

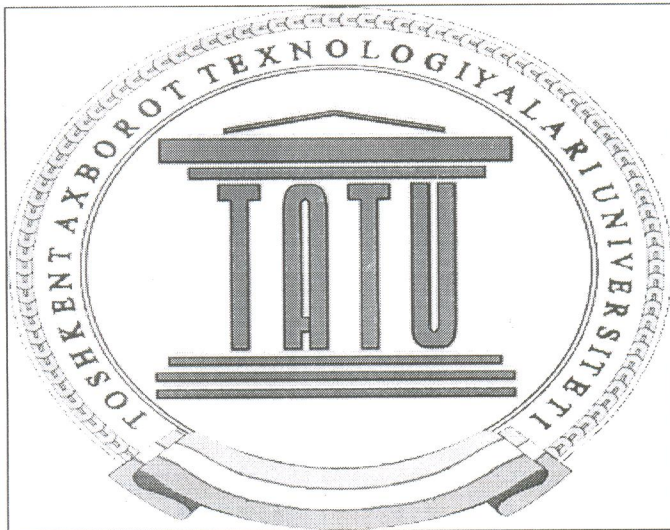
**O'ZBEKISTAN RESPUBLIKASI BAYLANIS INFORMATSIYALASTIRIW
HA'M TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI
MA'MLEKETLIK KOMITETI**

**TASHKENT INFORMATSIYALIQ TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI NO'KIS
FILIYALI "TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI" KAFEDRASI**

**"Kompyuter injiniringi" fakulteti 2^A - Telekommunikatsiya bag'dari student
Turkmenbaev Nurbektin'**

"Elektr shinjirlari teoriyasi" pa'ninen

KURS JUMISI



Orinlagan:

Turkmenbaev N

Qabillag'an

Allamuratova Z.

*TEMA: GARMONIKALIQ TASIRDEGI
SIZIQLI ELEKTR SHINJIRLARI.*

REJE:

I. Kirisiw.

II. Teoryaliq bo'lim

- ❖ O'zgermeli tok shinjirlarinin' uliwma xarakteristikasi.*
- ❖ Garmonikaliq ta'sir astindag'i siziqli RL ha'm RC shinjirlari.*
- ❖ Quramali garmonikaliq toklar.*

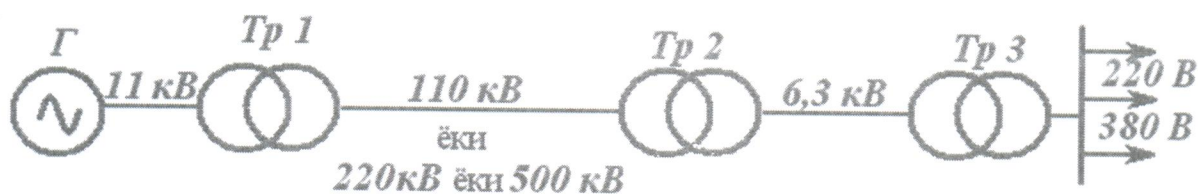
III. A'meliy bo'lim

- ❖ Garmonikaliq ta'sir astindag'i siziqli RL ha'm RC shinjirlarin lobaratoryaliq uyreniw.*
- ❖ Garmonikaliq ta'sirdegi a'piwayi elektr shinjirlarin esaplaw .*
- ❖ Juwmaqlaw.*

KIRISIW

O'zgermeli toktin' qollaniliwi, bir ta'repten, o'tip atirg'an protseslerdin' quramalasiwina alip kelgen bolsa, ekinshi ta'repten, elektr shinjirlarinin' o'nimdarli islewine jan'a imkaniyatlar jaratti. 1831 jilda Faradeydin' turaqli tok generatori ha'm motorin jaratiwi bunnan keyingi 50-60 jillar dawaminda sanaattin' keskin rawajlaniwina ta'sir ko'rsete almadi.

Elektr shinjirlari teoriyasi pa'ninin' tiykarin qurag'an elektromagnit induktsiyasi nizamini' ashiliwi, o'zgermeli toklardan payda bolatug'in o'zgermeli magnit maydaninin' elektr qozg'awshi ku'shlerin induktivlewini ha'diyselelerinin' ashiliwi, 1889 jilda o'zgermeli elektr generatorlari, motorlari ha'm transformatorlari jaratiwg'a alip keldi. Sol sebepli, o'zgermeli tok ha'mde kernew ma'nislerin jen'il usil menen transformatsiyalaw, elektr energiyasin uzaq araliqlarg'a uzatiw imkaniyatini jaratti, onin' sanaatta ken' qollaniliwina sebep boldi. Bunda transformatorlar du'zilisini' a'piwayilig'i, olardin' islewinin' isenimliliigi, paydali jumis koeffitsientini' joqari da'rejede ekenligi sheshiwshi a'hmiyetke iye boldi. Sol sebepli elektr energiyasin uzatiw sistemalarinda kernewdin' ma'nisin bir neshe ese o'zgertiw mu'mkin. Ma'selen 4.3-su'wrette keltirilgen sistema sxemasini a'piwayi halat dep qaraw mu'mkin: *G*-generator elektr energiyasin bir kernewde islep shig'aradi [ma'selen 11 *kV.*, bunda ha'm bunnan keyingi an'latpalarda kernewdin' ta'sir etiwshi ma'nisi amplituda ma'nisinen $\sqrt{2}$ ma'rte kem etip aling'an)]; bul kernew birinshi transformator (Tr1) 110 *kV.* (yaki 220 *kV.* yaki 500 *kV.*) qa shekem arttiriladi, tok bolsa sonsha ma'rte pa'seytiriledi; bunda sol toktin' kishi mug'dari uzaq araliqlarg'a liniyalar ja'rdeminde uzatiladi. Tr2ge kelip kernew 10,3 yaki 6,6 *kV.*qa shekem pa'seytiriledi, tok sonsha ma'rte ko'beytiriledi ha'm qalaliq kabel liniyalari arqali tarqatiladi; son' u'shinshi transformator Tr3 ten energiya paydalaniwshig'a kishi kernew (0,4 *kV* yaki 380/220 *V.*)de jetkiziledi. Keltirilgen sxemadag'i joqari kernewli uzatiw liniyalarinda toktin' ma'nisi energiyani qabil qiliwshi paydalaniwshilardag'ig'a salistirg'anda 500-1000 ma'rte kishirek boladi, Joul-Lents nizami tiykarinda liniyalardag'i quwatliliq sarpi toktin' kvadratina proporsional ra'wishte pa'seytirilip, paydalaniwshig'a jetkiziledi. Bul misaldan transformatordin' ekonomikalig' o'nimdarlig'i qanshelli joqari ekenligi ko'rinip turipti.



1-su'wret

Bul sxemada elektr energetika sistemasi ju'da' a'piwayi halatta keltirilgen: bar bolg'an elektr liniyalarinin' ko'plep tarmaqlari, onlap-ju'zlep generatorlardin' o'z-ara baylanislari keltirilmegen, ha'm t.b. Negizinde transformatorlar sani u'shewden ko'birek boladi, en' joqari kernew bolsa magistral elektr tarmaqlarinda 220 yaki 500 kV boliwi mu'mkin. Orayliq Aziya ma'mleketlerinde bunday liniyalardin' uliwma uzunlig'i min'lap kilometrdi quraydi.

O'zgermeli tok jiyiligi. Evropa ha'm Aziya ma'mleketleri energetika sistemalarinda standart shastota $f = 50 \text{ Gts}$, $\omega = 2\pi \cdot f = 314 \text{ c}^{-1}$, Arqa Amerikada bolsa $f = 60 \text{ Gts}$, $\omega = 2\pi \cdot f = 367 \text{ c}^{-1}$ qabil etilgen.

Bolardan kishirek jiylikler arnawli jiyilikli basqariliwshi elektromexanikaliq u'skenelerde qollaniladi.

Dawislar jiyliklerinin' diapazoni 20 Gts.ten 20 kGts.ke shekem boladi. Radiotexnikada a'piwayi qabil qiliwshi radiolardin' jiylikleri 150 kGts ten 12 MGts.ke shekem araliqta boladi. Ju'da' joqari shastota (j.j.sh.) texnikasinda bir neshe min'lap megagerts (gigagerts)li jiylikler qollaniladi. J.j.sh. texnikasinin' rawajlaniwi radiolokatsiyanin' jaratiliwina alip keldi. Keyinirek bul jiylikler baylanistin' ha'r qiyli tu'rlerinde, fizikaliq baqlawlar texnikasinda ha'm eksperimentlerde qollanila basladi. Bolar qatarina radioastronomiya, elektron texnikasi, a'sirese, molekulyar elektronika kiredi.

O'zgermeli tok generatorlari. Sanaatta ha'm u'y xojalig'inda qollanilatug'in o'zgermeli tok ko'pshilik aylanba ha'reketli mexanikaliq energiyani elektr energiyasina aylandiriwshi elektr mashinalar-generatorlar (turbogeneratorlar yaki gidrogeneratorlar) ja'rdeminde alinadi. Bunda genaratorlardin' sxematik islewi to'mende keltiriledi. Joqari jiyliklerdi payda etiw ushin tiykarinan yarim o'tkizgishli generatorlar qollaniladi. J.j.sh. texnikasin toliq u'yreniw elektr shinjirlari teoriyasi pa'nine kirmeydi. Soni aytiw za'ru'r, elektr shinjirlari uliwma teoriyasinin' ko'pshilik tu'siniklari j.j.sh. texnikasinda da o'z sa'wlesin tapqan.

Ko'pshilik jag'daylarda garmonikaliq o'zgerip atirg'an elektr ha'm magnit ma'nisler usi signal dereklerinde payda boladi (mikrofonlar, astronomiyaliq ob'ektler).

Basqa signallardi qabil etiwde tek «shawqim» (pomexa) sipatinda qaraliwshi ko'pg'ana derekler bar: radio qabilindag'i ha'm baylanistag'i atsa'ykesferadag'i razryadlar.

O'zgermeli tokli elektr generatori qozg'almaytug'in stator ha'm aylaniwshi rotordan ibarat. Ko'pshilik, rotorda elektromagnitler jaylastiriladi. Elektromagnitler o'zek (polos)lerden ha'm olarg'a jaylastirilg'an qozg'altiw oramlarinan ibarat.

