

IEVADS

Elektrotehnikas teorētisko pamatu kursā ļoti svarīga nozīme ir laboratorijas darbiem. Laboratorijas darbu galvenais uzdevums ir atvieglot un nodrošināt teorijas apgūšanu, uzskatāmi iepazīstinot studentus ar aplūkojamo teorētisko slēdzienu pielietojumu praksē. Laboratorijas nodarbības attīsta arī studentu iniciatīvu un patstāvību, dodot eksperimentēšanai vajadzīgo pieredzi. Laboratorijas darbu apraksti domāti kā klātienē, tā arī neklātienē nodaļu studentiem. Neklātienē nodaļas studenti var strādāt laboratorijā tikai pēc tam, kad viņiem ieskaitīti mācību plānos paredzētie kontroldarbi.

Laboratorijas darbu uzdevumi paredzēti 2 stundu nodarbībām laboratorijā. Pirmajā nodarbībā studentiem sniedz ievadinstruktažu un paskaidrojumus, viņi iepazīstas ar drošības tehnikas noteikumiem un darbu veikšanas kārtību teorētiskās elektrotehnikas laboratorijā.

Turpmākajās nodarbībās 2 stundās jāveic viens darbs. Konkrētos strādājamajos laboratorijas darbus nosaka nodarbību vadītājs. Nodarbības laboratorijā notiek pēc frontālās metodes, t.i. visa grupa vienlaikus strādā vienu un to pašu darbu.

Aprakstos doti darbu uzdevumi un īsi norādījumi par darba veikšanas metodiku un lietojamo aparatūru. Konkrētākas ziņas par darbā izmantojamo aparatūru, tās novietojumu laboratorijas stendā un darba režīmiem sniegtas laboratorijas metodisko norādījumu stendā. Pirms nodarbības studentiem sīki jāizdomā darba plāns, jāiepazīstas ar attiecīgajiem jautājumiem, obligāti izstudējot attiecīgo lekciju materiālu un norādīto literatūru. Lai atvieglotu laboratorijas darbu veikšanu un paaugstinātu to efektivitāti, darba uzdevumā īpaši izdalīti tie punkti, kas studentiem obligāti jāveic mājās, gatavojoties darbam laboratorijā.

Šajā laboratorijas darbu aprakstu krājumā ietilpināti K.Tabaka, I.Dūmiņa izstrādātie darbi, kā arī izmantoti citu augstāko mācību iestāžu laboratorijas darbu apraksti.

DROŠĪBAS TEHNIKAS INSTRUKCIJA STUDENTIEM TEORĒTISKĀS ELEKTROTEHNIKAS LABORATORIJĀ

I Vispārīgās prasības

1. Laboratorijas darbus atļauts strādāt tikai tiem studentiem, kuri iepazīstināti ar šo instrukciju, izpratuši prasības un parakstījušies par šo laboratorijas drošības tehnikas instruktāžu žurnālā. Neizpildot Instrukcijas prasību neievērošanas gadījumā, studentus var atstādināt nodarba.
2. Instruktaža jāatkārto gadījumos, kad students nav ievērojis instrukcijas prasības.

II Pirms darba

3. Norādītajā darba vietā pārliecinieties, vai darba vietas slēgdēļa slēdži ir atslēgti (rokturiem jābūt horizontāli) un laboratorijas autotransformatora rokturis atrodas «0» stāvoklī.
4. Laboratorijas darba iekārtu novietojiet tā, lai būtu ērti strādāt un nebūtu iespējams nejauši pieskarties neizolētām strāvu vadošajām daļām. Tas var apdraudēt veselību vai pat dzīvību.
5. Shēmas slēgšanai lietojiet tikai laboratorijā saņemamos vadus ar nebojātu izolāciju. Vadu garumiem jābūt piemērotiem, lai nerastos cilpas un nevajadzīga vadu krustojšanās. Visus neizlietos vadus novietojiet atpakaļ vadu novietnē.
6. Pārbaudiet shēmas pareizību. Ja shēma pareiza, jālūdz darba vadītājs vai laborants to pārbaudīt un pieslēgt spriegumam.
7. Studentiem ir tiesības lietot vienīgi to iekārtu, kas attiecīgajā darba vietā nodota viņu rīcībā. Darboties ar citu darba vietu iekārtu – ieslēgt slēdzus, regulēt reostatus u. tml. n o l i e g t s.

III Darba laikā

8. Pēc sprieguma pieslēgšanas studentiem: aizliegts
 - a) pieskarties shēmā ieslēgto ierīču un aparātu neizolētajām daļām;
 - b) izdarīt shēmā pārslēgumus vai aparātu nomaiņu (ja tas nepieciešams, vispirms jāatslēdz darba vietas slēdzis);
 - c) atstāt darba vietu bez uzraudzības.
9. Ja darba gaitā darba vietas slēdzis atslēgts shēmas pārkārtošanai, tad pieslēgt spriegumu drīkst tikai pēc tam, kad saņemta darbu vadītāja vai laboranta atļauja.
10. Ja notikusi avārija, kā arī tad, ja tīklā pazūd spriegums, nekavējoties jāatslēdz darba vietas slēdzis. Par to tūlīt jāziņo darbu vadītājam vai laborantam.
11. Aizliegts staigāt no vienas darba vietas uz citu, traucēt citus ar sarunām, iejaukties citu darbā – atvienot vadus, slēgt slēdzus u. tml.
12. Darba laikā ievērojiet klusumu.
13. Par laboratorijas darba laikā lietotās iekārtas un mēraparātu bojājumiem nekavējoties ziņojiet laborantam vai pasniedzējam.
14. Ja noticis nelaimes gadījums, tad, ja iespējams, paziņojiet par to paši, vai ar citu starpniecību darbu vadītājam.
15. Pēc mērījumu nolasīšanas atslēdziet darba vietas slēdzi, bet laboratorijas autotransformatora rokturis jānostāda «0» stāvoklī.
16. Shēmas izjaukšanai saņemiet darba vadītāja atļauju. Atvienojiet vadus, aparātus novietojiet tiem paredzētajās vietās, bet vadus – vadu novietnē.
17. Darba vietu laboratorijā drīkst atstāt tikai pēc tās nokārtošanas un nodošanas laborantam.

NORĀDĪJUMI PAR ELEKTROTEHNIKAS TEORĒTISKO PAMATU LABORATORIJAS DARBU VEIKŠANAS KĀRTĪBU

I Sagatavošanās darbam un pielaiide pie darba

1. Pirms ierašanās laboratorijā studentiem jā sagatavojas darba veikšanai. Nepieciešamās teorētiskās zināšanas jā iegūst, izstudējot lekciju konspektu par attiecīgo tēmu un darba aprakstā norādītos literatūras avotus.
2. Katram studentam mājās jā sagatavo arī individuāli iesniedzamā protokola sagatave, kurā obligāti jā iezīmē visas darbā slēdzamās shēmas un jā uzraksta atbildes un darba uzdevuma A daļas visiem jautājumiem. Protokola sagatavē jā iezīmē arī mērinstrumentu tabula un tabulas mērījumu rezultātu pierakstīšanai. No metodisko norādījumu stenda, kurš atrodas laboratorijā, mērinstrumentu tabulā jā ieraksta darbam nepieciešamā aparatūra.
3. Ierodoties uz nodarbībām laboratorijā, katram studentam jā uzrāda iepriekšējā punktā minētajām prasībām atbilstoša sagatave un jā nodod pilnīgi noformēts un aizstāvēšanai sagatavots iepriekšējā reizē nostrādātā laboratorijas darba protokols.
4. Nodarbību laikā laboratorijā studentiem:
 - a) jā saņem atļauja veikt darbu;
 - b) jā veic darbs (jā slēdz shēmas, jā izdara nepieciešamie mērījumi un jā ieraksta to rezultāti protokolā jau iepriekš sagatavotajās tabuās);
 - c) jā aizstāv nodoto laboratorijas darbu protokoli.
5. Studentu sagatavotību laboratorijas darbam pārbauda pasniedzējs, uzdodot viņiem kontroljautājumus par teoriju, darba gaitu, shēmas darbību, lietojamām formulām un sagaidāmajiem rezultātiem. Kontroljautājumus uzdod mutiski vai rakstiski.
6. Studentiem, kuri neizpilda šo noteikumu 3. punkta prasības, kontroljautājumus neuzdod un neatļauj strādāt. Atļauju strādāt nesaņem arī tie studenti, kuru teorētiskā sagatavotība tiek atzīta par nepietiekamu.
7. Studentiem, kuriem nav atļauts strādāt, atlikušais nodarbības laiks jā izmanto teorijas apgūšanai un jau nostrādāto darbu protokolu noformēšanai un aizstāvēšanai.
8. Tie darbi, kurus students nav nostrādājis plānotajos nodarbību laikos, veicami parādniekiem paredzētajā laikā. Lai students šajā laikā varētu strādāt, viņam iepriekš jā saņem atļauja strādāt no sava pasniedzēja. Atļauju strādāt students saņem pēc tam, kad apguvis vajadzīgās priekšzināšanas un sagatavojis darba protokolu. Ja darbs nav veikts plānotajā nodarbību laikā bez attaisnojoša iemesla, par darbu ārpus šī laika jā samaksā paredzētā kompensācija.

