

El. ķēžu teorijas (ETP 2. daļas) laboratorijas darbu apraksti (saīsināts)

21. darbs

NELINEĀRAS LĪDZSTRĀVAS ĶĒDES PĒTĪŠANA

Darbā jāiepazīstas ar nelineāriem ķēžu elementiem, jāuzņem to raksturlīknes un jāiemācās eksperimentāli un grafiski pētīt nelineāru pretestību dažādus slēgumus.

U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Uzzīmēt uzdevuma 3., 5. un 9. punkta veikšanai nepieciešamās darba shēmas.
2. Apgūt nelineāru aktīvu un pasīvu ķēžu grafisko aprēķinu metodes.
Parādīt grafiski, kā iegūstama 3 nelineāru elementu jauktā (virknes-paralēlā) slēguma kopējā voltampēru raksturlīkne (VAR), ja atsevišķo elementu raksturlīknes ir zināmas. Parādīt, kā grafiski iegūstamas strāvu vērtības katrā no 3 elementu jauktā slēguma zariem, ja dota konkrēta pieslēgu sprieguma vērtība.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

3. Uzņemt 3 doto nelineāro elementu voltampēru raksturlīknes $I = I(U)$.
 4. Vienam no nelineārajiem elementiem, izmantojot iepriekš iegūtos rezultātus, aprēķināt un uzzīmēt pretestības atkarību no strāvas $R = R(I)$.
 5. Izveidot 3 nelineāro elementu jaukto slēgumu un eksperimentāli noteikt slēguma kopējo VAR.
 6. Izmērīt strāvu vienā no paralēlajiem zariem, kad kopējais ieejas spriegums ir 50 V.
 7. Izmantojot atsevišķo elementu raksturlīknes, grafiski iegūt jauktā slēguma kopējo VAR. Grafiski un eksperimentāli iegūtās līknes salīdzināt vienā zīmējumā.
 8. Uzdevuma 6.p. izmērīto strāvu vienā no jauktā slēguma paralēlajiem zariem noteikt arī grafiski. Salīdzināt eksperimentāli un grafiski iegūtās vērtības.
 9. Izveidot nelineāru aktīvu ķēdi, saslēdzot virknē vienu nelineāro elementu un līdzsprieguma avotu E ; uzņemt šīs ķēdes voltampēru raksturlīkni.
 10. Zinot EDS avota lielumu un nelineārā elementa voltampēru raksturlīkni, grafiski atrast nelineāras aktīvas ķēdes voltampēru raksturlīkni. Eksperimentāli un grafiski iegūtās līknes attēlot vienā zīmējumā.
- Uzņemot voltampēru raksturlīknes, jāseko, lai strāva un spriegums nepārsniegtu pieļaujamās maksimālās vērtības.

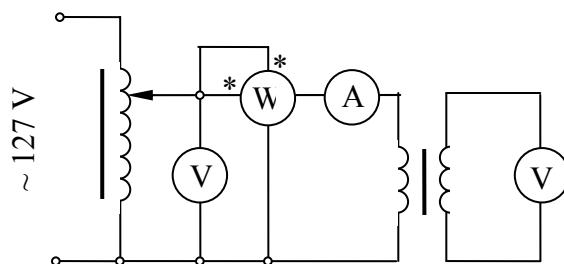
23. darbs

SPOLE AR TĒRAUDA SERDI

Darbā jānoskaidro serdes ietekme uz spoles aktīvās jaudas zudumiem, jāiepazīstas ar spoles ekvivalento shēmu un vektoru diagrammu.

U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā



23.1. att.

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu.

2. Uzzīmēt spoles ar tērauda serdi ekvivalento shēmu un vektoru diagrammu.

Uzrakstīt formulas ekvivalentās shēmas parametru, galvenās un izkliedes plūsmas saķēdējuma un serdes magnētiskā lauka indukcijas noteikšanai, izmantojot eksperimenta rezultātus. Pārdomāt vektoru diagrammas zīmēšanas secību, izmantojot mērījumu datus.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

1. Saslēgt shēmu un izdarīt mērījumus 3 dotajām serdēm, kā arī bez serdes. Visos gadījumos spolē ieregulēt strāvu 5 A.
2. Aprēķināt jaudas zudumus serdēs un izskaidrot iegūtos rezultātus.
3. Aprēķināt spoles ekvivalentās shēmas parametrus un uzzīmēt vektoru diagrammas masīva tērauda serdes un no tērauda skārdiem saliktas serdes gadījumiem.
4. Aprēķināt galveno plūsmu un izkliedes plūsmas saķēdējuma abām tērauda serdēm.
5. Eksperimentāli noteikt jaudas zudumus masīvā tērauda serdē atkarībā no magnētiskās indukcijas, mainot strāvu no 0 līdz 5 A. Iegūto sakarību attēlot grafiski.

Galvenās plūsmas inducētā EDS mērīšanai uz serdes novietota otra spole, kuras vijumu skaits vienāds ar pētāmās spoles vijumu skaitu.

Spoles tinuma aktīvā pretestība nosakāma, izmantojot 4.punkta mērījumu datus spolei bez serdes. Izkliedes plūsmas saķēdējuma aprēķināšanai jāizmanto no vektoru diagrammas atrastā izkliedes plūsmas inducētā EDS vērtība.

Pieslēdzot shēmai spriegumu, kā arī mainot spolei serdes, auto-transformatora izejas spriegums jāsamazina līdz 0.