Qozg'altiw oramlarina kontakt shen'berleri ha'm shshetkalar arqali turaqli tok dereginen tok uzatiladi. Na'tiyjede rotor o'zekleri arqa (N) ha'm qubla (S) poloslerdi payda etedi. Stator o'zegi 0,35-0,5mm qalin'liqtag'i elektrotexnikaliq polat bo'leklerinen shtamplab shixtovka etilgen bolip, ishki tsilindrlik maydaninda stator oramlarin (s.o.) jaylastiriw ushin mo'lsherlengen paz (kanalsha)lar da bar. S.sh. o'z-ara izbe-iz jalg'anadi. S.sh.nin' bir o'tkizgishinde induktivlenetug'in EQK tin' ma'nisi $e = Blv$, bunda V -stator ha'm rotor maydanlari arasindag'i hawa aralig'i magnit ag'iminin' radial qurawshisi; ℓ – o'tkizgishtin' aktiv uzunlig'i; v – rotor maydaninin' siziqli tezligi. Bul elektr mashinasinda ℓ ha'm v ma'nisleri turaqli bolg'anlig'i ushin EQK tin' waqit boyinsha o'zgeriwi o'tkizgish astindag'i hawa aralig'i magnit induktsiyasinin' ma'nisine uqsas boladi. Sinusoidal EQK ti payda etiw ushin (ko'pshilik sog'an qollanadi), magnit induktsiyasi V nin'n stator shen'beri boylap bo'listirilgenligi sinusoidal ma'niske jaqin boliwi ta'miynlenedi. Rotordin' bir ma'rte aylaniwina EQK tin' r toliq da'wiri sa'ykes keledi, bunda r -rotordin' jup polosleri sani. Eger rotor 1 minutta p ma'rte aylansa, usi waqit kernewdin' pr da'wirine sa'ykes keledi, demek shastota $f = pn/60$ Gts.ke ten' boladi. Turbogeneratordag'i rotor polosleri sani $r=1$ bolsa, $f=50$ Gts boliwi ushin, rotor tezligi $p=3000$ ayl/min boliwi za'ru'r. Iri elektr stantsiyalar generatorlarinin' 150-800 MVt . qa shekem bolg'an quwatliliqlari ushin stator oramlarindag'i kernew amplitudasi bir neshe on min' $Volt$, toginin' amplitudasi bir neshe on min' $Amper$ boladi.

O'ZGERMELI TOK SHINJIRLARININ' ULIWMA XAREKTERISTIKASI

O'zgermeli tok, yag'niy waqitqa baylanisli ra'wishte o'zgeretug'in tok $i(t)$ haqqinda aytqanda, onin' menen baylanisli bolg'an ha'm elektr shinjirin xarakterlewshi: kernew $u(t)$, zaryad $q(t)$, magnit ag'imi $F(t)$ ha'm basqa ma'nislardin' de waqit boyinsha sonday o'zgeriwi na'zerde tutiladi. Olar o'zgermeli bolg'anlig'i ushin ($df/dt \neq 0$, yag'niy tuwindilari nolge ten' bolmag'anlig'i sebepli) induktivliklerde kernewler payda boladi, kondensatorli bo'limshelerden bolsa toklar ag'ip o'tedi (turaqli toklardag'i menen salistirin').

Periodli emes ha'm periodli o'zgermeli ma'nislər. Eger 2,a-suwrettegi sxemada r - L shinjirdi kernewi E bolg'an turaqli EQK deregine « K » gilt penen jalg'ansa, ondag'i tok ma'nisi $i=const$ bolaman degenshe $i(t)$ o'zgermeli (2,b-suwret) aperiodik o'siwshi periodli emes boladi. Eger usi shinjir giltin (2,v-suwret) T period penen t_1 waqit aralig'inda jalg'ap, t_2 waqit aralig'inda uzip turilsa, periodli sinusoidal emes $i(t)$ togi (2,g-suwret) payda boladi. Bunday misallardi ko'plep keltiriv mumkin. Biz ekinshi misaldag'i siyaqli, to'mendegi

$$f(t) = f(t+T), \quad (1)$$

$T=const$ sha'rtti orinlawshi periodli o'zgeretug'in ma'nislardi ko'riw menen sheklenemiz.

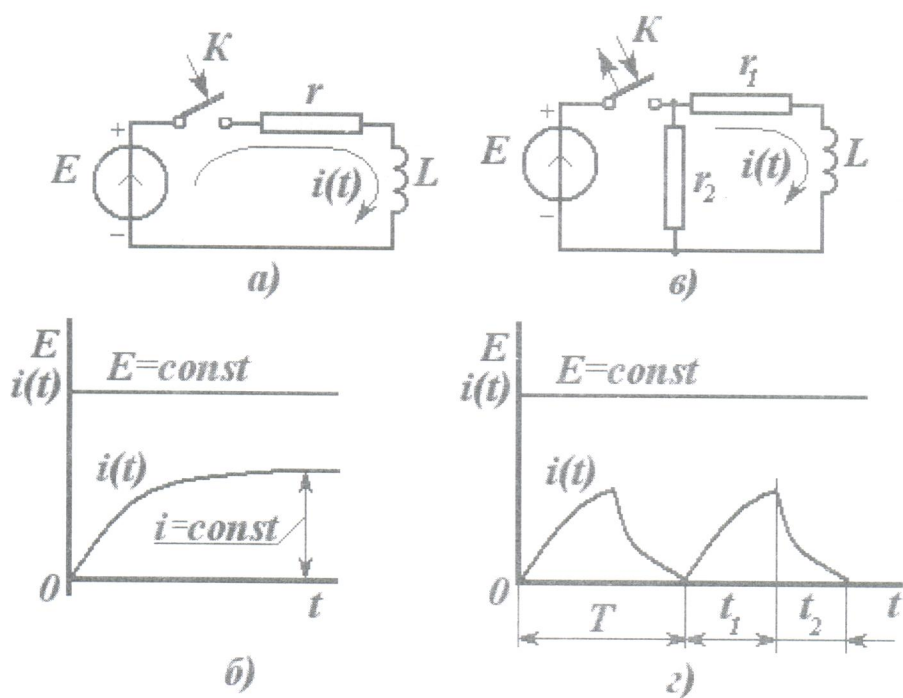
Bul (1) ten'lik soni an'latadi, ko'rilip atirg'an ma'nistin' periodli o'zgeriwi ha'r T waqit aralig'inda (2,g, 3-suwretler) ta'kirarlanip turadi; bunda T -period dep ataladi. Period T g'a keri ma'nis, yag'niy waqit birligi (1 sekund)tag'i periodlar sani bolsa

$$f = 1/T \quad (2)$$

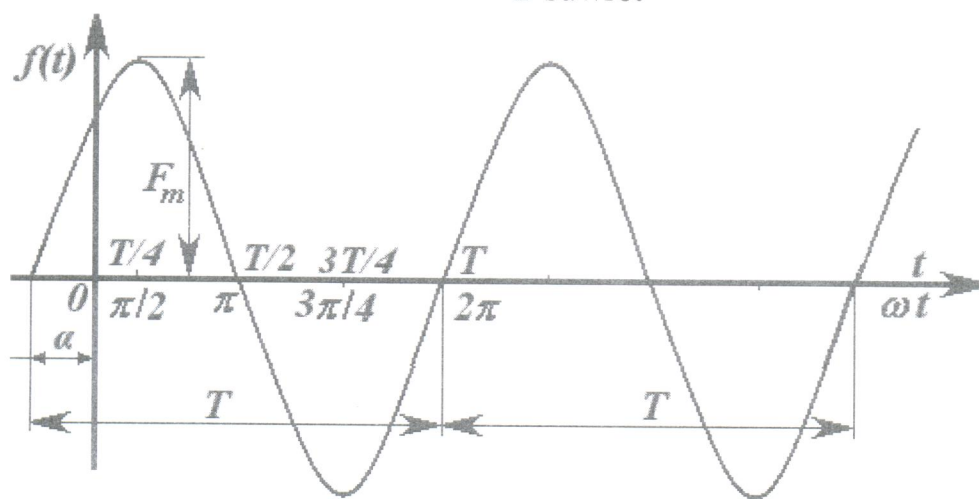
Jiyilik (*shastota*) dep ataladi. Jiyilik Gerts(Gts) birliginde o'lshenedi. Elektr tarmag'i kernewinin' standart jiyiligi $f=50$ Gts.ke sol kernewdin' ha'r $T=0,02$ s.ta bir ma'rte o'zgeriwi sa'ykes keledi. Bunda a'piwayi garmonikaliq terbelisler – sinusoidal (yaki sinusoidal emes) o'zgeriwshi ma'nislardi ko'remiz (3-suwret)

$$f(t) = F_m \sin(\omega t + \alpha) \equiv F_m \cos(\omega t + \alpha - \pi/2), \quad (3)$$

bunda $f(t)$ - bir zamattag'i ma'nis; F_m - amplituda; ω - muyeshlik jiyilik;
 $\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2}$ - radian yaki gradusta an'latilg'an fazalar parqi; α ; $\alpha - \frac{\pi}{2}$ - baslang'ish
 faza.



2-suwret



3-suwret

Jiyilikleri ten' bolg'an garmonikaliq funktsiyalar jiyindisi, za'rur bolg'anda, usi jiyilikli garmonikaliq funktsiya formasinda an'latiliwi mumkin; onin' amplituda ha'm fazalari, hesh bolmag'anda, a'piwayi trigonometriyalik o'zgerisler ja'rdeminde an'latiliwi mumkin:

$$F_{m1} \sin(\omega t + \alpha_1) + F_{m2} \sin(\omega t + \alpha_2) = F_m \sin(\omega t + \alpha),$$

Bunda

$$F_m = \sqrt{(F_{m1} \sin \alpha_1 + F_{m2} \sin \alpha_2)^2 + (F_{m1} \cos \alpha_1 + F_{m2} \cos \alpha_2)^2};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_{m1} \sin \alpha_1 + F_{m2} \sin \alpha_2}{F_{m1} \cos \alpha_1 + F_{m2} \cos \alpha_2} \quad (4)$$

O'zgermeli tok shinjirinda o'lshevwler

Voltmetr ha'm ampermetrler. Sanaat jiyilikli tok, kernew ha'm quwatliliqlardi o'lshewde strelkali ampermetr, voltmetr ha'm vattmetrler ken' qollaniladi. Ko'pshilik jag'daylarda olardin' ko'rsetkishleri ta'sir etiwshi (effektiv) ma'nislerde da'rejelengen boladi.