II Darbs laboratorijā

9. Eksperimentālo darbu laboratorijā studenti strādā individuāli vai pa brigādēm (2-3 stud.). Brigādes locekļi uzdoto darbu veic kopīgi, bet katrs patstāvīgi raksta darba protokolu un atskaitās par padarīto darbu.
10. Katra brigāde strādā atsevišķā darba vietā, kurā novietota visa darbam nepieciešamā aparatūra. Atsevišķos gadījumos vajadzīgie aparāti vai iekārtas jā prasa no laboranta. Tos patstāvīgi ņemt no citām darba vietām ir aizliegts.
11. Pirms darba sākšanas brigādes rīcībā nodotie aparāti un iekārtas jā apskata. Par ievērotajiem bojājumiem nekavējoties jā ziņo laborantam.
12. Brigādes locekļi atbild par visiem zaudējumiem, kādi var rasties laboratorijas darba kārtības vai drošības tehnikas prasību neievērošanas dēļ, kā arī nepareizi rīkojoties ar mēraparātiem vai citu laboratorijas iekārtu.
13. Pētīšanai paredzētā shēma studentiem jā saslēdz pastāvīgi, lai tā būtu pārskatāma un nerastos nevajadzīgi vadu krustojumi, jā lieto atbilstoša garuma vadi.
14. Sākot eksperimentu, reostati u.c. regulējamie aparāti jā ieregulē, lai ķēdē būtu minimāla strāva un spriegums; visiem mērinstrumentiem jā ieslēdz maksimālais mērapjoms. Pēc tam, kad mērāmas lielums aptuveni noteikts, jā izvēlas tāds mērapjoms, lai mērot tiktu izmantotas aptuveni trīs ceturtdaļas no mērinstrumenta skalas. Ja mērāmais lielums ir mazāks par vienu ceturtdaļu no instrumenta mērapjoma, tad mērījumu kļūdu samazināšanai jā izvēlas cits (mazāks) mērapjoms. Ja nepieciešams zināt darbā izmantotā pieslēgu sprieguma vērtību vai arī shēmā lietoto reostatu pretestības, tad šie lielumi ir jā izmēra. Aprēķinos nedrīkst izmantot uz slēgdēļiem un reostatiem norādītās nominālo lielumu vērtības, jo tās var būt stipri aptuvenas.

15. Kad shēma saslēgta, jāziņo laborantam vai pasniedzējam, kurš shēmu pārbauda un atļauj to pieslēgt spriegumam. Spriegumu iekārtai drīkst pieslēgt tikai tik ilgi, kamēr izdara mērījumus vai novēro shēmas darbību. Novērošanas darbu pārtraucot, spriegums jāizslēdz.
16. Veicot eksperimentālo darbu laboratorijā, mērinstrumentu rādījumi jāieraksta protokolā mājās sagatavotajās mērījumu tabulās. Pirms jebkuras darba shēmas izjaukšanas iegūtie rezultāti jāuzrāda pasniedzējam. Shēmas izjaukšanai atļauju dod pasniedzējs. Pirms šīs atļaujas saņemšanas shēmu izjaukt aizliegts, lai vajadzības gadījumā būtu iespējams mērījumus atkārtot.

III Protokola sagatavošana un darbu ieskaitīšana

17. Par katru nostrādāto darbu ne katram studentam jāiesniedz aizstāvēšanai sagatavots protokols. Par to, kādam jābūt protokolam, sīkāk paskaidrots *Norādījumos par darba protokolu*. Lai pārliecinātos, ka attiecīgajam darbam teorētiskā viela apgūta un izprasta pareizi, studentam jāpagatavo atbildes uz katra laboratorijas darba *C* daļā dotajiem kontroljautājumiem.
18. Protokola un datu secinājumu pareizība studentam jāapliecina ar savu parakstu.
19. Protokols jāiesniedz nākamās nodarbības sākumā, un nodarbības laikā tas jāaizstāv.
20. Nepilnīgi protokoli studentam jālabo vai jāpapildina. Šis darbs noteikti jāveic līdz nākamajai nodarbībai.
21. Ja visi darbi veikti un ieskaites iegūtas savlaikus, ieskaitāmo darbu aizstāvēšana semestra beigās nav paredzēta.

NORĀDĪJUMI PAR DARBA PROTOKOLU

Protokols jāraksta uz 210×297 mm (A4) formāta lapām, izvietojot tekstu lapā tā, lai būtu aizpildīta arī pirmā lapas puse, atstājot lapas kreisajā pusē 25 mm platu malu protokola iesūšanai.

Protokola saturs:

(Vieta zīmogam)

Fakultāte, kurss, grupa,
studenta vārds, uzvārdsETP laboratorija
Darba nr.
Darba nosaukums

1. Darba shēmas
2. Teorētiskais pamatojums.
3. Izmantojamo aparātu un mērinstrumentu tabula.
4. Mērījumu un aprēķinu tabulas.
5. Aprēķinu piemēri.
6. Grafiskā daļa.
7. Darba analīze un slēdzieni.
8. Datums un paraksts.

1. Visas laboratorijas darba veikšanai nepieciešamās shēmas jāiezīmē protokolā. Ja darba aprakstā shēmas nav dotas, tās jā sastāda studentam pašam. Shēmās jāparedz visi vajadzīgie mērinstrumenti. Shēmas jāzīmē ar zīmuli, izmantojot lineālu, cirkuli vai šablonus. Jālieto Valsts standartos esošie grafiskie apzīmējumi un simboli.

2. Jāizpilda un jāieraksta protokolā laboratorijas darba apraksta A daļā prasītie teorētiskie formulu izvedumi, jāuzzīmē sagaidāmās grafiskās sakarības, vektoru diagrammas un jādod izteiksmes, kas nepieciešamas eksperimenta rezultātu apstrādei.

3. Izmantotās aparatūras un mērinstrumentu tabula:

Nr. p. k	Nosaukums	Inventāra nr.	Sistēma

Šī tabula jā sagatavo un jāizpilda līdz darbam laboratorijā, ierakstot visu darbā lietojamo iekārtu un to raksturojošos lielumus.

4. Līdz darbam laboratorijā mājās jā sagatavo mērījumu un aprēķinu tabulas. Iepazīstoties ar darba uzdevumu, jānoskaidro, kādi lielumi jāizmēra un kādi atrodami aprēķinu gaitā. Vadoties no tā, jā sastāda mērījumu un aprēķinu tabulas, kur katram mērāmajam lielumam tabulā jāparedz divas ailes, – mērāmais lielums iedaļās un mērvienībās. Katrai mērījumu tabulai vai mērījumu sērijai jādod nosaukums saskaņā ar darba uzdevumu. Ieteicams sastādīt kopēju mērījumu un aprēķinu tabulu, paredzot tajā ailes, kur ierakstīt kā eksperimentāli noteiktos, tā arī aprēķinātos lielumus. Ja mērāmo lielumu ir daudz un vienā tabulā vietas trūkuma dēļ nevar uzrādīt arī aprēķinātos lielumus, tad aprēķinu tabula jāzīmē atsevišķi. Veicot mērījumus laboratorijā, tabulā vispirms jāuzrāda mērinstrumentu mērapjoms un skalas iedaļu skaits un tikai tad jā sāk pierakstīt mērinstrumentu rādījumi iedaļās. Ja mērapjoms tiek mainīts, tas jāuzrāda tabulā. Gadījumos, kad tas viegli izdarāms (pēc studenta ieskata), mērāmo lielumu var tūlīt pierakstīt, izteiktu mērvienībās. Tad iedaļu aili var neaizpildīt.