C. Kontroljautājumi

1. Kā noteikt jaudas zudumus spoles tinumā?
2. Kā noteikt jaudas zudumus spoles serdē?
3. Kā dotajā shēmā mainīt magnētiskā lauka indukcijas efektīvo vērtību spoles serdē?
4. Kā atršķiras strāvas spolē ar dzelzs serdi un tajā pašā spolē bez serdes, ja pieslēgu spriegums abos gadījumos ir vienāds? Kā panākt, lai abos gadījumos strāvas vērtība būtu viena un tā pati?
5. Uzzīmēt ekvivalento shēmu spolei ar dzelzs serdi un paskaidrot, kādus procesus reālā spolē raksturo katrs shēmas elements.
6. Paskaidrot spoles ekvivalentās shēmas parametru aprēķina un vektoru diagrammas zīmēšanas secību, izmantojot eksperimentu rezultātus.
7. Vai spoles ar tērauda serdi ekvivalentās shēmas parametri ir atkarīgi no pieslēgu sprieguma vērtības?
8. Kādas serdes (tērauda skārdu, masīva tērauda, alumīnija) gadījumā spolei būs lielāka izkliedes plūsma, ja strāvas vērtība visos šajos gadījumos ir viena un tā pati?
9. Noskaidrot, kādi iemesli izsauc jaudas zudumus tērauda serdēs, kādi faktori ietekmē to lielumu un kādas ir iespējas šos lielumus samazināt.

24. darbs

TAISNGRIEŽA PĒTĪŠANA

Darbā jāuzņem pusvadītāju ventiļu raksturlīknes un jāizpēta viena un divu pusperiodu taisngrieža shēmas.

U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Uzzīmēt protokola sagatavē visas vajadzīgās darba shēmas, paredzot mērinstrumentus, kas nepieciešami 5. un 6. punkta veikšanai.
2. Parādīt, kā grafiski iegūstamas slodzes strāvas un sprieguma līknes viena un divu pusperiodu taisngrieža shēmu gadījumā, ja zināmas ventiļu raksturlīknes, slodzes pretestība un sinusoidālā sprieguma lielums taisngrieža shēmas ieejā.
3. Uzrakstīt formulas 5.b, c, d, e, f punktā minēto instrumentu rādījumu aprēķināšanai viena un divu pusperiodu taisngrieža shēmās, uzskatot par zināmu iztaisnotās strāvas maksimālo vērtību un slodzes pretestību.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt shēmu un uzņemt voltampēru raksturlīkni vienam no dotajiem ventiļiem. Strāvas ierobežošanai ķēdē virknē ar ventili jāieslēdz balasta pretestība.
5. Saslēgt viena pusperioda taisngrieža shēmu, kā slodzi izmantojot reostatu, un izmērīt šādus lielumus:

- a) sinusoidālā ieejas sprieguma efektīvo pretestību;
- b) sprieguma kritumu uz slodzes ar elektromagnētiskās sistēmas voltmetru;
- c) sprieguma kritumu uz slodzes ar magnētelektriskās sistēmas voltmetru;
- d) sprieguma kritumu uz slodzes ar elektromagnētiskās sistēmas voltmetru, kam virknē ieslēgta kondensatoru baterija;
- e) strāvu slodzes pretestībā ar elektromagnētiskās sistēmas ampērmetru;
- f) strāvu slodzes pretestībā ar magnētelektriskās sistēmas ampērmetru.

6. Izveidot divu pusperiodu taisngriežu tiltiņa shēmu un izdarīt iepriekšējā punktā veiktos mērījumus tām pašām slodzes pretestības un ieejas sprieguma vērtībām.

7. Izmantojot eksperimentāli uzņemtās pusvadītāju ventiļu raksturlīknes, zināmos sinusoidālā ieejas sprieguma un slodzes pretestības lielumus, grafiski konstruēt strāvu un slodzes sprieguma momentvērtību līknes viena un divu pusperiodu taisngriežu gadījumos.

8. Pēc 3. punkta formulām, izmantojot grafiski atrastās strāvu amplitūdu vērtības, aprēķināt mērinstrumentu rādījumus viena un divu pusperiodu taisngriežu shēmās un salīdzināt ar eksperimentāli iegūtiem rezultātiem. Slodzes pretestību izmērīt ar līdzstrāvas tiltiņu.

Veicot uzdevuma 4. punktu, jāuzņem kā pozitīvais, tā arī negatīvais ventiļa voltampēru raksturlīknes zars. Uzņemot raksturlīknes negatīvo zaru, ampērmetrs jāieslēdz bez šunta. Voltmetra un kondensatora baterijas slēgumā jāizvēlas tāda kapacitātes vērtība, lai tās tālāka palielināšana neietekmētu voltmetra rādījumu (ne mazāk par 20 mikrofaradiem).

C. Kontroljautājumi

1. Paskaidrot, kā grafiski iegūt sakarību $u(t)$ viena pusperioda un divu pusperiodu taisngrieža shēmai.

2. Vai iztaisnotās strāvas maksimālās vērtības abās taisngriežu shēmās ir vienādas vai atšķiras, ja pieslēgu spriegums ir viens un tas pats?

3. Kādu spriegumu mēra virknē ar kondensatoru bateriju slēgtais elektromagnētiskās sistēmas voltmetrs?

4. Paskaidrot virknē ar kapacitāti slēgtā voltmetra rādījuma aprēķina formulu.

5. Salīdzināt sagaidāmos viena un tā paša mērinstrumenta rādījumus abās shēmās, ja pieslēgu spriegums nemainās.

25.darbs

FEROREZONANSES PARĀDĪBU PĒTĪŠANA

Darbā jāiepazīstas ar ferorezonanses parādībām un vienkāršākā feromagnētiskā sprieguma stabilizatora darbību.