O'lshew asbaplarinin' islew printsiipi eki tokli o'tkizgishtin' o'z-ara mexanikaliq (elektrodinamik) ta'sir, yaki eki zarayadlang'an elektrodlar (elektrostatik) ta'sir etiwine tiykarlang'an; o'lshenip atirg'an tok yaki kernewler kvadratlarinin' ortasha ma'nislerine proporsional bolg'an kushti ko'rsetedi. Bul a'sbaplar o'lshenip atirg'an ma'nis (kernew yaki tok)tin' qanday nizamda o'zgeriwine qaramastan, ta'sir etiwshi (effektiv) ma'nislerdi ko'rsetedi.

Bir qansha a'piwayираq bolg'an elektromagnit sistemasindag'i a'sbaplar ken' qollaniladi. Olar ferromagnit o'zektin' tokli katushka ishine tartiliwina tiykarlang'an: bunda mexanikaliq kushtin' ma'nisi toktin' bag'itina baylanisli bolmaydi. Biraq, olardin' aniqlig'i joqari emes. Basqa turdegi a'sbaplardan da paydalaniladi. Ma'selen, keyingi jillarda ekspluatatsiyag'a ma'nislerdi tsifrlarda ko'rsetiwshi a'sbaplar kirip keldi. TSifrlar kiriwshi (o'lsheniwshi) ma'nisti

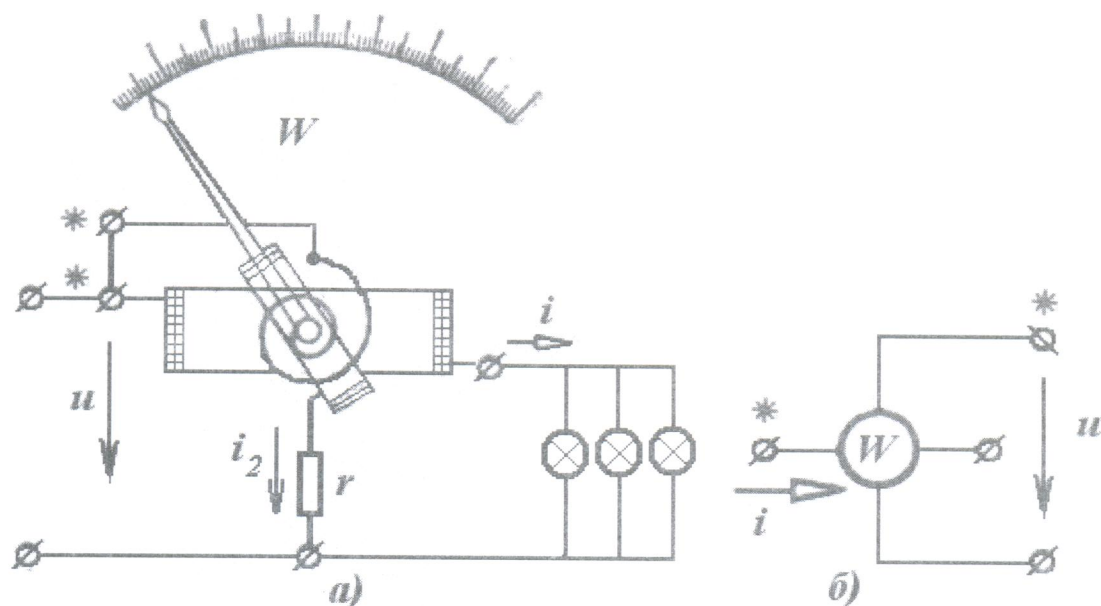
quramali, biraq aniq bolg'an elektron o'zgerisler natijesinde payda etiledi. O'zi jazatug'in a'sbaplar da ken' qollaniladi.

Ayirim o'zgermeli tok a'sbaplarin turaqli tok shinjirlarinda da qollaniliw mumkin: transformator yaki kondensator arqali jalg'ang'an a'sbaplar, elektron lampali ha'm basqa o'zgermeli tok shinjirlari ushin qollanilatug'in a'sbaplar turaqli tok shinjirlari ushin sa'ykes kelmeydi. Turaqli tok shinjirlari ushin mo'lsheirlengen, ko'rsetkishleri bolsa tok bag'itina baylanisli bolg'an a'sbaplardi da o'zgermeli toklar ushin qollawg'a bolmaydi: biraq, olardi tuwirlawshi a'sbaplar (detektor) arqali o'lshep qollaniw mumkin; bunda o'lshew a'sbabi shinjirinda bir bag'ittag'i tok ag'ip o'tedi.

Ostsillograflardi qollanip, o'zgermeli toktin' waqit boyinsha o'zgeriw protsesin aniq ko'riw mumkin.

Elektr shinjirlarinda voltmetr sheksiz ulken ishki qarsiliqqa iye, ampermetr bolsa-sheksiz ulken o'tkiziwshen'likke iye dep esaplanadi. O'lshew a'sbaplarinin' real qarsiliqlari esapqa aliniwi za'rur bolg'anda, sxemanin' o'zinde bul haqqinda o'z aldina tusindiriledi.

Vattmetr. Elektrodinamikaliq vattmetrdin' sxematik duzilisi 4,a-suwrette keltirilgen. qozg'almas katushkanin' i togi og'an proporsional bolg'an V induktsiyani payda etedi; ko'rsetkish (strelka)ke bekkemlengen qozg'aliwshan' katushka induktsiya V ha'm qozg'aliwshan' katushka togi i_2 g'a proporsional bolg'an T aylaniwshan' moment ta'sirinde boladi: $T=k_1 \cdot B \cdot i_2$, bunda k_1 -proporsionalliq koeffitsenti. Biraq induktsiya V shinjirdag'i tok i ha'm $i_2=u/r$ g'a proporsional (r - qozg'aliwshan' shinjirg'a jalg'ang'an ulken qarsiliq; u -o'lshep atirg'an shinjirdag'i kernew). Sonin' ushin $T=k \cdot u \cdot i$. Bizge belgili, momenttin' belgisi i ha'm i_2 tokleri bag'itlarina baylanisli. Toklar bag'itlari sxemada ko'rsetilgen bag'itlar menen sa'ykes kelgende, moment on', yag'niy



ko'rsetkish (strelka) on' ta'repke buriladi.

4-suwret

O'zgermeli tokta, o'lshew sistemasi inertsionlig'i sebepli, onin' buriliwi momenttin' ortasha ma'nisine proporsional. Tok $i = I_m \sin \omega t$ ha'm kernewi $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ ushin

$$T = k \overline{u i} = k U I \cos \varphi$$

Ko'rsetkishtin' buriliwi T g'a proporsional. Vattmetrdin' shkalasi sonday etip da'rejelenedi, onda eger tok ha'm kernew garmonikaliq bolg'anda, ko'rsetkish tok, kernewdin' effektiv ma'nisleri xa'mde $\cos \varphi$ ko'beymelerin ko'rsetedi:

$$P_w = UI \cos \varphi.$$

Bunda tok ha'm kernewdin' belgili bag'itta boliwlari ko'zde tutilg'an: tok bag'iti on', eger a'sbaptin' (+) yaki (*) menen belgilengen qisqishlarina (4,a-suwret) kirse, kernew on', eger a'sbaptin' (+) yaki (*) penen belgilangan qisqishlarina kernewdin' salistirmali ulkenirek potentsiali jalg'ang'an bolsa. Eger yaki kernew, yaki tok shinjirlaridan birinin' jalg'aniwi almastirilsa, ortasha quwatlilik belgisi o'zgeredi; eger ha'm kernew, ha'm tok shinjirlari o'zgertirilse, quwatlilik belgisi o'zgermeydi.

Sxemalarda vattmetrdin' jalg'aniwi, ko'pshilik, 4,b-suwrettegidey ko'rsetiledi.

Quraminda R, C bolg'an shinjirdan o'zgermeli tok

Kondensatorda zaryadlaniv ha'm razryadlaniv protsesi. O'zgermeli kernew deregi u kondensator S g'a jalg'anip, tuwiq kontur payda etse, shinjirdan o'zgermeli tok i ag'ip o'tedi. Misal ushin, o'zgermeli kernew generatorg'a kabel tarmag'i jalg'ang'anin ko'reyik. Tarmaqtin' izolyatsiyalang'an o'tkizgishleri arasinda elektr maydani payda boladi, o'tkizgishlerde bolsa artiqsha zaryadlar toplami payda boladi: potentsiali

joqariraq bolg'an o'tkizgishte on' zaryadli q ha'm to'menireginde - teris zaryadli $-q$. Bunda zaryadtin' ma'nisi siyimplilik ha'm kernewdin' ko'beymesine ten':

$$q = Cu_s = Su.$$

Kondensator elektr maydani energiyasinin' o'zgeriwi

$$w = w_{\mathcal{C}} = \frac{Cu^2}{2} = \frac{qu}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (5)$$

generator ha'm zaryadlanip atirg'an kondensator arasindag'i *energiya almasiwi* menen baylanisli. Generatordan ha'r bir zamatta uzatilip atirg'an quwatlilik, yag'niy onin' bir zamattag'i ma'nisi tok ha'm kernewler bir zamattag'i ma'nislerinin' ko'beymesine ten':

$$p = ui = dw_{\mathcal{C}} / dt. \quad (6)$$

Quwatliliqtin' joqarida keltirilgen ixtiyariy baylanislarinan soni ko'riw mumkin, ol kernew jiyiliginan eki ma'rte ulken bolg'an shastata menen o'zgeredi eken:

$$p = u \cdot i = -C\omega U_m^2 \cos \omega t \cdot \sin \omega t = -\frac{CU_m^2}{2} \omega \cdot \sin 2\omega t. \quad (7)$$

L ha'm r shinjirda o'zgermeli tok

Eki o'tkizgishli l uzunliqtig'i, uzunliq birliginin' qarsilig'i r_0 ha'm induktivligi L_0 bolg'an hawa liniyasini ko'reyik. Liniya basinda generator jag'angan, aqirinda bolsa qisqa tutasqan bolsin. Bunday liniya qarsilig'i $r = r_0 \cdot l$, induktivligi $L = L_0 \cdot l$ g'a ten' bolg'an izbe-iz r ha'm L shinjirdin' o'zgermeli tok generatorina jalg'ang'an sxemasini an'latadi.

Eger liniyadan $i = I_m \sin \omega t$ togi ag'ip o'tip atirg'an bolsa, onda generatordin' kernewi to'mendegishe

$$u = u_r + u_L = ir + L di/dt \quad (8)$$

yaki

$$u = I_m \cdot r \cdot \sin \omega t + I_m \cdot L \cdot \omega \cdot \sin(\omega t + \pi/2) \quad (9)$$

boladi.