Piemērs:

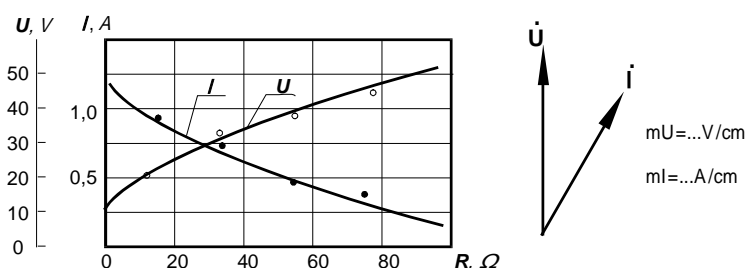
Nr. p.k.	I		U		
	ied.	A	ied.	V	
	0,75A; 75 ied.		150V; 75 ied.		
1.	22	0,22	22	44	
2.	36	0,36	38	76	
3.	55	0,55	53	106	
	1,5A; 75 ied.				
4.	37	0,74	70	140	
5.	41	0,82	79	158	

5. Arī visi aprēķinātie lielumi jāsakopo tabulās. Katras mērījumu tabulas vienai rindai (vienam režīmam) jādod visu nosakāmo lielumu aprēķina piemēri. Vispirms jāuzraksta formula ar burtu simboliem, pēc tam jāievieto skaitļi, jāparāda aprēķinu gaita un jādod iegūtais rezultāts, uzrādot arī mērvienību.

6. Darba uzdevumā prasītās vektoru diagrammas un līknes jāzīmē uz milimetru papīra (vēlams 210×297 mm). Zīmēšanai jālieto cirkulis, lineāls, zīmulis, krāsainie zīmuli. Atļauts izmantot arī datoru. Zīmējot diagrammas un grafikus, jāievēro arī standartu noteiktie mērogi (mērvienību skaits 1 cm jāizsaka ar skaitļiem $1 \cdot 10^n$, $2 \cdot 10^n$ vai $5 \cdot 10^n$, kur n – jebkurš vesels skaitlis).

Konkrēto mērījumu rezultātiem grafikā jābūt iezīmētiem punktu veidā. Norisi raksturojošā līkne izvelkama kā tieva līnija caur šiem punktiem. Ja visi punkti neatrodas uz teorētiski sagaidāmās līnijas – taisnes vai līknes, tā jāvelk kā vidējā līnija caur iespējami lielāku punktu skaitu, saglabājot sakarības raksturu. Nomaļus stāvošos punktus, kas norāda uz gadījuma kļūdām, var neievērot. Par tiem jāsniedz paskaidrojumi darba analizē un slēdzienos.

Ja vienā diagrammā attēlo vairākus mainīgus lielumus, tad atsevišķām līnijām ieteicams izvēlēties katrai savu krāsu. Pie katras līnijas jāpieraksta tā lieluma simbols, kura maiņu līnija attēlo.



Piemēri grafiku un vektoru diagrammu zīmēšanai

7. Protokols jāpabeidz ar darbā iegūto rezultātu analīzi. Jādod secinājumi par iegūto diagrammu un līkņu atbilstību teorētiskajiem apsvērumiem. Ja atklājas būtiskas nesaskaņas, jāpaskaidro to iemesli; vajadzības gadījumā mērījumi jāatkārto.

8. Protokola datu un secinājumu pareizību students apliecina ar savu parakstu.

1. darbs

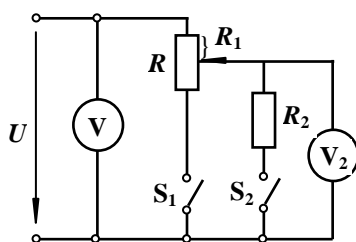
SPRIEGUMA REGULĒŠANA AR REOSTATU

Patērētāja spriegumu iespējams regulēt ar reostatu, saslēdzot to virknē ar patērētāju vai arī ieslēdzot kā sprieguma dalītāju (potenciometru). Darbā jāiepazīstas ar reostata virknes un potenciometriskā slēguma īpašībām un aprēķiniem.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt uzdevuma 5. un 6.p. veikšanai nepieciešamo slēguma shēmu (1.1.att.).



1.1. att.

2. Iegūt formulas patērētāja sprieguma attiecības pret tīkla spriegumu $\frac{U_2}{U}$ noteikšanai atkarībā no reostata slīdkontakta stāvokļa $\left(\frac{R_1}{R}\right)$ un patērētāja pretestības attiecības pret regulēšanas reostata pretestību $\frac{R_2}{R}$, t.i., sakarības $\frac{U_2}{U} = f\left(\frac{R_1}{R}, \frac{R_2}{R}\right)$ virknes un potenciometriskajai regulēšanas shēmai.

3. Noskaidrot, kā mainās voltmetra V_2 rādījumi, ja reostata R slīdkontaktu pārvieto no viena galējā stāvokļa līdz otram.

4. Iegūt sakarību attiecības $\frac{R_1}{R}$ iestādīšanai pēc abu voltmetru rādījumiem, ja slēdzis S_1 ir ieslēgts, bet S_2 – atslēgts.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

5. Eksperimentāli uzņemt sprieguma U_2 atkarību no pretestību R_1 un R attiecības trijām dažādām slodzes R_2 pretestībām virknes un potenciometriskajai sprieguma regulēšanas shēmai.

Mērījumus izdarīt šādām attiecībām: $\frac{R_1}{R} = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$.

6. Noteikt darbā lietoto 4 reostatu pretestības.

7. Izmantojot eksperimentāli iegūtos rezultātus, uzzīmēt līknes $\frac{U_2}{U} = f\left(\frac{R_1}{R}\right)$ trijām

dažādām attiecībām $\frac{R_2}{R}$ virknes un potenciometriskajai regulēšanas shēmai.

8. Katra slēguma vienu eksperimentāli iegūto līkni pārbaudīt ar 2. p. iegūtajām formulām. Aprēķinātās līknes attēlot vienā zīmējumā ar eksperimentāli uzņemtajām līknēm.

9. Analizējot iegūtās līknes, noskaidrot, kā mainās sprieguma regulēšanas vienmērīgums un regulēšanas robežas atkarībā no slēguma veida un patērētāja pretestību lielumiem, ja attiecība $\frac{R_1}{R}$ mainās no 0 līdz 1.

Norādījumi. Lai darba gaitā nebūtu jāizdara daudz pārslēgumu pārejai no vienas sprieguma regulēšanas shēmas uz otru, jālieto slēdži S_1 un S_2 , ar kuriem reostatu R var ieslēgt virknē ar patērētāju un iegūt virknes sprieguma regulēšanas shēmu un arī kā sprieguma dalītāju, iegūstot potenciometrisko sprieguma regulēšanas shēmu.

Lai paātrinātu darbu, pēc attiecības $\frac{R_1}{R}$ iestādīšanas jāizdara mērījumi abām regulēšanas shēmām, pēc tam jāiestāda citu attiecību un atkal jāizdara mērījumi abām slēguma shēmām u.t.t.

Lai nebojātu reostatu, tam caurplūstošā strāva nedrīkst pārsniegt uzrādīto pieļaujamo vērtību.

C. Kontroljautājumi

1. Ko rādīs voltmets V_2 slēdžu dažādos stāvokļos, ja pretestības R slīdkontakts atrodas augšējā galējā stāvoklī ($R_1=0$) un shēmas ieejai pieslēgts spriegums U ?

2. Ko rādīs voltmets slēdžu dažādos stāvokļos, ja pretestības R slīdkontakts atrodas apakšējā galējā stāvoklī ($R_1=R$) un shēmas ieejai pieslēgts spriegums U ?