U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Uzzīmēt protokola sagatavē visas darbā vajadzīgās shēmas, paredzot nepieciešamos mērinstrumentus.
2. Parādīt grafiski, kā iegūstama kopējā ķēdes voltampēru raksturlīkne nelineāras spoles un konstantas kapacitātes virknes slēgumā, kādos gadījumos ķēdē iespējami strāvas lēcieni. Noskaidrot, vai pie jebkuras kapacitātes C vērtības ķēdē iespējama spriegumu rezonanse, kā C izmaiņas ietekmē sprieguma lielumu, pie kura notiek strāvas lēcieni, un kā C izmaiņa ietekmē strāvas vērtību tieši pirms un pēc lēciena.
3. Iepazīties ar sprieguma stabilizatora darbības principu, parādīt grafiski stabilizētā sprieguma līkni atkarībā no pieslēgu sprieguma.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Uzņemt pētāmās nelineārās spoles voltampēru raksturlīkni strāvas un sprieguma efektīvajām vērtībām.

5. Saslēgt spoli virknē ar kondensatoru bateriju. Ieregulēt tādu kapacitātes vērtību, lai strāva pēc lēcienveida pieauguma nepārsniegtu ampērmetra mērapjomu un būtu iespējama tās tālāka palielināšana. Grafiski atrast izveidotā slēguma kopējo voltampēru raksturlīkni.

6. Ar autotransformatoru mainot ķēdes pieslēgu spriegumu, novērot strāvas lēcienus un uzņemt ķēdes voltampēru raksturlīkni a) augoša un b) krītoša pieslēgu sprieguma gadījumiem.

7. Uzņemt ķēdes voltampēru raksturlīkni, mainot strāvas vērtību.

8. Kopējā grafikā uzzīmēt 5., 6a., 6b. un 7. punkta līknes.

9. Izmantojot ķēdi kā sprieguma stabilizatoru, eksperimentāli uzņemt stabilizētā sprieguma līkni atkarībā no pieslēgu sprieguma slogotam un neslogotam stabilizatoram. Abas līknes uzzīmēt kopējā grafikā.

Neslogota stabilizatora sprieguma līknes zīmēšanai var izmantot 6. punkta rezultātus, ja ir mērīts sprieguma kritums uz spoles.

Strāvas avotu 7. punkta veikšanai izveidot no autotransformatora, ieslēdzot virknē tā izejai 200 Ω reostatu.

Darbu analizējot, jānorāda grafiski atrasto un eksperimentāli iegūto līkņu atšķirību cēloņi, kā arī jāsalīdzina slogota un neslogota sprieguma stabilizatora darbība.

C. Kontroljautājumi

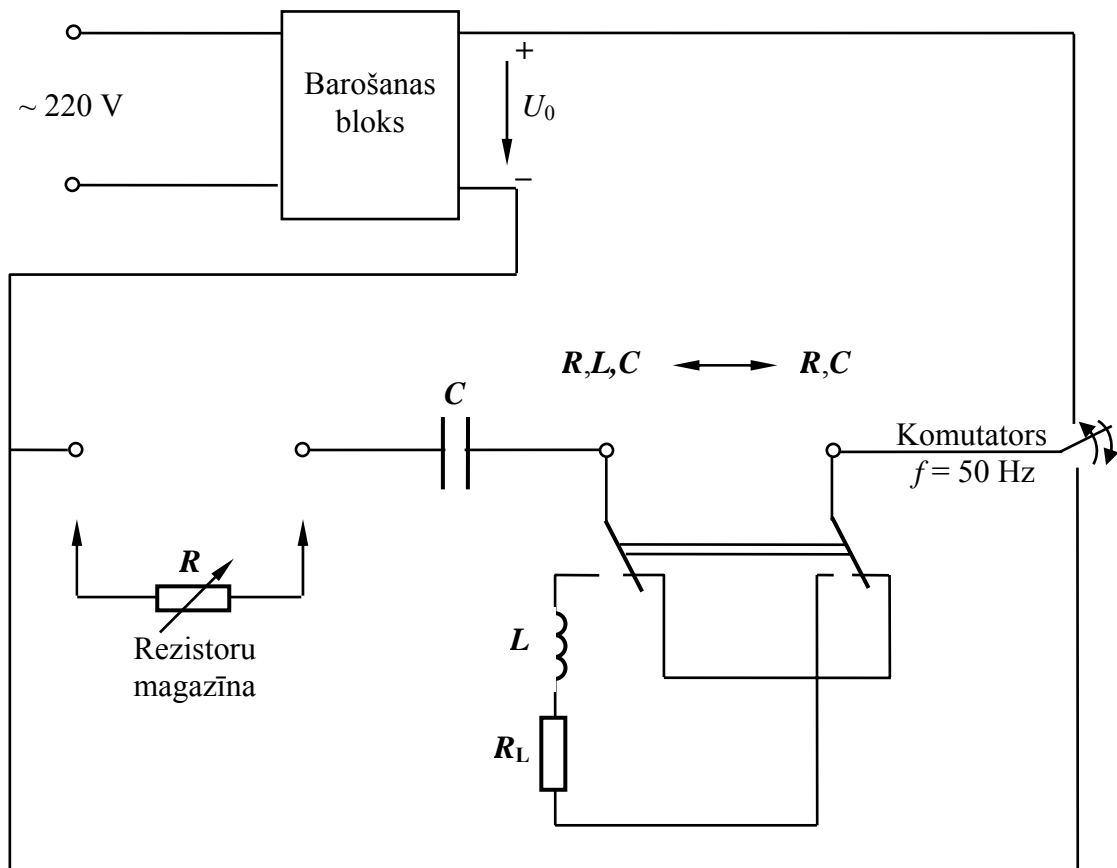
1. Paskaidrot, kādēļ atšķiras praktiski un grafiski iegūtās VAR.
2. Kā slodzes pretestības lielums ietekmē stabilizētā sprieguma līkni?