Eki garmonikaliq funktsiyanin' jiyindisi ushin joqarida keltirilgen trigonometriyalik o'zgartiwlerdi qollanip, generator kernewi

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi),$$

ha'm amplitudasi

$$U_m = I_m \sqrt{r^2 + (\omega L)^2} \quad (10)$$

boladi.

Kernewdin' fazasi toktan φ muyeshke ilgerilep ketedi, bunda

$$\operatorname{tg} \varphi = \omega L / r. \quad (11)$$

Quwatliliq. Generatordan shinjirg'a uzatilip atirg'an quwatliliqtin' bir zamattag'i ma'nisi tok ha'm kernewler bir zamattag'i ma'nislerinin' ko'beymesine ten':

$$p = u \cdot i = U_m \sin(\omega t + \varphi) \cdot I_m \sin \omega t = \frac{1}{2} U_m I_m [\cos \varphi - \cos(2\omega t + \varphi)]. \quad (4.30)$$

Bu ten'likтин' on' ta'repinen sol belgili boladi, quwatliliqtin' quraminda turaqli qurawshisi bar eken. Onin' ma'nisi bolsa ortasha quwatliliqqa ten':

$$P = \frac{1}{2} U_m I_m \cos \varphi = UI \cos \varphi. \quad (12)$$

Bul baylanisti kernew ha'm tokleri arasindag'i fazalar parqi φ g'a ten' bolg'an barliq shinjir quwatliliqlari ushin qollaw mumkin.

4.5 L, r, C - konturda o'zgermeli tok. Rezonans

Quraminda induktivlik (L) menen birga siyimliliq (C) bolg'an o'zgermeli tok shinjirlarin uyreniw o'zgeshe qizig'iw oyatadi, sebebi L ha'm C elementleri terbelmeli kontur payda etedi: siyimliliqtag'i energiya $w_C = Cu^2_C / 2$ kemeyiw momentinde, induktivlik katushkadag'i energiyanin' $w_m = Li^2 / 2$ tap sonday artiwın ko'remiz, periodtin' keyingi yariminda bul protsess kerisine o'zgeredi. Aldinnan zaryadlang'an kondensatorli $L-C$ kontur (5, a-suwret) ideallastirilg'an - israpisiz ($r=0$) bolsa, gilt jalg'ang'annan son' «so'nbes» terbelisler payda boladi. Suwrette tan'lang'an on' tok bag'iti kondensatoridin' razryadlaniwina sa'ykes keledi, sonin' ushin

$$i = -C du_C / dt. \quad (13)$$

Biraq KKK tiykarinda, ixtiyariy tan'lap aling'an onda kondensatordagi kernew (u_S) mug'dari induktivliktegi (u_L) kernewgea ten' boliwi sha'rt $u_S = u_L = L di/dt$; sonin' ushin tokti (13)tegi u_S arqali an'latsaq, to'mendegini aniqlaymiz:

$$u_C = -LC \frac{d^2 u_C}{dt^2}. \quad (14)$$

Bul ten'lemege to'mendegi garmonikalik funktsiya sa'ykes keledi

$$u_C = U_0 \cos \omega_0 t, \quad (15)$$

bunda U_0 - kondensatordin' baslang'ish waqit ushin kernewinin' ma'nisi $U_C(0) = U_0$.

$$U_0 \cos \omega_0 t = LC \omega_0^2 U_0 \cos \omega_0 t,$$

bunnan sol belgili boladi, quwatlilik isra-5-suwret

bi bolmag'an shinjirdagi erkin garmonikalik terbelistin' jeke muyesh jiyiligi to'mendegishe aniqlanadi:

$$\omega_0^2 LC = 1 \text{ yaki } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (16)$$

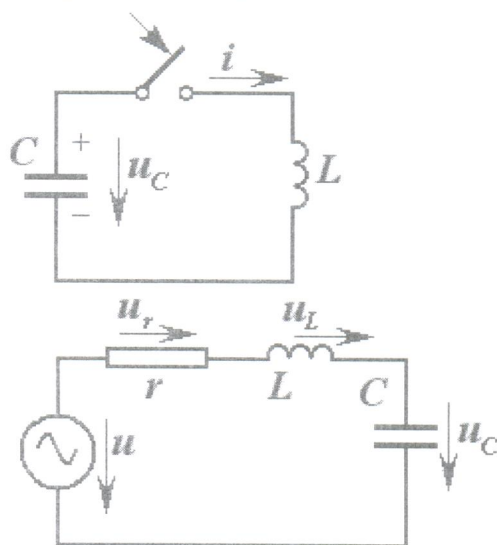
Real shinjirlarda aktiv qarsiliq bar ($r \neq 0$) bolip, sarplanip atirg'an energiya sarpi bolg'ani sebepli, terbelisler so'niwshen' boladi. Quraminda L , r , C bolg'an izbe-iz jalg'ang'an kontur, ω jiyilikli garmonikalik kernew deregine jalg'ang'an; kernew jiyiligi ω konturdin' jeke jiyiligi ω_0 g'a ten' bolg'an $\omega = \omega_0$ (rezonans) halatin (5,b-suwret) ko'reyik. Bunda L ha'm C elementlerde, joqarida keltirilgenindey, terbelisler payda boladi; r qarsiliqtag'i energiya sarpi bolsa derekten kelip atirg'an energiya esabinan kompensatsiyalanadi.

Konturda $\omega = \omega_0$ (yag'niy, $\omega^2 LC = 1$ yaki $\omega L = 1/\omega C$) bolg'anda, induktivlik ha'm siyimlilik tag'i kernew ha'mme waqit bir-birin kompensatsiyalaydi, sol sebepli derektin' ha'mme kernewi qarsiliq r g'a qoyilg'an boladi, yag'niy $u = u_r$. Bul jag'daydi shinjirdin' uliwma ten'lemesinen ko'riw mumkin:

$$u = u_L + u_r + u_C = L \frac{di}{dt} + ri + U_C. \quad (17)$$

5,b-suwrettegi shinjirda tok $i = C du_C / dt$, sebebi joqarida saylang'an tok tin' on' bag'itinda tok kondensatordi zaryadlaydi ha'm onin' kernewin ko'beytedi.

(17) ten'lemenin' on' ta'repindegi ma'nislardi kondensator kernewi arqali an'latsaq, to'mendegi ten'lemenin' payda etemiz:



$$u = LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + RC \frac{du_c}{dt} + u_c. \quad (18)$$

Siyimliliqtin' kernewin $u_c = U_{cm} \cos \omega t$ dep alip ten'lemeni differentsiallasaq, to'mendegi sheshimlerde alamiz:

$$\left. \begin{aligned} u_L &= -LC \omega^2 U_{cm} \cos \omega t; \\ u_r &= -r \omega C U_{cm} \sin \omega t. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

KKQ muwapiq, derek kernewi ush elementtin' kernewlerinin' jiyindisina ten':

$$u = U_m \cos(\omega t + \beta) = U_{cm} (1 - LC \omega^2) \cos \omega t - U_{cm} r \omega C \sin \omega t. \quad (20)$$

Rezonans bolg'anda $U_L + U_C = 0$, yag'niy $1 - LC \omega^2 = 0$ bolg'ani ushin derektin' kernewi qarsiliq r tag'i kernewge ten':

$$u = u_r = -U_{cm} r \omega C \cdot \sin \omega t. \quad (21)$$

Sol sebepli, kondensatordag'i kernewdin' amplitudasi menen derek kernewinin' amplitudasi to'mendegi baylanista boladi:

$$U_m = U_{cm} \cdot r \cdot \omega \cdot C. \quad (22)$$

Bul an'latpadan radiotexnikanin' tiykari bolg'an sonday a'jayip juwmaqqa kelinesi: $r \omega C$ nin' ma'nisi birden kishi (yag'niy $r \omega C < 1$) bolg'anda kondensatordag'i kernew amplitudasi derek kernewinin' amplitudasidan bir nesha ma'rte, ayirim waqitlarda onlap, juzlep ma'rte ulken boladi.

Terbelis sistemasinda terbeliwshi kush jiyiligi jeke shastotag'a ten' bolg'andag'i ($\omega = \omega_0$) terbelistin' bir qa'lipke juda' ulken amplitudalarg'a shekem (rezonans) asip bariwin a'piwayi a'tko'nshek misalinda ha'r birimiz ko'rgenbiz. Aldin, kishi kush ta'sirinde terbelmeli sistema ten'salmaqliliq halatinan azg'ana awisiwi ko'riledi. Periodli bolg'an kush (jeke shastota menen bir taktte) ta'sirinde terbelisler amplitudasi artip baradi. Rezonans sistemalari amplitudalarinin' artip bariwi tap sonday kishi kushler ta'sirinin' jiyinaliw protsesine uqsas boladi.

2.3. Quramali garmonikaliq toklar

Quramali garmonikaliq funktsiyanin' juda' a'hmiyetli turlerinen biri - amplitudasi garmonikaliq nizamliliqta modulyatsiyalanatug'in garmonikaliq terbelisler esaplanadi, ma'selen $u = U_0(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t$, bunda m - modulyatsiya ken'ligi (ko'binshe, $m < 1$); ω - tiykarg'i yaki uzatiwshi jiyilik, $\Omega \ll \omega$ - modulyatsiya jiyiligi. Modulyatsiyalanip atirg'an terbelisler amplitudasi o'zgeriwinin' nizami modulyatsiyalanip atirg'an signal turine baylanisli. A'piwayi garmonikaliq modulyatsiyalanip atirg'an (2,1g-suwret) signal

$$c(t) = mU_0 \cos \Omega t \quad (2.2)$$

baylanistag'i ha'm 8.4,d-suwrette sa'wlelengen modulyatsiyalang'an terbelis payda boladi.

Joqari jiyilikli modulyatsiyalang'an signallardin' a'hmiyeti biybaha, sebebi olar tuwirlang'annan (detektorlang'annan) son' da'l modulyatsiyalang'an signal payda etiledi (2.3,g-suwret). Radio ha'm televidenie baylanislarinin' ha'mmesi modulyatsiyalang'an joqari jiyilikli signallardi uzatiwg'a tiykarlang'an.