3. Potenciometriskajai regulēšanas shēmai iegūt formulu

$$\frac{U_2}{U} = \frac{\frac{R_2}{R} - \frac{R_1}{R} \cdot \frac{R_2}{R}}{\frac{R_1}{R} - \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 + \frac{R_2}{R}}$$

4. Paskaidrot, kā eksperimentāli (t.i., izmantojot voltmetru rādījumus) iestādīt attiecības $\frac{R_1}{R} = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1$.

Literatūra:

[1] 1.1.1. – 1.1.3; 1.1.5

[2] 1.1.1. – 1.1.3; 1.1.5

2. darbs

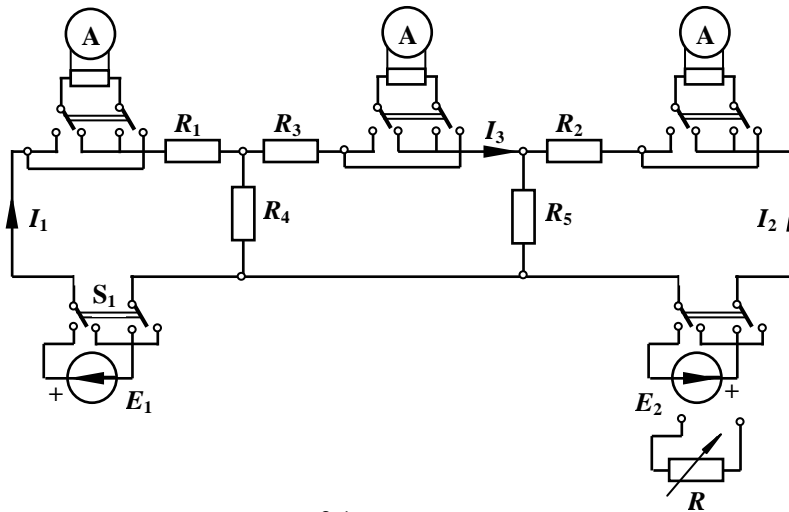
SAZAROTA LĪDZSTRĀVAS ĶĒDE

Darbā jāpēta sazarota līdzstrāvas ķēde ar EDS avotiem, eksperimentāli un analītiski jānosaka zaru ieejas un savstarpējās vadītspējas, jāizdara aprēķins pēc superpozīcijas principa, jāpārbauda lineārās sakarības starp strāvām dažādos zaros, mainoties vienai no shēmas pretestībām.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Dotajai shēmai (2.1. att.) iegūt formulas 1. un 2. zara ieejas vadītspēju g_{11} un g_{22} analītiskai noteikšanai.



2.1. att.

2. Iegūt formulas 1. un 2. zara savstarpējās vadītspējas g_{12} , 1. un 3. zara savstarpējās vadītspējas g_{13} un 2. un 3. zara savstarpējās vadītspējas g_{23} analītiskai noteikšanai.

3. Uzrakstīt formulas, kas nepieciešamas 1. un 2. p. minēto vadītspēju eksperimentālai noteikšanai.

4. Uzrakstīt izteiksmes strāvu I_1 , I_2 un I_3 noteikšanai pēc superpozīcijas principa, ja shēmai vienlaikus pieslēgti abi EDS avoti un zināmas attiecīgās vadītspējas.

5. Uzskatot vadītspējas g_{11} , g_{22} , g_{12} , g_{13} un g_{32} par zināmām, iegūt lineārās sakarības starp strāvām I_1 un I_2 ($I_1 = I_1(I_2)$), kā arī I_3 un I_2 ($I_3 = I_3(I_2)$), ja shēmai pieslēgts avots E_1 , bet E_2 vietā ieslēgta mainīga pretestība R . Sakarību iegūšanai izmantot superpozīcijas principu.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

6. Saslēgt 2.1. att. parādīto shēmu. Eksperimentāli noteikt vadītspējas g_{11} , g_{22} , g_{12} , g_{21} , g_{13} , g_{23} un g_{32} .

2.1. att.

7. Izmērīt strāvas I_1 , I_2 un I_3 , ja shēmai vienlaikus pieslēgti abi EDS avoti.

8. Avota E_2 vietā ieslēgt maināmu pretestību R un, mainot to no 0 (īsslēgums) līdz (ķēdes pārrāvums), uzņemt sakarības $I_1 = I_1(I_2)$ un $I_3 = I_3(I_2)$.

9. Ar 1. un 2. p. iegūtajām formulām, izmantojot zināmas pretestību R_1 , R_2 , R_3 , R_4 un R_5 vērtības, aprēķināt vadītspējas g_{11} , g_{22} , g_{12} , g_{21} , g_{31} un g_{32} . Eksperimentāli iegūtās un analītiski aprēķinātās vadītspēju vērtības salīdzināt tabulā.

10. Pēc superpozīcijas principa aprēķināt strāvas I_1 , I_2 un I_3 , ja shēmai vienlaikus pieslēgti abi EDS avoti, izmantojot analītiski noteiktās ieejas un savstarpējo vadītspēju vērtības. Salīdzināt analītiski un eksperimentāli iegūtos rezultātus.

11. Izmantojot analītiski noteiktās ieejas un savstarpējo vadītspēju vērtības, noteikt sakarības $I_1 = I_1(I_2)$ un $I_3 = I_3(I_2)$, ja mainās pretestība R . Analītiski un eksperimentāli iegūtās sakarības attēlot vienā zīmējumā un salīdzināt.

Norādījumi. Darba veikšanai nepieciešams apgūt superpozīcijas principu, kompensācijas teorēmu un lineāro sakarību jēdzienu un prast tos izmantot vienkāršāko shēmu aprēķinos.

Pieslēdzot shēmu EDS avotiem, stingri jāievēro shēmā parādīto avotu polaritāte.

Shēmā jāizmanto pārslēdži, ar kuriem vajadzības gadījumā var mainīt ampērmetru ieslēgšanas polaritāti.

Darbā uzskatīt, ka EDS avotu iekšējā pretestība ir nulle.

Pirms 7. p. prasīto strāvu noteikšanas, kad vienlaikus pieslēgti abi EDS avoti, vispirms, izmantojot 6. punktā iegūto strāvu sadalījumu ķēdē no katra EDS atsevišķi, pēc superpozīcijas principa jānosaka strāvu virzieni, kad shēmā darbojas abi EDS vienlaikus. Pirms abu avotu pieslēgšanas ampērmetru pārslēdži jāiestāda atbilstoši noteiktajiem strāvu pozitīvajiem virzieniem.

Visos aprēķinos stingri jāievēro shēmā pieņemtie strāvu I_1 , I_2 un I_3 pozitīvie virzieni. Rakstot izteiksmes pēc superpozīcijas principa, visas vadītspējas uzskatīt par pozitīvām, bet EDS avotus – par pozitīviem vai negatīviem atkarībā no tā, vai tie vērsti sava zara strāvas virzienā vai pretēji tam.

Lai aprēķinātu ieejas vadītspējas g_{kk} , nepieciešams aprēķināt strāvu k -zarā gadījumā, kad šajā zarā darbojas tikai šī zara EDS E_k , bet visu pārējie shēmas EDS avotu spriegumi vienādi ar nulli. Tad

$$g_{kk} = \frac{I_k}{E_k}.$$

Līdzīgi nosaka arī savstarpējo vadītspēju. Zaru k un m savstarpējā vadītspēja g_{km} ir vienāda ar zara k strāvas I_k un m -zara EDS E_m attiecību gadījumā, ja E_m ir vienīgais avots, kas darbojas shēmā:

$$g_{km} = \frac{I_k}{E_m}.$$

Lineārās ķēdēs jebkuras divas strāvas savā starpā saista lineāras sakarības. Tā, piemēram,

$$I_1 = a + bI_2 \quad \text{un} \quad I_3 = c + dI_2.$$

Visus koeficientus (a , b , c , d) šajos lineāro sakarību vienādojumos var noteikt, izmantojot tukšgaitas un īsslēguma režīmus.

C. Kontroljautājumi

1. Kā analītiski aprēķināt zaru ieejas vadītspējas shēmai ar vairākiem avotiem, ja zināma shēmas konfigurācija un tās parametri:

- a) izmantojot superpozīcijas principu;
 - b) nosakot shēmas ieejas pretestību attiecībā pret aplūkojamo zaru?
2. Kā atrast zaru savstarpējās vadītspējas? Ko nosaka savstarpīguma princips?
 3. Kā dotajai shēmai eksperimentāli noteikt savstarpējās vadītspējas g_{14} un g_{25} ?

