaǵdaylarda da bunday uqsatishlarnı tek $Y(j)$ funksiyanı sheklengen kóp hadlik menen shártli almasırw dep qaraw múmkin. Geyde $Y(j)$ xarakteristikalar dı transsendent funksiylar dep qabıl etiledi. Bunday funksiyanı dárejeli qatarǵa yoyıb, bir neshe birinshi hadlari menen qánaatlanıp, sheklengen sanlı L , R , C ga iye bolǵan elektr shınjırın anıqlaw múmkin; bunda, álbette, shınjır chastotalıq xarakteristikaları sheklengen diapazonda bul qatar hadlariga sáykes keledi, dep qaraladı.

Qadaǵalaw ushın sorawlar

1. Real elementlerdiń chastotalıq xarakteristikaları haqqında túsiniq berin.
2. Kernew rezonansi degenimiz ne?