Sonisi itibarg'a ilayiq, amplitudalari garmonikaliq modulyatsiyalang'an a'piwayi terbelisler (2.4) bolg'anda, barliq garmonikaliq qurawshilardi aniqlaw

juda' an'sat. Haqiqattanda, $\cos \alpha \cos b = \frac{1}{2}[(\cos(\alpha + b) + \cos(\alpha - b))]$ ten'likten paydalanip (2.3)ti to'mendegi halg'a keltiremiz:

$$u = U_0 \cos \omega t + \frac{1}{2} m U_0 \cos(\omega - \Omega)t + \frac{1}{2} m U_0 \cos(\omega + \Omega)t. \quad (2.4)$$

Solay etip, garmonikaliq modulyatsiyalang'an amplitudali garmonikaliq terbelisler quraminda ush garmonikaliq qurawshilari bar eken, yag'niy ω tiykarg'i (yaki uzatiwshi) jiyilikli ha'm eki shegaraliq $(\omega - \Omega)$ ha'm $\omega + \Omega$ jiyilikli.

Sinusoidal emes tokli siziqli shinjirlardi esaplaw

Esaplawdin' tiykarg'i usillari. Tek siziqli shinjirlardi g'ana esaplaw ushin mo'lsherlengen superpozitsiya usilinan paydalanip ha'r bir garmonika ushin bo'lek esaplardi alip barip, son' na'tiyjelerdi qosiw mumkin.

Quramali garmonikaliq ta'sirge shinjir reaksiyasinin' spektral qurawshilarin aniqlaw za'rur bolg'an halatlarda esaplawdin' bunday usili ken' tarqalg'an. Periodli ta'sir joqari garmonikalardin' ulken spektrina iye bolsa (tuften sinusoidal emes ta'sir) ha'm esaplaw ha'mde analizde, natek ta'sirdin' spektral quramin aniqlaw za'rur bolsa, ba'lkim onin' waqitqa salistirg'anda funktsional baylanisin da aniqlaw za'rur bolg'an halatlarda, tuften sinusoidal emes ta'sir ten'lemelerin sheshiwge mo'lsheirlengen esaplaw usillari qollaniladi. Ko'binese superpozitsiya usilin qollawg'a tiykarlang'an sheshimler ko'riledi.

Aytayiq, kernewdin' bir zamattag'i ma'nisi

$$u(t) = U_0 + \sum_n \sqrt{2} U_n \sin(n \omega_1 t + \beta_n) \quad (2.5)$$

yaki kompleks formadag'i onin' spektral qurami belgili bolsin:

$$\dot{U}(jn\omega_1) = \dot{U}_n = U_n \angle \beta_n, \quad (2.6)$$

yag'niy ha'r bir jiyiligi $n\omega_1$ bolg'an n -garmonikanin' kompleks kernewleri a'lim bolsin.

Meyli, ko'rilip atirg'an kernew, kompleks qarsiliqlari qa'legen jiyilik $n\omega_1$ ushin aldinnan ma'lim bolg'an

$$Z(jn\omega_1) = Z_n = z_n \angle \varphi_n \quad (2.7)$$

Bo'limshege uzatilip atirg'an bolsin.

Bunday halat ushin toktin' barliq garmonikaliq qurawshilarin aniqlaw mumkin:

$$\dot{I}_n = I_n \angle \alpha_n = \dot{U}_n / Z_n = (U_n / z_n) \angle \beta_n. \quad (2.8)$$

Barliq garmonikalardin' bir zamattag'i ma'nislerin qosiw na'tiyjesinde izlenip atirg'an toktin' bir zamattag'i ma'nisin aniqlaw mumkin:

$$i(t) = I_0 + \operatorname{Im} \sum_n \sqrt{2} \dot{I}_n e^{jn\omega_1 t} \quad (2.9)$$

yaki

$$i(t) = I_0 + \sum_n \sqrt{2} \cdot I_n \sin(n \omega_1 t + \alpha_n), \quad (8.10)$$

bunda I_0 - ma'nisi $n=0$ ge sa'ykes keletug'in turaqli qurawshi.

Eger qarsiliq jiyilikke baylanisli bolsa, toktin' spektral qurami ha'm oni xarakterlewshi iymek siziq $i(t)$ kernewdin' spektral qurami ha'm oni xarakterlewshi $u(t)$ iymek sizig'ingan tuften parqlaniwi mumkin.

Sinusoidal emes tokli shinjirda induktivlik ha'm siyimliligi. Induktiv reaktiv qarsilig'i jiyilikke (garmonika nomerine) proportsional ra'wishte artadi:

$$X_{L_n} = n\omega_1 L. \quad (2.11)$$

Sonin' ushin, toktag'i joqari garmonikalardin' salistirmali qurami jalg'ang'an kernewdikinen kemireq. Siyimliligiqtin' reaktiv qarsilig'i bolsa, kerisinshe, jiyilikke (garmonika nomerine) kerii proportsional:

$$X_{C_n} = 1/n\omega_1 C. \quad (2.12)$$

Kondensatordag'i o'tkiziwshen'lik garmonika nomerine proportsional artadi. Eger kondensatordag'i kernew joqari garmonikalarg'a iye bolsa, olardin' tok quramindag'i ta'siri ulkenireq boladi.

Eger L , C , M quramali baylanista bolsa, sinusoidal emes tokti aniqlaw ushin, tek qarsiliqtin' haqiyqiy ha'm jormal bo'leklerin yaki onin' modulin, aytayiq, tiykarg'i jiyilik ushin biliw za'rur bolip qalmastan, ba'lkim a'l'bette (8.7) de ko'rsetilgenindey, bul qarsiliqtin' jiyilikke baylanislilig'inin' toliq an'latpasin, yag'niy $Z(jn\omega_1)$ di biliw za'rur.

2.1-misal. Izbe-iz jalg'ang'an r , L , C shinjirdin' (2.3-suwret) kiriw kernewi u_{Kir} ha'm shig'isindag'i kernew u_S bolsa, shinjirdin' m_1/m_2 qatnasin salistirin'. Bunda kontur aslligi $Q=500$; uzatiwshi jiyilik $1,6MGts$ ($\omega_1 = 2\pi \cdot 1,6 \cdot 10^6 c^{-1}$), dawis jiyiligi $250\Gamma y$, ($\Omega_1 = 2\pi \cdot 250 c^{-1}$) — ko'pshilik unli dawislar jiyiligi; $5,5K\Gamma y$, ($\Omega_2 = 2\pi \cdot 5,5 \cdot 10^3 c^{-1}$) — unsizler, anig'irag'i S, SH ha'ripleri siyaqli hushtaksimom unsiz dawislar.

Sheshiw. Meyli, shinjirdin' kiriw bo'liminde modulyatsiya shuqirlig'i bul eki jiyilik ushin birdey $(m_1/m_2)_{kup} = 1$ va $(m_1/m_2)_{shiq}$ di aniqlaw talap etilsin. Bunin' ushin U_{C1}/U_{C2} qatnas ma'nislerin eki joqari $(1,6 \cdot 10^6 + 250)$ ha'm $1,6 \cdot 10^6 + 5,5 \cdot 10^3$) ha'mde to'mengi $(1,6 \cdot 10^6 + 250)$ ha'm $1,6 \cdot 10^6 - 5,5 \cdot 10^3$) shegaraliq jiyiliklerde [(8.4)ti de qaran'] de aniqlaw kerek.

Joqari shegaraliq jiyilikler ushin:

$$\left(\frac{m_1}{m_2}\right)_{kup} = \frac{U_{C1}}{U_{C2}} = \frac{\eta_2 \sqrt{1+(Q\alpha_2)^2}}{\eta_1 \sqrt{1+(Q\alpha_1)^2}},$$

sebebi

$$\eta_1 = (1,6 \cdot 10^6 + 250)/1,6 \cdot 10^6 \approx 1; \alpha_1 \approx 0;$$

$$\eta_2 = (1,6 \cdot 10^6 + 5,5 \cdot 10^3) / 1,6 \cdot 10^6 = 1 + 0,0034; \alpha_2 = 0,0068; Q\alpha_2 = 0,34,$$

bolg'ani ushin $((m_1 / m_2)_{\text{yuk}} \approx 1,08$.

Sog'an uqsas na'tiyjeler qalg'an shegaraliq jiyilikler ushin da aniqlanadi. Bunday o'zgeris, derlik sezilersiz.

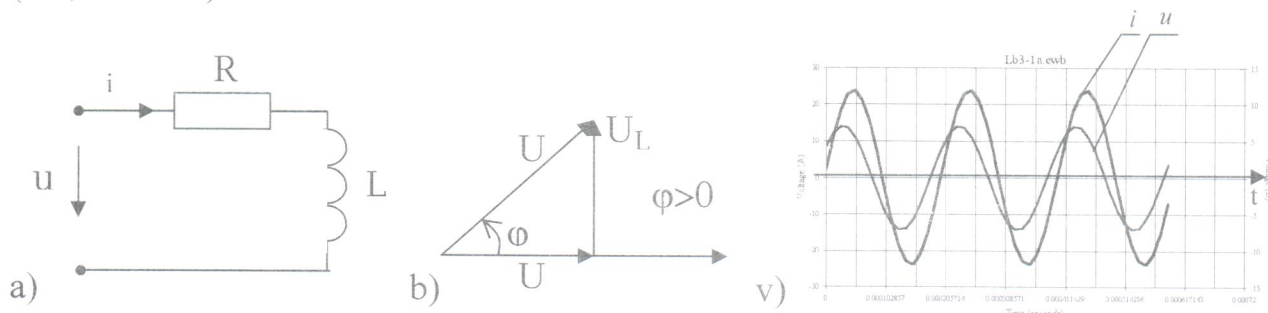
Endi, uzatiw jiyiligi 10 ma'rte kishi, yag'niy -160 kGts(bul radio tolqini diapazoninda): qalg'an sha'rtler ha'mmesi alding'iday. Bunday halatta

$$\eta_1 \approx 1; \eta_2 = 1,034; \alpha_2 = 0,068; Q\alpha_2 = 3,4; (m_1 / m_2)_{\text{yuk}} = 3,54.$$

Endi bunday o'zgeris sezilerli bolip tabiladi.

3.1 Garmonikaliq ta'sir astindag'i RL ha'm RC shinjirlarin uyreniw

Uliwma jag'dayda RL shinjir kiriwindegi kernew to'mendegishe (3.1,a-suwret).



3.1-suwret.a) RL shinjirinin'sxemasi, b) vektorliq diagrammasi, v) kiriwdegi tok penen kernewdin' birzamattag'I ma'nislerinin' o'zgeriwi.

$$u = u_e + u_l = Ri + L \frac{di}{dt}. \quad (3.1)$$

Toktin'sinusoidal ko'rinisi:

$$i = I_m \sin \omega t. \quad (3.2)$$

SESHda (3.1,a-suwret) qarsiliq ha'm induktivliktegi kernew RL sinusoidal nizam boyinsha o'zgeredi:

$$u_R = Ri = RI_m \sin \omega t = U_{Rm} \sin \omega t, \quad (3.3)$$

$$u_L = L \frac{di}{dt} = \omega LI_m \cos \omega t = U_{Lm} \cos \omega t = U_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ). \quad (3.4)$$

Bizlerge belgili, U_R qarsiliqtag'i u_R kernew i tok fazasi menen sa'ykes, al U_L induktivliktegi kernew I toktan fazasi 90° aldinda juredi (3.1,b-suwret). RL shinjirdag'i tok penen kernewdin' vektor diagrammalari 3.1, b-suwrette keltirilgen.