Literatūra:

[1] 2.5.1, 2.5.2, 2.6.1, 2.6.2

[2] 2.4.1, 2.4.2, 2.5.1, 2.5.2.

3. darbs

LĪDZSTRĀVAS LĪNIJAS PĒTĪŠANA

Pētot līdzstrāvas līnijas režīmus, jānoskaidro, kā mainās enerģijas pārvadi raksturojošie lielumi (patērētāja spriegums U_2 , sprieguma zudumi līnijā ΔU , ģenerators un patērētāja jaudas P_1 un P_2 , jaudas zudumi līnijā P , lietderības koeficients η) atkarībā no slodzes strāvas I , ja ģenerators spriegums U_1 un līnijas pretestība R_l nemainās. Jānoskaidro ģenerators sprieguma ietekme uz enerģijas pārvades lietderības koeficientu. Līdzstrāvas līnijas pētīšana izdarāma ar tās ekvivalento shēmu, kurā līnijas un patērētāja pretestību vietā ieslēgti reostati.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Uzzīmēt līnijas ekvivalento shēmu, paredzot ampērmetru slodzes strāvas un voltmetrus ģenerators un patērētāja spriegumu mērīšanai.

2. Iegūt formulas enerģijas pārvadi raksturojošo lielumu aprēķināšanai atkarībā no slodzes strāvas nemainīga ģenerators sprieguma un līnijas pretestības gadījumā. Protokola sagatavē grafiski parādīt līkņu raksturu.

3. Pierādīt, ka maksimālā jauda patērētājam tiek pievadīta tad, ja patērētāja pretestība ir vienāda ar līnijas pretestību.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt līnijas ekvivalento shēmu.

5. Uzņemt enerģijas pārvadi raksturojošo lielumu līknes, mainot slodzes strāvu no nulles līdz īsslēguma strāvai (eksperiments jāizdara, nemainot līnijas pretestību un uzturot nemainīgu ģenerators spriegumu U_1). Atkārtot eksperimentu vēl 2 dažādām ģenerators sprieguma vērtībām. Iegūtās līknes (atbilstošas vienai no U_1 vērtībām) uzzīmēt kopējā grafikā.

6. Aprēķināt un uzzīmēt 5.p. grafikā līkni $U_2=U_2(I)$, izmantojot 2.p. iegūto formulu un doto ģenerators spriegumu.

7. Izmantojot eksperimenta datus, grafiski noteikt un uzzīmēt enerģijas pārvades lietderības koeficienta atkarību no ģenerators sprieguma nemainīgas līnijas pretestības un nemainīgas patērētāja jaudas gadījumā.

Norādījumi. Veicot uzdevuma 5.p., mērījumi jāizdara pietiekami daudz strāvas vērtībām, kas vienmērīgi sadalītas intervālā starp nulli un īsslēguma strāvu.

Veicot uzdevuma 6.p., vispirms no īsslēguma eksperimenta datiem jāizrēķina līnijas pretestības lielums.

Lai noteiktu sprieguma maiņas ietekmi uz enerģijas pārvades lietderības koeficientu, jāizmanto 5.p. minētais eksperiments vēl divām ģenerators sprieguma vērtībām. Kopējā grafikā jāuzzīmē līknes $\eta=\eta(I)$ un $P_2=P_2(I)$ visām trijām U_1 vērtībām, jāizvēlas kāda noteikta P_2 vērtība un no grafika jānosaka η katrai U_1 vērtībai. Sakarība $\eta=\eta(U_1)$ jāuzzīmē atsevišķā

grafikā, ņemot tikai tās η vērtības, kuras atbilst strāvas vērtībām $I < \frac{I_{\text{īssl}}}{2}$.

C. Kontroljautājumi

Gatavojoties darbam, izanalizēt: a) kā mainās enerģijas pārvadi raksturojošie lielumi atkarībā no slodzes pretestības, ja ģenerators spriegums un līnijas pretestība paliek nemainīgi, b) kā mainās enerģijas pārvadi raksturojošie lielumi atkarībā no ģenerators sprieguma, ja līnijas un patērētāja pretestības paliek nemainīgas.

1. Ar ko vienāds spriegums līnijas ekvivalentajā shēmā uz līnijas pretestības R_l un slodzes R , ja slodzes pretestība $R=0$ un $R=\infty$, bet shēmas ieejā pieslēgts spriegums U_1 ?

2. Kā mainās enerģijas pārvadi raksturojošie lielumi atkarībā no U_1 , ja $R_l = \text{const}$ un $R = \text{const}$?

3. Kā mainās enerģijas pārvadi raksturojošie lielumi atkarībā no R , ja $R_l = \text{const}$ un $U_1 = \text{const}$?

4. Kā, izmantojot mērījumu datus, iegūt līnijas lietderības koeficienta grafiku $\eta=\eta(I)$ nemainīgas patērētāja jaudas P_2 un līnijas pretestības R_l gadījumā?

5. Kā izmainīsies sakarība $\eta = \eta(U_1)$, izvēloties lielāku (mazāku) $P_2 = \text{const}$ vērtību?

Literatūra

[1] 2.7.3

[2] 2.6.3

4. darbs

AKTĪVA DIVPOLA PĒTĪŠANA

Darbu veicot, jāiemācās analītiski un eksperimentāli noteikt aktīva divpola parametrus un aprēķināt slodzes strāvu, kā arī jāpārlicinās par savstarpīguma principa pareizību sazarotā lineārā ķēdē.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba uzdevuma 3., 6. un 7. p. slēdzamās shēmas.

2. Iegūt formulas pētāmā divpola tukšgaitas sprieguma un ieejas pretestības noteikšanai, uzskatot divpola pretestību un EDS avota lielumus par zināmiem (pieņemt, ka EDS avota iekšējā pretestība ir vienāda ar 0).

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

3. No četriem reostatiem R_1, R_2, R_3, R_4 izveidot līdzstrāvas tiltiņa shēmu, kura vienā diagonālē ieslēgt EDS avotu bet otrā – maināmu slodzes pretestību R . Shēmā jābūt slēdzim tukšgaitas režīma iegūšanai, ampēmetram un voltmetram slodzes strāvas sprieguma mērīšanai.

4. Eksperimentāli noteikt izveidotā divpola tukšgaitas spriegumu un īsslēguma strāvu, aprēķināt no šiem mērījumiem divpola ieejas pretestību.

5. Iegūt un uzzīmēt slodzes strāvas atkarību no slodzes pretestības $I = I(R)$ (pretestību R mainīt no 0 līdz ∞).

6. Eksperimentāli pārlicināties par savstarpīguma principa pareizību pētāmajā ķēdē (vienai konkrētai slodzes strāvas vērtībai, piemēram, īsslēguma gadījumam).

7. Ar voltmetru un ampēmetru noteikt divpola ieejas pretestību.

8. Izmērīt visu divpola shēmā ieslēgto reostatu pretestības un avota EDS. Ar darba uzdevuma 2. p. iegūtajām formulām aprēķināt aktīvā divpola parametrus un pēc aktīvā divpola teorēmas aprēķināt slodzes strāvu atkarībā no slodzes pretestības R .

9. Salīdzināt ar dažādiem paņēmieniem iegūtos divpola parametrus. Uzzīmēt vienā zīmējumā 5. un 8. p. iegūtās līknes.

C. Kontroljautājumi

1. Noteikt, kā darba shēmā pieslēdzamas mērinstrumentu «+» un «-» spaiļes, ja zināma EDS avota E polaritāte, pretestību R_1, R_2, R_3, R_4 lielumi un to izvietojums tiltiņa shēmā.