3. Kādu VAR posmu iespējams uzņemt sprieguma ferorezonanses ķēdei, paaugstinot (pazeminot) pieslēgu spriegumu?
4. Vai, pieslēdzot sprieguma ferorezonanses ķēdi strāvas avotam, iespējams novērot strāvas lēcieni?

28. darbs

PĀREJAS PROCESI LĪDZSTRĀVAS ĶĒDĒS

Darbā jāiepazīstas ar pārejas procesiem vienkāršākajās līdzstrāvas ķēdēs.



U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Uzzīmēt protokola sagatavē darba shēmu un noskaidrot tās darbību.
2. Kopējā grafikā attēlot $i(t)$ un $u(t)$ līknes, kondensatoram uzlādējoties un izlādējoties R,C ķēdē.
3. Noskaidrot laika konstantes fizikālo jēgu R,L un R,C ķēdēs un tās noteikšanas paņēmienus.
4. Uzrakstīt, pie kādiem noteikumiem pārejas procesiem R,L,C virknes slēgumā ir aperiodisks un pie kādiem – svārstību raksturs.
5. Uzzīmēt līknes $i(t)$, $u_C(t)$ un $u_L(t)$ aperiodiskā un svārstību režīmā, pieslēdzot R,L,C ķēdi līdzspriegumam.

6. Uzzīmēt līknes $i(t)$, $u_C(t)$ un $u_L(t)$ aperiodiskā un svārstību režīmā, kondensatoram izlādējoties R, L, C ķēdē.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

7. Izveidot R un C virknes slēgumu un uz oscilogrāfa ekrāna novērot pārejas procesus, kondensatoram uzlādējoties un izlādējoties dažādu ķēdes pretestību R gadījumā. Nozīmēt no oscilogrāfa ekrāna strāvas $i(t)$ un sprieguma $u_C(t)$ līknes kādai noteiktai ķēdes pretestības vērtībai.

Lai iegūtu precīzākas līknes, nozīmēšanas vietā tās atļauts (un pat ļoti ieteicams) fotografēt ar personīgo digitālo fotoaparātu. Sīkākus paskaidrojumus par līkņu fotografēšanu sk. apraksta beigās.

8. Izveidot shēmā R, L, C virknes slēgumu un no oscilogrāfa ekrāna nozīmēt vai nofotografēt līknes $i(t)$, $u_C(t)$ un $u_L(t)$ svārstību un aperiodiskajā režīmā.

9. Grafiski noteikt laika konstanti no 7.punktā iegūtajām strāvas vai sprieguma līknēm. Zinot R un C vērtības, aprēķināt laika konstanti analītiski un salīdzināt ar grafiski iegūto.

10. Iegūtās R , L , C virknes slēguma aperiodiskā režīma uzlādes un izlādes līknes u_C , i , u_L attēlot vienā zīmējumā, pareizi savietojot līkņu sākumus.

11. No iegūtajām svārstību režīma līknēm grafiski noteikt pašsvārstību periodu. Zinot ķēdes parametru R , L un C vērtības svārstību režīmā, analītiski aprēķināt svārstību periodu un salīdzināt ar grafiski noteikto vērtību.

Iekārtas barošanas bloks jāpieslēdz 220 V maiņspriegumam, kas ar taisngriežu tiltiņa shēmas un filtra palīdzību tiek pārveidots par līdzspriegumu.

Lai pārejas procesu varētu novērot uz oscilogrāfa ekrāna, nepieciešama tā periodiska atkārtošana. Shēmā periodisku pārslēgšanu no uzlādes uz izlādi veic iekārta ar tiristoru (komutators), kurš pieslēgts 220 V tīklam ar 50 Hz frekvenci. Pirmā pusperioda laikā R, C vai R, L, C ķēde tiek pieslēgta līdzsprieguma avotam, bet otrā pusperioda laikā – saslēgta īsi uz izlādi. Līdz ar to pilns uzlādes-izlādes cikla ilgums ir 0,02 s. Ievērojot to, iespējams noteikt laika mērogu oscilogrammās.

Veicot uzdevuma 9.punktu, precīzāku rezultātu iegūšanai ieteicams laika konstanti grafiski noteikt kā laiku, kurā funkcija izmainās e reizi.

Līkņu fotografēšana

Iestādiet fotoaparātu fotografēšanai no tuva attāluma. Turiet kameru apm. 20 cm attālumā no oscilogrāfa ekrāna tieši pretī tam un centieties kameru turēt tā, lai horizontālās tīkliņa līnijas uz ekrāna būtu paralēlas aparāta loga horizontālajām malām. Fotografējiet bez zibspuldzes. Parūpējieties, lai uz oscilogrāfa ekrāna nebūtu redzams spožs ārējo gaismas ķermeņu atspulgs. Vajadzības gadījumā oscilogrāfs no augšas ar kaut ko jāaizklāj.

Tā kā pasniedzējam nebūs iespējams ar savu parakstu apliecināt līkņu pareizību, tad uz fotogrāfijām obligāti jābūt pareizam fotografēšanas datumam un laikam. Bez tā **darba rezultāti būs nederīgi!**

Ja rodas šaubas par kādas līknes pareizību, pirms fotografēšanas paaiciniet pasniedzēju, taču atbildību par nofotografētajām līknēm uzņemas students pats.