RL shinjir kiriwindegi kernew sinusoidal nizam boyinsha o'zgeredi:

$$u = U_{Rm} \sin \omega t + U_{Lm} \cos \omega t = U_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (3.5)$$

bul jerde

$$U_{Rm} = RI_m \quad (3.6)$$

– R qarsiliqtag’i kernew amplitudasi

$$U_{Lm} = \omega LI_m = X_L I_m - \quad (3.7)$$

- L induktivliktegi kernew amplitudasi

$$U_m = \sqrt{U_{Rm}^2 + U_{Lm}^2} - \quad (3.8)$$

-RL shinjir kiriwindegi kernew amplitudasi.

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = \arctg \frac{\omega L}{R} = \arctg \frac{X_L}{R} = \arctg \frac{U_{Lm}}{U_{Rm}} - \quad (3.9)$$

-RL shinjir kiriwinde u kernew ha’m i tok arasindag’i fazalar ayirmasi.

(3.6)-(3.8) ten’lemelerinin’ on’ ha’m shep ta’replerin $\sqrt{2}$ ge bo’lip, kernewdin’ ta’sir etiw ma’nisleri ushin sa’ykes ma’nislerin alamiz:

$$U_R = RI; \quad U_L = \omega LI = X_L I; \quad U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}. \quad (3.10)$$

bul jerde $X_L = \omega L$ — induktiv qarsiliq.

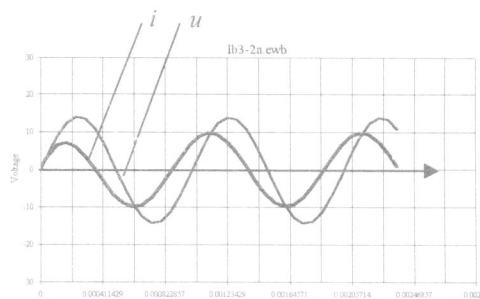
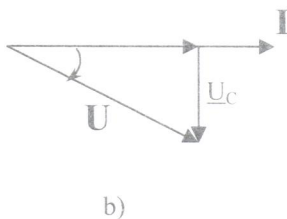
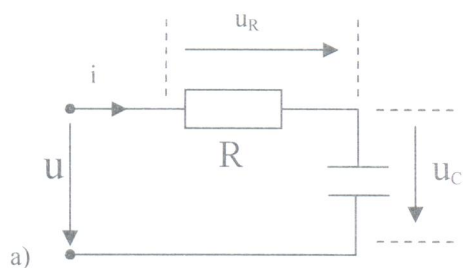
Eger RL shinjir kiriwinde (3.1, a-suwret) tok emes (3.2) al garmonikalik kernew $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ berilgen bolsa, bul shinjirdag’i toktin’ effektiv ma’nisi to’mendegishe aniqlanadi:

$$I = I(\omega) = U / \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \quad (3.11)$$

Qarsiliq ha’m induktiv toktin’ effektiv ma’nisleri to’mendegishe aniqlanadi.

$$U_R = U_R(\omega) = RI(\omega) = UR/Z = UR / \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \quad (3.12)$$

$$U_L = U_L(\omega) = X_L I(\omega) = UX_L/Z = U\omega L / \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}. \quad (3.13)$$



(3.2-suwret) a) RC shinjir, b) tok ha'm kernewlerdin' vektor diagrammalari, v) RC shinjir kiriwindegi tok ha'm kernewlerdin' waqit diagrammalari.

(3.2,a-suwret) RC shinjir kiriwindegi kernew to'mendegishe formula arqali beriledi:

$$u = u_R + u_C = Ri + \frac{1}{C} \int idt. \quad (3.14)$$

Sinusoidal tokta (3.2) siyimliligi ha'm qarsiliq kernewleri sinusoidal nizam boyinsha o'zgeredi:

$$u_R = Ri = RI_m \sin \omega t = U_{Rm} \sin \omega t; \quad (3.15)$$

$$u_C = \frac{1}{C} \int idt = -\frac{1}{\omega C} I_m \cos \omega t = U_{cm} \sin(\omega t - 90^\circ). \quad (3.16)$$

u_R qarsiliq kernewi i tok penen fazasi ta'repinen sa'ykes keledi, u_C siyimliligi kernewi bolsa, i toktan fazasi boyinsha 90° arqada qaladi. (3.2,b-suwret) RC shinjirinda tok penen kernewdin' vektor diagrammalari 3.2,b-suwrette keltirilgen. RC shinjirinin' kiriwindegi kernew:

$$u = U_{Rm} \sin \omega t - U_{sm} \cos \omega t = U_m \sin(\omega t - \varphi), \quad (3.17)$$

buljerde,

$$U_{sm} = \frac{1}{\omega C} I_m = X_C I_m \quad (3.18)$$

-siyimliligi tag'i kernew amplitudasi;

$$U_m = \sqrt{U_{Rm}^2 + U_{cm}^2} \quad (3.19)$$

-RC shinjir kiriwindegi kernew amplitudasi ;

$$\varphi = -\arctan I / \omega CR = -\arctan X_C / R = -\arctan (U_{cm} / U_{Rm}) \quad (3.20)$$

- u kiriwshi kernew ha'm i tok arasindag'i fazalar ayirmasi.

(3.18), (3.19) ten'lemelerinin' on' ha'm shep ta'replerin $\sqrt{2}$ - ge bo'lip, kernewdin' ta'sir ma'nisleri ushin sa'ykes an'latpalarin keltirip shig'aramiz:

$$U_R = RI; \quad U_C = (1/\omega C)I = X_C I; \quad U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}. \quad (3.21)$$

Buljerde $x_C = 1/\omega C$ - siyimliligi qarsiliq.

Eger RC shinjir kiriwinde (3.2, a-suwret) tok emes (3.2), al garmonikalıq kernew $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$, berilgen bolsa, bul shinjirdag'I toktin' effektiv ma'nisleri to'mendegi formulalar boyınsha tabiladi:

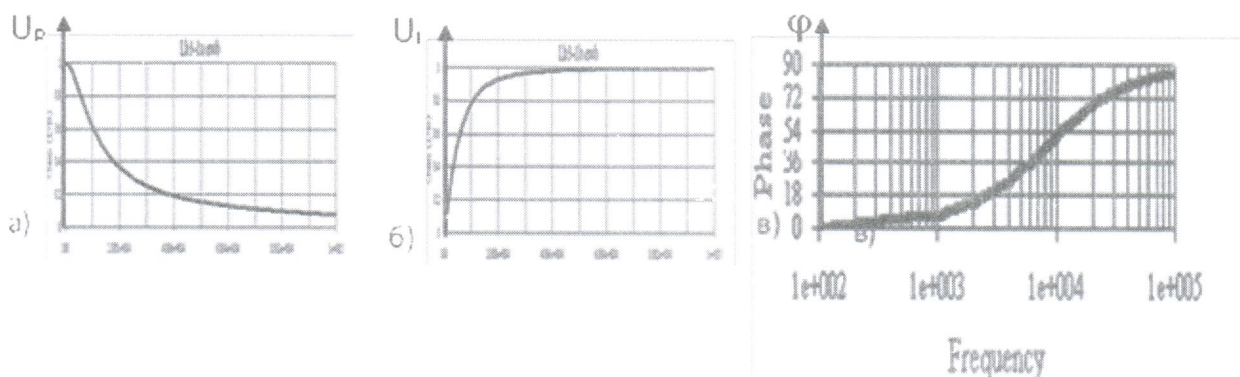
$$I = I(\omega) = U/Z = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}}, \quad (3.22)$$

Siyimlılıq ha'm qarsiliqtag'i kernewdin' effektiv ma'nisleri sa'ykes ra'wishte to'mendegishe aniqlanadi:

$$U_R = U_R(\omega) = UR/Z = UR/\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}; \quad (3.23)$$

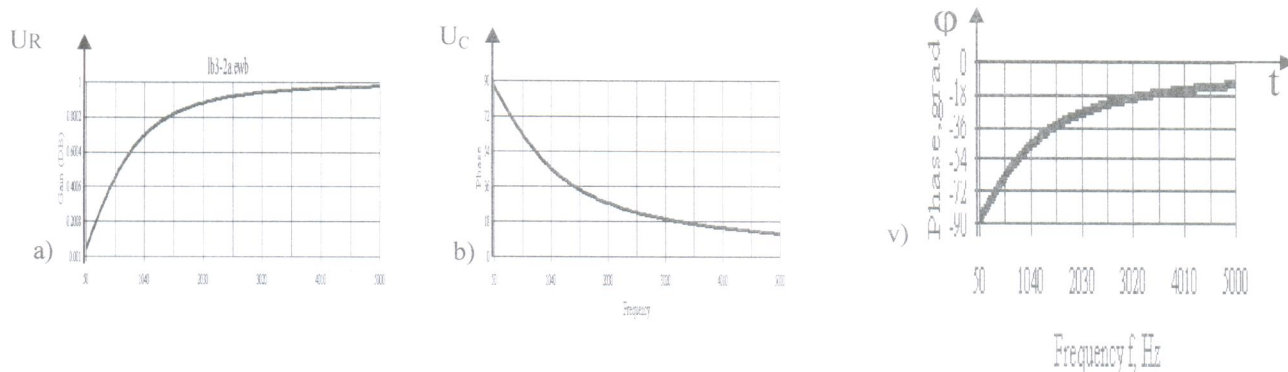
$$U_S = U_S(\omega) = U(1/\omega C)/\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}. \quad (3.24)$$

3.3-suwrette RL shinjir elementlerindeki ta'sir ma'nisleri u_B , u_L din' baylanis grafikleri (3.1, a-suwret) ha'm tok penen kernew arasındag'i fazalar ayirmasinin' $\varphi = \psi_u - \psi_i$ jiyilik baylanisi ko'rsetilgen.



3.3-suwret. RL shinjir ushin $U_R(\omega)$, $U_L(\omega)$ ha'm $\varphi(\omega)$ g'a'rezlilikleri.