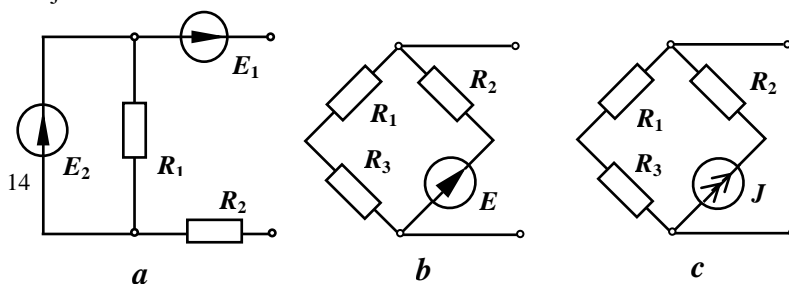
2. Dotajām R_1, R_2, R_3, R_4 un E vērtībām aprēķināt aptuvenu īsslēguma strāvas lielumu, lai izvēlētos piemērotāko ampēmetra šunta diapazonu.

3. Kā izmainīsies divpola ieejas pretestība, ja kāds no tiltiņa pleciem tiks pārtraukts (piem., $R_1 = \infty$)? Kā šajā gadījumā izmainīsies tukšgaitas spriegums un divpola īsslēguma strāva?

4. Kā izmainīsies aktīvā divpola parametri, ja viens no tiltiņa pleciem būs saslēgts īsi (piem., $R_1 = 0$)?

5. Uzrakstīt divpola ieejas pretestības izteiksmi, ja ideālā sprieguma avota vietā shēmā ieslēgts ideāls strāvas avots. Uzrakstīt tukšgaitas sprieguma izteiksmi šajā gadījumā.

6. Uzrakstīt izteiksmes dažādu aktīvo divpolu parametru aprēķinam, piemēram, 4.1.attēlā dotajām shēmām.



4.1. att.

Literatūra:

[1] 2.5.1; 2.7.1; 2.7.2

[2] 2.6.1; 2.6.2

5. darbs

MAINSRĀVAS ĶĒDES AR AKTĪVIEM UN REAKTĪVIEM ELEMENTIEM

Darbā jāiepazīstas ar aktīvu, kapacitīvu un induktīvu pretestību dažādu slēgumu īpašībām, strāvu, spriegumu, vadītspēju un pretestību trīsstūriem, vektoru diagrammām un vienkāršākajām riņķa diagrammām.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba uzdevuma 4., 5., 7. un 8. p. pētāmo slēgumu shēmas.
2. Uzzīmēt uzdevuma 4. un 5. p. slēgumiem sagaidāmās riņķa diagrammas.
3. Protokola sagatavē uzzīmēt uzdevuma 7. un 8. p. slēgumiem sagaidāmās vektoru diagrammas, norādot kopējās strāvas vektora galapunkta ģeometrisko vietu, gadījumā, kad mainās viena no pretestībām.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt virknē reostatu un kondensatoru bateriju, paredzot ampērmetru strāvas mērīšanai un divus voltmetrus spriegumu mērīšanai uz reostata un uz kondensatoru baterijas. Mainīt kondensatoru baterijas kapacitāti no nulles līdz maksimāli iespējamai un izdarīt mērījumus.

5. Iepriekš minētajā slēgumā aizstāt kondensatoru bateriju ar spoli. Nemainot pieslēgumu, mainīt reostata pretestību no nulles līdz maksimāli iespējamai un izdarīt mērījumus.

6. Darba atskaitē uzzīmēt:

- a) vienkāršākās riņķa diagrammas 4. un 5.p. slēgumiem, atzīmējot eksperimentāli iegūtos punktus;
- b) pretestību trīsstūri 4.p. slēguma vienam režīmam;
- c) fāžu nobīdes leņķa φ un jaudas koeficienta $\cos\varphi$ maiņas līknes atkarībā no kapacitātes 4.p. slēgumam.

7. Saslēgt paralēli reostatu un kondensatoru bateriju, paredzot voltmetru pieslēgumu sprieguma un trīs ampērmetrus visu strāvu mērīšanai. Mainīt kondensatoru baterijas kapacitāti un izdarīt mērījumus.

8. Iepriekšējā slēgumā aizstāt kondensatoru bateriju ar spoli. Mainīt reostata pretestību un izdarīt mērījumus. Izmantojot eksperimentāli iegūtās strāvas, grafiski atrast fāžu nobīdes leņķi starp spoles strāvu un spriegumu.

9. Darba atskaitē uzzīmēt:

- a) vektoru diagrammas, atrodot kopējās strāvas vektora galapunkta ģeometrisko vietu 7. un 9.p. slēgumiem;
- b) vadītspēju trīsstūri 7. punkta slēguma vienam režīmam;
- c) fāžu nobīdes leņķa φ un jaudas koeficienta $\cos\varphi$ maiņas līknes atkarībā no kapacitātes 7.p. slēgumam.

Norādījumi. Gatavojoties darbam, jāapgūst vienkāršās riņķa diagrammas aktīvas un reaktīvas pretestības virknes slēgumam, pretestību trīsstūri, jānoskaidro, kā fāžu nobīdes leņķi un jaudas koeficientu ietekmē aktīvās un reaktīvās pretestības maiņa. Jāapgūst vektoru diagrammas aktīvas un reaktīvas pretestības paralēlam slēgumam, jāprot atrast kopējās strāvas hodogrāfs (vektora galapunkta ģeometriskā vieta), ja mainās viena no pretestībām. Jānoskaidro, kā fāžu

nobīdes leņķi un jaudas koeficientu ietekmē aktīvās un reaktīvās pretestības maiņa. Jāprot uzzīmēt vadītspēju trīsstūris.

Veicot 7. un 8. punktu, jāseko, lai netiktu pārslogoti ampērmetri, bet 8. p. – lai strāva caur reostatu nepārsniegtu pieļaujamo maksimālo vērtību.

Vektoru un riņķa diagrammas jāzīmē, tieši izmantojot visas eksperimentāli iegūtās strāvu un spriegumu vērtības. Jāņem vērā, ka darbā izmantotā spole nav ideāla induktivitāte, bet tā satur arī aktīvo pretestību. Darbu analizējot, norādīt, kā tas ietekmē iegūtās diagrammas.

Uzdevuma 6.c un 9.c p. prasītās līknes zīmēt kopējā grafikā.

C. Kontroljautājumi

1. Kā R un C virknes slēguma shēmā kapacitātes palielināšana (samazināšana) ietekmē strāvu, spriegumus U_C un U_a , fāžu nobīdes leņķi φ un $\cos\varphi$?

2. Kā, izmantojot 5. p. mērījumu rezultātus, noteikt spoles aktīvo pretestību?

3. Kā R un C (R un L) paralēlā slēguma shēmā kapacitātes (induktivitātes) palielināšana (samazināšana) ietekmē $\cos\varphi$?

4. Kā induktivitātes palielināšana (samazināšana) ietekmē $\cos\varphi$:

a) R un L virknes slēgumā;

b) R un L paralēlajā slēgumā?

5. Kā, zīmējot uzdevuma 8. p. vektoru diagrammu, ievērot spoles aktīvo pretestību?

6. Kā pretestības R palielināšana (samazināšana) ietekmē $\cos\varphi$:

a) R un C virknes slēgumā;

b) R un C paralēlā slēgumā?

Literatūra:

[1] 5.1; 5.2; 5.3

[2] 5.1; 5.2; 5.3

5a. darbs

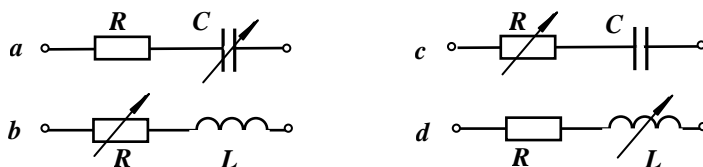
VIENKĀRŠĀKO MAIŅSTRĀVAS ĶĒŽU ANALĪZE DAŽĀDOS DARBA REŽĪMOS

Darbā jāiepazīstas ar aktīvi induktīvu un aktīvi kapacitīvu ķēžu dažādu slēgumu īpašībām, kā arī ar sprieguma rezonanses režīma izpēti R , L , C virknes slēgumā.