Ieteicams sastādīt sarakstu, kādā secībā līknes tiek fotografētas. Tad, vadoties no fotografēšanas laika, vēlāk būs iespējams noteikt kura ir kura līkne.

Uz oscilogrāfa ekrāna tomēr ir grūti iegūt stabilu attēlu, jo komutatora pārslēgšanās brīdī līkne var nedaudz pārvietoties. Tad fotogrāfijā var būt redzamas

divas līdzīgas līknes vai varbūt tikai daļa no līknes. Tādēļ, ja fotokameras atmiņa to atļauj, katrai līknei ieteicams uzņemt īsu (ne garāku kā 1 s) video failu. Uzņemot video failu, izmantojiet režīmu «Standard», nelietojiet paātrinātos režīmus. Pēc tam no uzņemtajiem kadriem var izvēlēties vienu, kurā bez kropļojumiem redzama vajadzīgā līkne. Protams, lai izmantotu video failu, jābūt arī programmai (piemēram, *Windows Movie Maker*), kas atļauj aplūkot un nokopēt video faila atsevišķos kadrus.

Fotogrāfiju apstrāde

Turpmākais izklāsts attiecas uz datoru, kurā instalēta operatīvā sistēma *MS Windows*. Viens no vienkāršākajiem fotogrāfiju apstrādes veidiem varētu būt šāds.

Pēc fotogrāfiju ievadīšanas datorā (un vajadzīgo kadru nokopēšanas, ja izmantojāt video failu) atveriet *Microsoft Word* tā, lai būtu atvērts jauns tukšs fails. Ar komandas *Explore* palīdzību atveriet failu, kurā atrodas fotogrāfijas, ar peles labo taustiņu iezīmējiet pirmo attēlu un nokopējiet to (komanda *Copy*). Atgriezieties atvērtajā *MS Word* failā un izpildiet komandas *Edit—Paste Special—MS Photo Editor Object—OK*. (Jaunākajās *MS Word* versijās pietiek ar *Edit—Paste*) Ar to nokopētais attēls tiks ievietots *MS Word* failā. Nelietojiet komandu *Open*, jo *MS Word* attēlu tieši atvērt nevar.

Iespējams, ka attēls būs pārāk liels. Izpildiet komandas *Format—Picture—Size* un logos *Height* un *Width* ierakstiet skaitļus, līdz cik % vēlieties attēlu samazināt (varētu būt 30–50%). Pēc tam ieteicams tajā pašā logā nospiegt *Picture* un lodziņā *Color* izvēlēties *Grayscale*. Apstipriniet izvēlēto ar *OK*. Iegūts samazināts pelēks attēls.

Ar pogu *More Contrast, Less Contrast, More Brightness, Less Brightness* palīdzību mēģiniet padarīt attēla fonu bālāku, bet tā, lai nesabojātu pašu līkni. (Minētās pogas parasti atrodas horizontālajā rīku joslā ekrāna augšā. Ja tās nav redzamas, izpildiet *View—Toolbars—Picture*.)

Ar rīka *Crop* palīdzību nogrieziet attēla nevajadzīgās daļas tā, lai paliktu tikai līkne un fotografēšanas laiks. (Minētais rīks atrodas tajā pašā rīku joslā, kur kontrasta un gaišuma maiņas pogas.) Lai to izdarītu, attēlam jābūt iezīmētam. Tad paņemiet *Crop*, novietojiet to uz iezīmēšanas kvadrātiņa, kas atrodas attēla malas vidū, un, turot nospiestu peles kreiso taustiņu, velciet to tik tālu, cik vēlieties no attēla nogriezt. Tas jāizdara ar visām četrām attēla malām. Kļūdas gadījumā atsauciet darbību ar *Edit—Undo*.

Tāpat apstrādājiet visus pārējos (pavisam 8) attēlus. Ja rodas grūtības ar attēlu izvietojumu lappusē, iezīmējiet «spītīgo» attēlu, izpildiet *Format—Picture—Layout* un izvēlieties *Behind Text—Ok*.

Lai iegūtu lielāku precizitāti, līknes, no kurām noteiksiet laika konstanti un pašsvārstību periodu, var pastiept garākas, taču visās aperiodiskā režīma līknēs R,L,C ķēdē komutatora pārslēgšanās periodam jābūt vienādam, lai šīs līknes atbilstoši darba uzdevumam varētu pārzīmēt vienā zīmējumā, pareizi savietojot to sākumus.

Piedāvātā attēlu apstrādes paņēmiena trūkums ir tas, ka gadījumā, ja attēlā oscilogrāfa ekrāna tīkliņa līnijas nav stingri horizontālas un vertikālas, horizontāla nebūs arī jūsu novilkta abscisu ass, uz kuras noteiksiet laika konstanti un pašsvārstību periodu. (Jaunākajās *MS Word* versijās ar komandu *Format—Picture—Size—Rotation* iespējams attēlu arī pagriezt. Izmantojot to, iepriekš jānovelk horizontāla līnija, kuru izmantosiet par abscisu asi. Pēc attēla pagriešanas tā malas gan vairs nebūs

horizontālas un vertikālas.) Tumšais attēla fons nevajadzīgi tērē printera resursus, izvadot attēlus uz papīra. To visu var novērst, *MS Word* vietā izmantojot kādu no programmām, kas paredzētas attēlu apstrādei – *Corel PHOTO-PAINT*, *Corel Draw* vai citu. Tajās iespējams attēlu precīzi pagriezt tā, lai abscisu ass būtu stingri horizontāla. Tāpat ar komandas *Invert* palīdzību iespējams balto līkni pārvērst par melnu, bet attēla fonu padarīt stipri gaišāku – praktiski baltu. Padarot attēlus daļēji caurspīdīgus, arī aperiodiskā režīma līkņu savietošānu vienā attēlā var veikt ar datoru.