3.4-suwrette RC shinjir elementlerindeki U_R , U ta'sir ma'nislerinin' g'a'rezlilik grafikleri ha'm tok penen kernew arasındag'I fazalar ayirmasinin' $\varphi = \psi_u - \psi_c$ jiyilikten g'a'rezliligi ko'rsetilgen.



3.4-suwret. RC shinjir ushin $U_R(\omega)$, $U_C(\omega)$ ha'm $\varphi(\omega)$ g'a'rezlilikleri.

Eki sxema (3.1,a-suwret ha'm 3.2,a-suwret) ushin aktiv R, reaktiv Q ha'm toliq quwatlilik S to'mendegishe aniqlanadi:

$$P=RI^2=UI \cos \varphi, \text{ Vt;} \quad (3.25)$$

$$Q=XL^2=UI \sin \varphi, \text{ var,} \quad (3.26)$$

$$S=ZI^2=UI, \text{ VA.} \quad (3.27)$$

RL shinjir ushin (3.26) formuladag'i reaktiv qarsiliq:

$$X=X_L=\omega L. \quad (3.28)$$

RC shinjir ushin reaktiv qarsiliq:

$$X=-X_C=-1/\omega C, \quad (3.29)$$

Bul jerde $\omega=2\pi f$ —muyeshlik jiyilik.

1. Da'slepki esaplawlar

Variant boyinsha RL yaki RC shinjirlardin' (3.1,a-suwret, 3.2,a-suwret) parametrleri 3.1-kestede keltirilgen.

3.1-keste

Variant №	L, mGn	S, nF
I	10	110
2	15	100

$R=1 \text{ k Om}$ ha'm shinjir kiriwindegi sinusoidal kernewdin' ta'sir ma'nisleri $U=10 \text{ V}$ bolg'anda RL shinjir ushin induktiv kernewi U_L ha'm qarsiliq kernewi U_R lardi (3.12), (3.13) an'latpalar boyinsha

$$f=(0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,4) f_r, \quad (3.30)$$

jiyiliklerde esaplan', bul jerde $f_r=R/2\pi L$ — induktiv qarsiliq rezistor qarsilig'ina ten' bolg'an jiyilik ($R=X_L=\omega L=2\pi fL$). u kernew menen i tok arasindag'i fazalar ayirmasi (3.9) boyinsha esaplanadi.

RC- shinjir ushin (3.2,a-suwret) u_s siyimlilik kernewi ha'm U_R qarsiliq kernewdin' ta'sir ma'nisleri (3.23), (3.24) formulalari boyinsha (3.30) jiyilikte esaplanadi.

Bul jerde $f_r = 1/2\pi RC$ - kondensatordin' siyimliligi qarsilig'I rezistor qarsilig'ina teng bolgan jiyilik:

$$X_C = R = 1/(\omega C) = 1/(2\pi f C).$$

Tok penen kernew arasindag'I fazalar ayirmasi (3.17) an'latpa arqali aniqlanadi. Ha'r turli jiyiliklerde U_R , U_L , U_C , ϕ lardi esaplaw na'tiyjeleri 3.2-kestege kiritiledi.

3.2-keste

Da'slepki esaplaw ha'm ta'jiriybe na'tiyjeleri

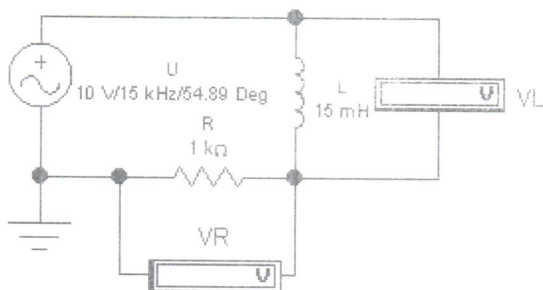
f	f, kGts	Da'slepki esaplaw				Ta'jiriybe na'tiyjeleri			
		U_R , V	U_L , V	U_C , V	ϕ , grad	U_R , V	U_L , V	U_C , V	ϕ , Grad
0,2 f _r		9,802	1,96	9,8	-79	9,802	1,986	9,801	-78,66

Da'slepki esaplawlar na'tiyjeleri boyinsha kernewdin' jiyilikke g'a'ezlilik grafiklerin (jiyilik xarakteristikalarin) 3.3 ha'm 3.4-suwretlerde $U_R(f)$, $U_L(f)$, $U_C(f)$, i $\phi(f)$ keltirilgen xarakteristikalar'ga analog ko'rinishinde sizin'.

2. Jumisti orinlaw ta'rtibi.

2.1. (3.1,a-suwret) RL shinjirlarin tekseriw

Electronics Workbench sistemasi yuklenedi ha'm Lab_TEC papka ashladi. Lb3_1 fayli yuklenedi ha'm jeke kompyuter monitor displeyinde 3.5-suwrette keltirilgen sxema payda boladi.

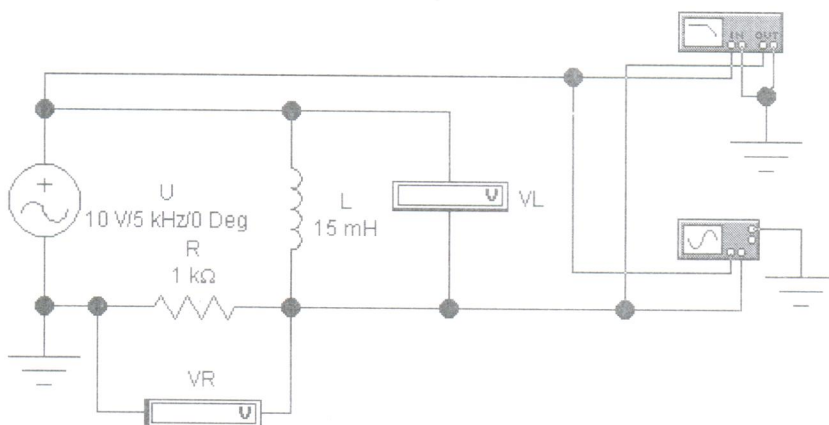


3.5-suwret. RL shinjirin tekseriw sxemasi.

Talap etilgen variant boyinsha (3.1-kestege qaran'), RL yaki RC shinjir elementlerinin' parametrleri qaytadan ornatiladi, yag'niy da'slepki esaplawda paydalanilg'an shinjir parametrleri ornatiladi. Elementler parametrlarin qayta ornatiw ushin tishqanshanin' on' tuymesi menen elementler suwretleri ustine eki ma'rte shertiledi, son' ashilg'an aynada element parametrlarinin' talap etilgen

shamasi o'rnatiladi ha'm tishqansha ja'rdeminde «OK» tuymesi basiladi (o'rnatiladi).

Generatorda talap etilgen jiylilkti o'rnatip, qarsiliqqa, induktivlikke (siyimlilikqa) parallel jalg'ang'an voltmetr ko'rsetkishlerin jazip alin'. Barliq jiyliliklerdegi o'lshew na'tiyjelerin 3.2-kesteg'e kiritin'. RL shinjir kiriwindegi u kernew menen i tok arasindag'i fazalar ayirmasin o'lshew ushin Lb3_2 fayli iske tusiriledi, na'tiyjede monitor ekraninda 3.6-suwrette keltirilgen sxema payda boladi.



3.6-suwret. $u(t)$ ha'm $u_R(t)$ bir zamattag'i ma'nisleri ha'm $\varphi(f)$ ti o'lshew ushin sxema.

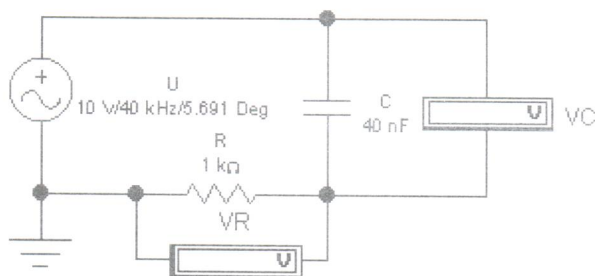
Tishqanshanin' shep tuymesin jiylilik xarakteristikasin o'lshevwshisi(JXO')nin' suwreti boyinsha eki ma'rte basip, onin' aldin'g'i panelin ashamiz ha'm jeke kompyuter monitori ekraninda 3.3,v-suwrettegige analog bolg'an $\varphi = \psi_u - \psi_i$ jiylilik xarakteristikasi payda boladi.

Kursordi shep ta'repke o'rnatip, tishqanshanin' shep tuymesin grafiktin' vertikal ko'sherine basip, oni qoyip jibermesten vertikal siziqti φ di o'lshew talap etiletug'in jiylilikke alip kelin'. Son' vertikal siziqti jiylilik vertikal ko'sheri boylap jiljitip, talap etilgen jiylilikke sa'ykes noqatlarg'a o'rnatip, barliq kerakli jiyliliklerde φ di o'lshew mumkin. $\varphi(f)$ ti o'lshew na'tiyjeleri 3.2-kesteg'e kiritiledi.

$u_R(t)$ qarsiliqtag'i kernewi ha'm $u(t)$ kiriwdegi kernewdin' bir zamattag'i ma'nisin o'lshew ushin JXO'nin' aldin'g'i paneli jabiladi ha'm eki kanalli ostsillograftin' aldin'g'i paneli ashiladi. Generator jiyliligi $f = f_r$ o'rnatilg'annan keyin $u(t)$ ha'm $u_R(t)$ lardin' ostsilogrammalari sizip alinadi, olar 3.1,v-suwrette keltirilgen ko'rinisike iye.

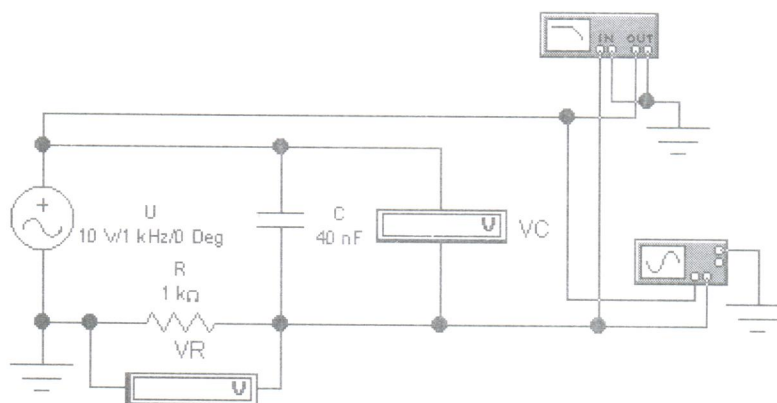
2.2. RC shinjirin tekseriw (3.2,a-suwret).