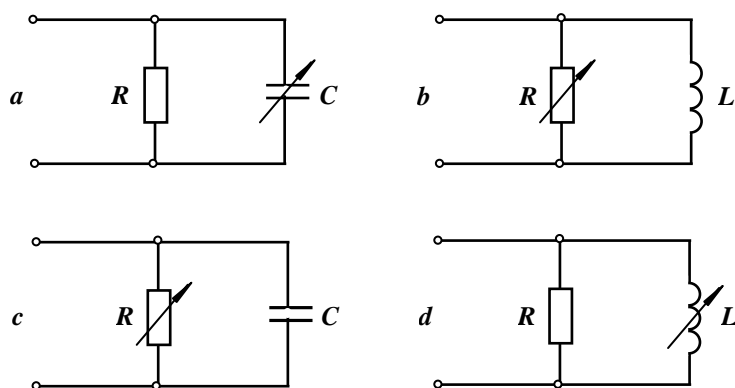
A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba uzdevuma 8., 10. un 12. p. pētāmo slēgumu shēmas.

2. Protokola sagatavē uzzīmēt 5a.1. attēlā dotajām shēmām riņķa diagrammas un parādīt ķēdes fāžu nobīdes leņķa φ maiņas līkni atkarībā no ķēdes mainīgās pretestības.



5a.1. att.



5a.2. att.

3. Protokola sagatavē uzzīmēt vektoru diagrammas 5a.2. attēlā dotajām shēmām, norādot kopējās strāvas vektora galapunkta ģeometrisko vietu un ķēdes fāžu nobīdes leņķa φ maiņas līkni atkarībā no ķēdes mainīgās pretestības.

4. Uzrakstīt spriegumu rezonanses matemātisko noteikumu jebkurai shēmai un dotajam RLC virknes slēgumam.

5. Uzrakstīt formulas RLC-kontūra viļņu pretestības, rimšanas koeficienta un kontūra labuma noteikšanai.

6. Uzzīmēt 12. punktā uzņemamo līkņu raksturu, ja ķēdē mainās:

- a) induktīvā pretestība;
- b) kapacitīvā pretestība.

Zīmējot līknes, sevišķa vērība jāvelti tam, lai parādītu, kādu līkņu maksimumi sakrīt vienā vai otrā eksperimenta gadījumā un kādas vērtības pieņem pētāmie lielumi, ja mainīgā reaktīvā pretestība tiecas uz nulli vai bezgalību.

7. Pierādīt, ka jaudas koeficientu dotajā RLC virknes shēmā var aprēķināt pēc formulas

$$\cos \varphi = \frac{I}{I_{\text{rez}}}.$$

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

8. Pēc pasniedzēja norādījuma vienai no 5a.1. attēlā dotajām shēmām eksperimentāli noteikt strāvas un spriegumu (uz reostata un reaktīvās pretestības) maiņu, ja shēmā dotā mainīgā pretestība mainās no nulles līdz bezgalībai. Shēmā jāieslēdz ampērmetrs strāvas mērīšanai un divi voltmetri sprieguma mērīšanai uz reostata un uz reaktīvās pretestības.

9. Darba atskaitē iegūtos eksperimentālos rezultātus attēlot vienkāršās riņķa diagrammas veidā un uzzīmēt fāžu nobīdes leņķa starp strāvu un kopējo spriegumu φ funkcionālo atkarību no ķēdes mainīgās pretestības.

10. Pēc pasniedzēja norādījuma vienai no 5a.2. attēlā dotajām shēmām uzņemt sprieguma un strāvu vektoru diagrammu pie dažādām mainīgās pretestības vērtībām. Shēmā ieslēgt voltmetru pieslēgtā sprieguma un trīs ampērmetrus visu strāvu mērīšanai.

11. Darba atskaitē uzzīmēt iepriekšējā p. eksperimentāli iegūtās vektoru diagrammas, atrodot kopējās strāvas vektora galapunkta ģeometrisko vietu, un attēlot grafiski ķēdes fāžu nobīdes leņķa φ maiņas atkarību no ķēdes mainīgās pretestības.

12. Saslēgt virknē spoli, kondensatoru bateriju un reostatu, paredzot voltmetrus pieslēgtu sprieguma, spriegumu uz kondensatoru baterijas un spoles, kā arī ampērmetru strāvas mērīšanai. Ķēdē pieslēgt maiņspriegumam, paredzot autotransformatoru, lai ieejā spriegumu ieregulētu aptuveni 30 V.

Eksperimentāli novērot sprieguma rezonansi RLC virknes slēguma shēmā un uzņemt strāvas un spriegumu uz kondensatoru baterijas un spoles atkarību no (pēc pasniedzēja norādījuma – vienam no variantiem):

- a) spoles induktīvās pretestības;
- b) kapacitīvās pretestības

13. Iegūt strāvas līkni atkarībā no ķēdes mainīgās reaktīvās pretestības pie vēl vienas ķēdes aktīvās pretestības vērtības (kura apmēram divas reizes atšķiras no 12. p. izmantotās) un

noskaidrot ķēdes aktīvās pretestības ietekmi uz strāvas rezonanses līknes formu un rezonanses kontūru raksturojošiem lielumiem.

14. Darba atskaitē :

a) uzzīmēt vienā zīmējumā 12. p. uzņemtās strāvas I , spriegumu U_C un U_L līknes un fāžu nobīdes leņķa φ atkarību no mainīgās reaktīvās pretestības;

b) uzzīmēt vienā zīmējumā attiecības I/I_{rez} izmaiņas līknes atkarībā no mainīgās reaktīvās pretestības divu dažādu ķēdes aktīvo pretestību gadījumā, izmantojot 12. un 13. p. iegūtos rezultātus;

c) uzzīmēt strāvas un sprieguma vektoru diagrammas 12. punkta trim režīmiem: pirms rezonanses, pēc rezonanses un rezonanses režīmā;

d) aprēķināt ķēdes viļņu pretestību, rīšanas koeficientu un kontūra labumu abiem 12. un 13. p. izmantotajiem aktīvās pretestības lielumiem.

Norādījumi. Rezonanses režīmā spriegumi uz reaktīvajiem elementiem var ievērojami pārsniegt pieslēgtu spriegumu, tāpēc uzmanīgi jāseko visu mērinstrumentu rādījumiem.

Pirms rezonanses līknes uzņemšanas jāpārlicinās, ka, mainot vienu no reaktīvajām pretestībām, varēs izdarīt pietiekami daudz (vismaz piecus) mērījumus kā pirms, tā arī pēc rezonanses režīma. Ja tas neizdodas, jāizvēlas citāda nemainīgās reaktīvās pretestības vērtība. Jāuzņem arī pietiekams punktu skaits, kas tuvs rezonanses režīmam, precīzi fiksējot rezonanses režīmu.

C. Kontroljautājumi

1. Ja, pētot RLC virknes slēgumu, rezonanses režīmā izmērītais spriegums uz spoles ir lielāks par spriegumu uz kondensatoru baterijas, tad – kā to varētu izskaidrot?

2. Uzzīmēt virknes RLC shēmas ieejas pretestības moduļa z_{ie} atkarību no ķēdes kapacitīvās pretestības.

3. Pie kādas ķēdes kapacitīvās pretestības strāva RLC ķēdē būs tāda pati kā gadījumā, kad $x_C = 0$?

4. Uzzīmēt RLC virknes slēguma topogrāfisko diagrammu; kā tā mainītos, ja pretestību R un induktivitāti L apmainītu vietām?

Literatūra:

[1] 5.1; 5.2; 5.3; 6.1

[2] 5.1; 5.2; 5.3; 6.1

6. darbs

SPRIEGUMU REZONANSE

Darbā jāiepazīstas ar spriegumu rezonansi nesazarotas sinusoidālas maiņstrāvas ķēdē. Rezonanses režīmu šajā darbā iegūst, mainot vai nu ķēdes induktivitāti, vai arī kapacitāti, bet nemainot sprieguma avota frekvenci.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu.

2. Uzrakstīt spriegumu rezonanses matemātisko noteikumu apskatāmajai ķēdei un formulas viļņu pretestības, rīšanas koeficienta un kontūra labuma noteikšanai.

3. Uzzīmēt 6. un 8. p. sagaidāmo līkņu raksturu, sevišķu vērību veltot tam, kādu līkņu maksimumi sakrīt viena vai otra eksperimenta gadījumā un kādas vērtības ir pētāmajiem lielumiem, ja mainīgā reaktīvā pretestība tiecas uz nulli vai bezgalību.