C. Kontroljautājumi

1. Kā R un C virknes slēgumā pretestības R vērtība izmaina sprieguma u_C un strāvas līkņu formu uzlādes un izlādes režīmā?
2. Paskaidrot laika konstantes fizikālo jēgu un tās grafiskās noteikšanas metodes.
3. Uzrakstīt, kādi noteikumi jāapmierina RLC ķēdes parametriem, lai pārejas procesam virknes slēgumā būtu aperiodisks vai svārstību raksturs.
4. Uzzīmēt līknes $u_C(t)$, $i(t)$ un $u_L(t)$, kondensatoram uzlādējoties un izlādējoties RLC virknes slēgumā aperiodiskajā un svārstību režīmā.

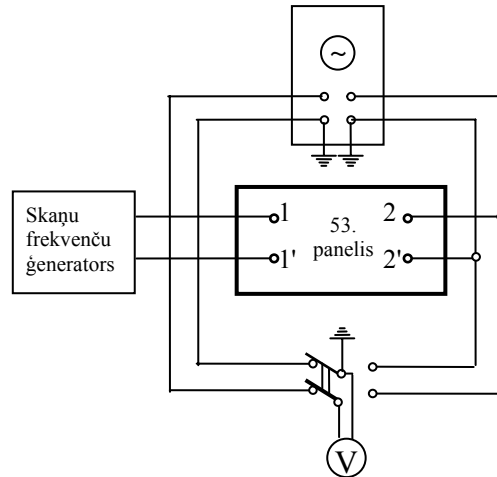
29. darbs

PĀREJAS PROCESU PĒTĪŠANA AR FURJĒ TRANSFORMĀCIJU

Darbā jāiepazīstas ar vienkāršākajiem paņēmieniem četrpola pārvades funkcijas amplitūdas un fāzes frekvences raksturlīkņu uzņemšanai. Jāizdara pārejas procesa aprēķins ar parasto trapeču metodi.

U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā



1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu.
2. Iemācīties analītiski atrast pārvades funkcijas amplitūdas un fāzes frekvenču raksturlīkni vienkāršākajām četrpola shēmām, kas satur vienu aktīvu un vienu reaktīvu elementu,
3. Izvest formulu izejas sprieguma Furjē transformācijas reālās daļas $U_2'(\omega)$ aprēķinam 7. punkta veikšanai.
4. Apgūt parasto trapeču metodi Furjē transformācijas aprēķināšanai.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

5. Uzņemt un uzzīmēt dotā četrpola pārvades funkcijas amplitūdas un fāzes frekvenču raksturlīknes, par ieejas lielumu uzskatot spriegumu uz četrpola ieejas spailēm 1 – 1', bet par izejas – spriegumu uz četrpola izejas spailēm 2 – 2'.
6. Aprēķināt un uzzīmēt izejas sprieguma Furjē transformācijas reālo daļu $U_2'(\omega) = \text{Re}[U_2(j\omega)]$ kā funkciju no ω gadījumam, kad četrpola ieejai pieslēdz 1 V lielu līdzspriegumu.
7. Ar parasto trapeču metodi aprēķināt un uzzīmēt pārejas procesa spriegumu $u_2(t)$ gadījumam, kad četrpola ieejai pieslēdz 1 V lielu līdzspriegumu. (Pēc pasniedzēja norādījuma ieejas spriegumam var būt arī cits veids.)

Par četrpola pārvades funkciju, ja par ieejas un izejas lielumiem uzskata atbilstoši $u_1(t)$ un $u_2(t)$, sauc kompleksu funkciju:

$$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{U_2}{U_1} e^{j\varphi} = H(\omega) e^{j\varphi(\omega)},$$

kur amplitūdu (vai efektīvo vērtību) attiecība $H(\omega)$ ir pārvades funkcijas amplitūdas frekvenču raksturojums, bet leņķis $\varphi(\omega)$, par kādu izejas spriegums apsteidz ieejas spriegumu, – fāzes frekvenču raksturojums.

Eksperimentāli $H(\omega)$ ērti uzņemt, pieslēdzot četrpola ieejai sinusoidālu spriegumu ar maināmu frekvenci no skaņu ģeneratora. Spriegumi U_1 un U_2 jāmēra ar lampu voltmetru, jo tas darbojas plašā frekvenču diapazonā un tam liela iekšējā pretestība. Skaņu ģeneratora voltmetru sprieguma mērīšanai izmantot nedrīkst.

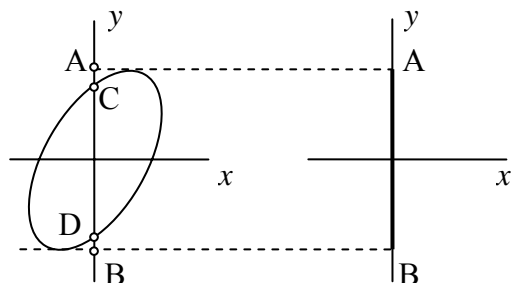
Darba laikā sprieguma efektīvo vērtību U_1 četrpola ieejā ieteicams uzturēt konstantu.