Lb3_3 fayli iske tusiriledi, na'tiyjede monitor ekraninda 3.7-suwrette keltirilgen sxema payda boladi.



3.7-suwret. RC shinjirin tekseriw sxemasi.

RC shinjir parametrlarin uyreniw ha'm turli jiyiliklerde U_R , U_C , φ lardi o'lshew 3.1p.tegidey orinlanadi. O'lshew na'tiyjeleri 3.2-kestege kiritiledi. RC shinjir kiriwindegi u kernew ha'm i tok arasindag'i fazalar ayirmasin $\varphi = \psi_u - \psi_i$ o'lshew ushin Lb3_4 fayli iske tusiriledi, na'tiyjede kompyuter monitori ekraninda 3.8-suwrette keltirilgen sxema payda boladi.



3.8-suwret.

Sonnan keyin JXO'nin' aldin'g'i panelin aship, 3.1.p.tag'ig'a analog ra'wishte berilgen jiyiliklerde $\varphi(f)$ ti o'lshe'n'.

$u = u(t)$ ha'm $u_R = u_R(t)$ ortasha ma'nislerin tekseriw joqaridag'iday izbe-izlikte (3.1.p.ke qaran') orinlanadi.

3.2 Garmonikaliq ta'sirdegi a'piwayi elektr shinjirlarin esaplaw.

Jumistin' maqseti : Garmonikaliq ta'sirdegi a'piwayi shirjirlardi esaplaw tartibin o'zlestiruw , kompleks sanlar menen esaplaw jumisin uyreniw ;

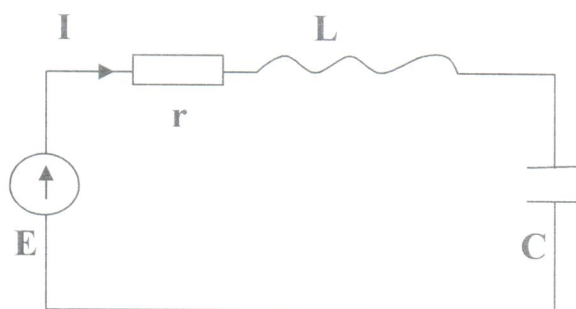
misallar jardeminde elektr shinjirlarin simvoliqliq usildan paydalanip analiz qiliw .

Ma'sele;

Eger keltirilgen shinjirda (3.2-suwret) $e(t) = 10\sqrt{2} \sin \omega t$ V , $R = 10$ Om , $F = 159$ Gts , $L = 10$ mGn , $C = 50$ mkF bolsa , $u_r(t)$, u_c aniqlan'.

Sheshiw

Muyish jiyiligi tomendegishe boladi: $\omega = 2\pi f = 6,28 * 1,59 = 1 * 10^3 \text{ s}^{-1}$



3.2-suwret

Shinjir qarsiliqlarinin' ma'nisin tabamiz :

$$X_L = \omega L = 10^3 * 10 * 10^{-3} = 10 \text{ Om};$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10^3 * 50 * 10^{-6}} = 20 \text{ Om};$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{10^2 + (10 - 20)^2} = 10\sqrt{2} \text{ Om};$$

Toktin' effektiv ma'nisi ha'm onin' baslang'ish fazasin aniqlaymiz;

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{10}{10\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \text{ A};$$

$$\varphi = \omega_e - \omega_i = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \arctg \frac{10 - 20}{10} = -45^\circ;$$

Toktin bir zamattag'i ma'nisi to'mendegishe boladi ;

$$i = \frac{1}{\sqrt{2}} * \sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) = 1 \sin(\omega t + 45^\circ) \text{ A}.$$

Shinjir elementlerindeki kernewliktin' efektif ma'nislerin tabamiz;

$$U_r = I * R = \frac{1}{\sqrt{2}} * 10 = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ V}, \quad U_L = I * X_L = \frac{10}{\sqrt{2}} \text{ V}, \quad U_C = I * X_C = \frac{20}{\sqrt{2}} \text{ V}.$$

Kernewliklerdin' bir zamattag'i ma'nisleri to'mendegige ten';

$$U_r(t) = \frac{10}{\sqrt{2}} * \sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) = 10 \sin(\omega t + 45^\circ) V,$$

$$U_i(t) = \frac{10}{\sqrt{2}} * \sqrt{2} \sin(\omega t + 135^\circ) = 10 \sin(\omega t + 135^\circ) V,$$

$$U_c(t) = \frac{10}{\sqrt{2}} * \sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ) = 10 \sin(\omega t - 45^\circ) V,$$

Ma'sele -2 ;

a) Toktin' bir zamattag'i ma'nisine tiykarlanip onin' kompleks ma'nisin keltirin'.

$$i = 5\sqrt{2} \sin(\omega t - 60^\circ) A,$$

Juwap ; $I_m = 5\sqrt{2} e^{-j60^\circ} A$ – toktin' kompleks amplitudasi,

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 5 e^{-j60^\circ} A$$
 – toktin' kompleks effektiv ma'nisi.

b) Eger $U=25$

$e^{-j180^\circ} V$ bolsa, bul kernewliktin' oniy ma'nisinege ten' ?

$$Juwap : u(t) = 25\sqrt{2} \sin(\omega t - 180^\circ) V.$$

Ma'sele-3

3.2-suwrette keltirilgen ESHda

$$e = 100 \sin(\omega t + 90^\circ) V, \quad i =$$

$$2 \sin(\omega t + 60^\circ) A. \text{ Sirtqi shinjirdin' kompleks qarsilig'in tabin' ?}$$

Sheshiw;

Kernew ha'm tok bir zamattag'i ma'nislerinen olardin' kompleks suwretine otiwi kerek;

$$e = 100 \sin(\omega t + 90^\circ) = E_m = 100 e^{j90^\circ} V;$$

$$i = 2 \sin(\omega t + 60^\circ) = I_m = 2 e^{j60^\circ} A.$$

Bir konturli shinjir ushin Om nizamina tiykarlanip sirtqi shinjirdin' kompleks qarsilig'in tabamiz;

$$Z = \frac{E_m}{I_m} = \frac{100e^{j90^\circ}}{2e^{j60^\circ}} = 50e^{j30^\circ} \text{ Om} = Ze^{j\varphi};$$

$$Z = Z\cos\varphi + jZ\sin\varphi = 50\cos30^\circ + j50\sin30^\circ = R + jX = 43,3 + j25 \text{ Om}$$

Juwmaq

Joqarida ju'rgizilgen teoriyalıq pikirlewler, analitikalıq esaplawlar ha'a' o'tkerilgen laboratoriyalıq ta'jiriybelerdin' na'tiyjeleri boyınsha ha'm olardi analizlew arqalı tomendegishe juwmaqlardi aliw mu'mkin.

O'zgermeli tok, yag'niy waqıtqa baylanisli ra'wishte o'zgeretug'in tok $i(t)$ haqqında aytqanda, onin' menen baylanisli bolg'an ha'm elektr shınjirin xarakterlewshi: kernew $u(t)$, zaryad $q(t)$, magnit ag'imi $F(t)$ ha'm basqa ma'nislardin' de waqıt boyınsha sonday o'zgeriwi na'zerde tutiladi. Olar o'zgermeli bolg'anlig'i ushin ($df/dt \neq 0$, *yag'niy tuwindilari nolge ten' bolmag'anlig'i sebepli*) induktivliklerde kernewler payda boladi, kondensatorli bo'limshelerden bolsa toklar ag'ip o'tedi.

O'zgermeli tok shınjirlarin esaplag'anda, Kirxgof ha'm Om nizamlarınan, shınjirlardi almastiriw sxemalarınan ha'm de elektr shınjirlarin esaplawdin' basqa da nizamlarınan paydalanıp matematikalıq a'piwayilastiriwlar ja'rdeminde juwiq esaplawlardi ju'rgiziwmiz mu'mkin. Duris, bul usil bizden hesh qanday o'lshew a'sbaplari ha'm u'skenelerdi talap etpeydi. Biraq, ju'da' quramalı ha'm ju'da' uzın esaplaw jollari menen bizge qiyınshiliq tuwdıradi. Ayirim quramalı elektr shınjirlarin teoriyalıq jaqtan analitikalıq jol menen esaplaw mu'mkin dep esaplansa da, bunin' a'melde ilaji joq.

Bunday quramalı elektr shınjirlarin esaplag'anda laboratoriya u'skenelerinde o'tkeriletug'in ta'jiriybeler esaplaw ha'm na'tiyje aliw protsesin bir qansha jen'illestiredi. Ja'ne laboratoriyalıq ta'jiriybe arqalı aling'an na'tiyjeler matematikalıq jol menen aling'an na'tiyjelerge salistirg'anda parametrlardin' real sha'rayattag'i haqiyqiy ma'nislerine bir qansha jaqın boladi. A'sirese o'zgermeli tok shınjirlari menen islegende laboratoriyalıq usil en' na'tiyjeli ha'm optimal usil esaplanadi.

Quramında induktivlik (L) penen birge siyimliliq (C) bolg'an o'zgermeli tok shınjirlarin u'yreniw o'zgeshe qizig'iwshiliq oyatadi, sebebi L ha'm C elementleri terbelmeli kontur payda etedi: siyimliliqtag'i energiya $w_c = Cu^2/2$ kemeyiw momentinde, induktivlik katushkadag'i energiyanin' $w_m = Li^2/2$ tap sonday artiwın ko'remiz, periodtin' keyingi yarımında bul protsess kerisine o'zgeredi.

Joqarida izertlew ju'rgizilgen elektr shınjirlari misalında baslang'ish parametrlar tiykarında matematikalıq jol menen aling'an na'tiyjelerdi ha'm laboratoriyalıq ta'jiriybe na'tiyjelerin salistirip, olar arasındag'i parqlardi ko'riwmiz mu'mkin.

Bul parqlardi salistira otirip, soni aytiw mu'mkin, o'zgermeli elektr shınjirlarin laboratoriya usilında tekseriw o'zinin' qolaylılig'i, go'zlengen n'a'tiyjege eriswıdin' salistirmalı aniqlig'i menen ajiralıp turadi.

A'debiyatlar:

1. K.T. Olimxojaev, X.S.Soatov, B.A.Tylaganova. Elektr zanjirlar nazariyasi. Toshkent. 2010.
2. Matxanov P.N. Osnovi analiza elektrisheskix tsepey. Lineynie tsepi: Ushebnik dlya VUZov. -3-e izd., -M.: Vissh. shk., 1990. -400 s.