Fāzes frekvenču raksturlīknes uzņemšana veicama šādi. Izslēdzot horizontālo izvēršanu laikā, oscilogrāfa x ass ieejai pieslēdz u_2 , bet y ass ieejai - u_1 . Tādā gadījumā elektronu stars apraksta līkni, ko nosaka parametriskie vienādojumi

$$x = u_2 = U_{2m}\sin(\omega t + \varphi);$$

$$y = u_1 = U_{1m}\sin\omega t,$$

t.i., elipsi.



Var pierādīt, ka $\sin\varphi = \frac{CD}{AB}$. Tātad, lai iegūtu fāzes frekvenču raksturlīkni, jānosaka attiecība $\frac{CD}{AB}$ dažādām ieejas sprieguma frekvencēm. Nogriežņa AB lieluma noteikšana tieši no elipses var būt apgrūtināša, tādēļ īslaicīgi var noslēgt īsi oscilogrāfa x ass ieeju. Tādā gadījumā uz ekrāna iegūst

vertikālu taisnes nogriezni, kas vienāds ar AB .

Nosakot φ , jāievēro, ka oscilogrāfa pastiprinātāji rada savu fāžu nobīdi. Šī nobīde pirms darba sākšanas jākompensē. Šajā nolūkā abām oscilogrāfa ieejām pieslēdz vienu un to pašu spriegumu (ar apmēram 100 Hz frekvenci) un, mainot pastiprinājumus pa x un y asīm, panāk, lai uz ekrāna būtu redzama taisne, kas vērsta 45° leņķī pret horizontāli; tas atbilst fāžu nobīdei 0. Pēc tam darba gaitā pastiprinājumus vairs nedrīkst mainīt.

Uzņemot raksturlīknes, galvenā uzmanība jāpievērš to sākuma posmiem pie mazām frekvencēm. Mērījumus ieteicams izdarīt pie šādām vērtībām: 0; 125; 150; 200; 250; 300; 400; 500; 750; 1000; 1250; 2000; 3000 rad/s. Uzņemt raksturlīknes virs 3000 rad/s dotajam četrpolam nav nepieciešams. Tā kā skaņu ģenerators graduēts hercos, pirms darba sākšanas ieteicams aprēķināt, cik hercu atbilst uzrādītajām vērtībām. Pirmo punktu ($\omega = 0$) iegūst, pieslēdzot četrpolu līdzsprieguma avotam un izdarot mērījumus $H(0)$ noteikšanai.

Posmu no 0 līdz apm. 125 rad/s ar darbā lietoto skaņu ģeneratoru nav iespējams uzņemt. Šajā posmā līknes jānovelk tuvināti, pie tam vieglāk to izdarīt līknei $H(\omega)$, jo tai uzņemta arī vērtība $H(0)$.

Mērījumu un aprēķinu tabulu ieteicams sastādīt šādi, paredzot vēl nepieciešamās ailes aprēķinu starprezultātiem.

f Hz	ω rad/s	U_1 V	U_2 V	$H(\omega)$	CD mm	AB mm	$\sin\varphi$	φ rad.		$U_2'(\omega)$ Vs
0	0									
	50									
	100									
20	125									
24	150									
	...									
	3000									

$H(\omega)$ un $\varphi(\omega)$ vērtības frekvencēm $\omega = 50; 100$ rad/s kā arī vērtība $\varphi(0)$ tabulā jāieraksta no tuvināti novilktajiem līkņu posmiem. Tas jāizmanto turpmākajos aprēķinos, lai līknes $U_2'(\omega)$ sākuma posms būtu pēc iespējas precīzāks.

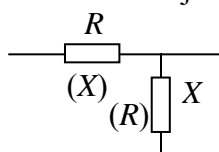
Pēc tam, kad iegūta frekvenču raksturlīkne $U_2'(\omega)$, jāizdara tās aproksimācija ar n ($n \geq 5$) trapecēm un jā sastāda šāda tabula:

i	g_{0i}	ω_i	Δ_i
1			
2			
n			

kur i – trapeces numurs.

Aprēķinu iespējams veikt ar datoru, izmantojot gatavu programmu.

D. Kontroljautājumi



1. Analītiski noteikt Γ -veida četrpolu, kas satur 1 aktīvu un 1 reaktīvu elementu (sk. att.), pārvades funkcijas amplitūdas un fāzes frekvenču raksturojumus.

2. Iegūt formulas 1. jautājumā minēto četrpolu izejas sprieguma Furjē transformācijas reālās daļas $U_2'(\omega)$ aprēķinam, ja $u_1(t) = 1(t)U_0$.

3. Kas mainīsies 1. un 2. jautājuma atbildēs, ja $u_1(t) = 1(t)U_0e^{-bt}$, kur U_0 un b – doti lielumi, kas raksturo eksponenciāli mainīgu pieslēgu spriegumu?

4. Kādu eksperimentu darba gaitā nepieciešams izdarīt, lai novērtētu, vai aprēķinā būs jāievēro δ -funkcijas ietekme, ja $u_1(t) = 1(t)U_0$?

5. Bez aprēķiniem aptuveni uzzīmēt 1. jautājumā aplūkoto četrpolu izejas sprieguma $u_2(t)$ līkņu raksturu, ja četrpola ieejai pieslēdz līdzspriegumu.

30. darbs

LĪNIJA BEZ ZUDUMIEM STACIONĀRĀ SINUSOIDĀLĀ REŽĪMĀ

Darbā praktiski jāiepazīstas ar īpašībām, kādas piemīt ķēdēm ar izkliedētiem parametriem atšķirībā no ķēdēm ar koncentrētiem parametriem. Eksperimentāli jāpārlicinās, ka sprieguma starp līnijas vadiem efektīvā vērtība atkarīga no vietas līnijā, ka pastāv fāžu nobīde starp dažādās vietās mērītiem spriegumiem. Darbā jāatrod līniju raksturojošie parametri.

U z d e v u m s

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt sprieguma efektīvo vērtību sadalījuma līknes gar līniju bez zudumiem:

- tukšgaitas gadījumā, divām dažādām ieejas sprieguma efektīvajām vērtībām;
- īsslēguma gadījumā;
- saskaņotas slodzes gadījumā.

2. Uzrakstīt izteiksmes, kā, izmantojot 4. un 6. punktā iegūtos eksperimentālos rezultātus, noteikt fāzes koeficientu un līnijas raksturīgo pretestību.

3. Uzrakstīt spriegumu momentāno vērtību izteiksmes (atkarībā no koordinātas un laika):

- a) saskaņotās slodzes režīmā;
- b) īsslēguma režīmam

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Eksperimentāli noteikt un uzzīmēt sprieguma efektīvo vērtību sadalījumu gar līniju tukšgaitas gadījumā. Ieejas sprieguma frekvenci f norāda pasniedzējs, bet amplitūdu izvēlas brīvi, nepārsniedzot 6 V.

5. Izmantojot 4. punktā iegūto efektīvo vērtību sadalījumu un pasniedzēja norādīto līnijas garumu l , noteikt viļņa garumu un fāzes koeficientu.

6. Izmērīt strāvu I_{1t} un spriegumu U_{2t} un, izmantojot 5.punktā atrasto fāzes koeficienta vērtību, noteikt līnijas raksturīgo pretestību Z_c .

7. Eksperimentāli uzņemt sprieguma efektīvo vērtību sadalījumu gar līniju:

- a) saskaņotās slodzes gadījumā;
- b) īsslēguma gadījumā;
- c) tukšgaitas gadījumā pie ieejas sprieguma efektīvās vērtības, kura 1,5 reizes atšķiras no tās, kas izmantota, izpildot 4.punktu.

8. Noteikt fāzes koeficientu, izmērot fāzu nobīdi starp spriegumu momentānajām vērtībām līnijas sākumā un attālumā $1/8 l$ no sākuma saskaņotās slodzes gadījumā.

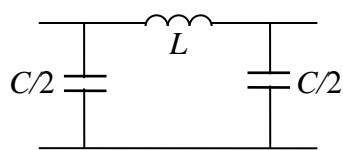
9. Uzzīmēt 4. un 7. punktā iegūtās līknes, pieņemot, ka 4., 7a un 7b punktā $U_1 = 100$ V, bet 7c punktā $U_1 = 150$ V.

10. Uzzīmēt sprieguma momentāno vērtību līknes līnijas sākumā un attālumā $1/8 l$ no sākuma;

- a) saskaņotās slodzes gadījumā;
- b) īsslēguma gadījumā, uzskatot, ka $U_1 = 100$ V.

11. Salīdzināt 5. un 8. punktā noteiktās fāzes koeficientu vērtības.

12. Aprēķināt pētītās līnijas parametrus L_0 , C_0 un viena Π -veida četrpola L un C vērtības.



Tā kā līnijas vienādojumi ar hiperboliskajām funkcijām (vai trigonometriskajām – līnijai bez zudumiem) analogi četrpolu ķēdes shēmas vienādojumiem, tad darbā līniju modelē ar ķēdes shēmu, ko veido 8 vienādi simetriski Π -veida četrpoli.

Sprieguma mērīšanai dažādos «līnijas» punktos starp katriem diviem četrpoliem uz paneļa izvadītas spaiļes. Atkarībā no pasniedzēja norādītā kopējā līnijas garuma katrs četrpols atbilst noteikta garuma līnijas nogrieznim $1/8 l$, kura robežās mērīšana nav iespējama.

Lai palielinātu spoļu induktivitāti, tām ir ferīta serdes. Praktiski tomēr nav iespējams izveidot četrpolus bez aktīviem zudumiem (zudumi rodas spoļu tinuma aktīvajās pretestībās un ferīta serdēs). Tādēļ darbā iegūtie rezultāti var atšķirties no teorētiski paredzamajiem.

Ķēdi baro no skaņu ģeneratora. Izpildot 6. punktu, strāvas I_{1t} noteikšanai virknē ar līnijas ieeju ieslēgt panelī iemontēto zināma lieluma pretestību. Ar lampu voltmetru, izmērot sprieguma kritumu uz šīs pretestības, atrod meklējamo strāvu.

Par slodzes pretestību saskaņotajā režīmā izmantot panelī iemontēto potenciometru.

Pieslēdzot aparāturu līnijai, iezemējamās spaiļes saslēgt kopā.

Fāzu nobīdi starp spriegumu momentānajām vērtībām 8. punktā noteikt ar oscilogrāfu, tāpat kā 29. darbā. Ja uz ekrāna iegūtā elipse ir ļoti izkropļota, samazināt ieejas spriegumu, lai spoles strādātu nepiesātinātā režīmā.

B. Kontroljautājumi

1. Kā noteikt viļņa garumu līnijā bez zudumiem, ja zināms sprieguma efektīvo vērtību sadalījums gar to tukšgaitas režīmā?

2. Uzrakstīt sprieguma momentāno vērtību izteiksmes (atkarībā no laika un koordinātas) līnijai bez zudumiem:

- a) tukšgaitas režīmā;
- b) īsslēguma režīmā;
- c) saskaņotas slodzes režīmā.

3. Ko saprot ar saskaņotās slodzes režīmu līnijā?