4. Pierādīt, ka jaudas koeficientu dotajā ķēdē var aprēķināt pēc formulas $\cos\varphi = \frac{I}{I_{rez}}$.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

5. Saslēgt virknē spoli, kondensatoru bateriju un reostatu, paredzot voltmetrus pieslēgu sprieguma (U), spriegumu uz kondensatoru baterijas (U_C) un spoles (U_L), kā arī ampērmetru strāvas (I) mērīšanai. Ķēdi pieslēgt maiņspriegumam, paredzot autotransformatoru, lai ieejas spriegumu ieregulētu aptuveni 30 V.

6. Novērot spriegumu rezonansi un eksperimentāli uzņemt I , U_C , un U_L līknes atkarībā no spoles induktīvās pretestības x_L lieluma.

7. Iegūt strāvas I līkni atkarībā no ķēdes induktīvās pretestības vēl diviem dažādiem aktīvās pretestības lielumiem, paturot nemainīgu kondensatoru baterijas kapacitāti un pieslēgu spriegumu.

8. Novērot spriegumu rezonansi un uzņemt I , U_C , un U_L līknes atkarībā no ķēdes kapacitīvās pretestības.

9. Darba atskaitē:

a) uzzīmēt vienā grafikā 6.p. uzņemtās strāvas un spriegumu līknes; (līknes jāzīmē attiecinātajās vienībās, t.i., strāvas vērtības jāattiecina pret maksimālo (rezonanses) strāvu, bet spriegumu vērtības – pret tīkla spriegumu);

b) uzzīmēt vienā grafikā 8.p. uzņemtās strāvas un spriegumu līknes (attiecinātajās vienībās);

c) uzzīmēt strāvas un spriegumu vektoru diagrammas 6. vai 8.p. trim režīmiem: pirms rezonanses, pēc rezonanses un rezonanses režīmā;

d) uzzīmēt vienā grafikā 6. un 7.p. uzņemtās 3 strāvu līknes atkarībā no ķēdes induktīvās pretestības; šīs līknes jāzīmē attiecinātajās (relatīvajās) vienībās – I/I_{rez} .

e) aprēķināt ķēdes viļņu pretestību, rimšanas koeficientu un kontūra labumu visiem 6. un 7.p. izmantotajiem aktīvās pretestības lielumiem.

Norādījumi. Rezonanses režīmā spriegumi uz reaktīvajiem elementiem var ievērojami pārsniegt pieslēgu spriegumu. Uzņemot rezonanses līknes, nedrīkst pieļaut spoles un kondensatoru baterijas spriegumu pieaugumu virs 120 – 130 V. Tādēļ pirms 6.p. prasīto līkņu uzņemšanas jārikojas šādi:

a) ķēdē jāiestāda reostata maksimāli iespējamā pretestība un brīvi izvēlēta kapacitātes vērtība;

b) mainot spoles induktivitāti, jāpārlicinās, vai būs iespējams izdarīt pietiekami daudz mērījumu (vismaz 5) kā pirms, tā pēc rezonanses režīma. Ja izvēlēta kapacitātes vērtība to neapmierina, tad jāiestāda cita tās vērtība un pārbaude jāatkārto;

c) kad kapacitātes vērtība ir izvēlēta, mainot induktivitāti, iestādīt maksimālo strāvu (rezonanses režīmā) un samazināt reostata pretestību, līdz spriegums uz spoles vai kondensatoru baterijas sasniedz 100 – 110 V.

Līdzīgi jārikojas arī pirms līkņu uzņemšanas 8.p. līkņu uzņemšanas, izvēloties induktīvās pretestības lielumu. Uzņemot 8.p. līknes, vēlams atzīmēt, pie kādām kapacitātes vērtībām izdarīti mērījumi.

Veicot 7.p., aktīvā pretestība jāiestāda lielāka nekā 6.p. Jāatceras, ka induktīvās pretestības noteikšanai nepieciešams zināt arī spriegumu uz spoles. Kondensatora spriegumu šajā p. var nepierakstīt.

Uzņemot 6., 7. un 8.p. prasītās līknes, jāizdara pietiekami daudz mērījumu kā pirms, tā arī pēc rezonanses režīma un jāuzņem pietiekams punktu skaits tuvu rezonanses režīmam.

Mērījumu un rezultātu tabulas šai darbā vēlams apvienot. Turpmāk parādīts, kāds varētu būt tabulas iekārtojums 6.p. mērījumiem

6.1. tabula

Nr. p/k.	U		I		U_L		UI		$\frac{U_L}{U}$	$\frac{U_C}{U}$		
	ied	V	ied	A	ied	V	ied	I_{rez}				

C. Kontroljautājumi

1. R , L , C virknes slēgumā, mainot induktivitāti no 0 līdz maksimāli iespējamai vērtībai L_{max} , kādu var iegūt ar darbā lietojamo iekārtu, rezonansi izdevās sasniegt, kad $L = L_{max}$. Kā jāizmaina kapacitātes vērtība, lai rezonansi iegūtu induktivitātes iespējamās maiņas diapazona vidū?

2. Uzzīmēt līknes I, U_C un U_L R, L, C virknes slēgumā atkarībā no C .

3. Uzzīmēt φ un $\cos\varphi$ līknes atkarībā no x_C R, L, C virknes slēgumā.

4. Uzzīmēt φ un $\cos\varphi$ līknes atkarībā no C , R , L , C virknes slēgumā.
5. Uzzīmēt φ un $\cos\varphi$ līknes atkarībā no L , R , L , C virknes slēgumā.
6. Kontūrs, kas izveidots no virknē slēgtiem R , L , C noskaņots rezonansē. Kā jāizmaina C (L), lai kontūrs būtu noskaņots rezonansē divreiz augstākai (zemākai) frekvencei. Kā šajos gadījumos mainās kontūra labums?
7. Izmantojot uzdevuma 6. punktā izdarītos mērījumus, izrēķināt I , U_C , un U_L gadījumā, kad $x_L = 0$.

Literatūra:

[1] 6.1

[2] 6.1

7. darbs

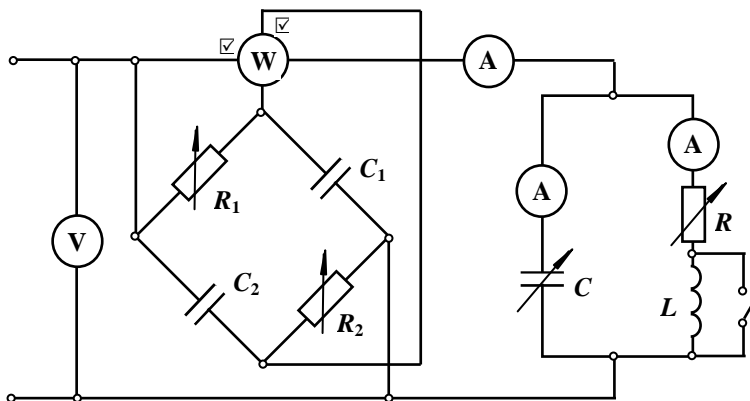
STRĀVU REZONANSE

Darbā jāpēta dažādi strāvu rezonances režīmi zīmējumā parādītajā slēgumā, kā arī jāiepazīstas ar tiltiņa shēmu sprieguma fāzes maiņai.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu (7.1. att.).
2. Uzzīmēt topogrāfisko diagrammu zīmējumā parādītajai sprieguma fāzes maiņas tiltiņa shēmai un izvest formulu, kas parāda kādām jābūt R_1 , R_2 , x_{C1} un x_{C2} attiecībām, lai spriegumi tiltiņa diagonālēs būtu nobīdīti savā starpā fāzē par 90° .



7.1. att.

3. Uzzīmēt teorētiski sagaidāmās strāvu riņķa diagrammas uzdevuma 7., 8. un 9. p. režīmiem.
4. Uzzīmēt vektoru diagrammu un parādīt kopējās strāvas vektora galapunkta grafisko vietu 11. p. pētāmajam režīmam. Iegūt formulu $\cos\varphi$ aprēķinam šajā gadījumā.
5. Iegūt formulu spoles induktīvās pretestības aprēķinam no darbā izdarītajiem mērījumiem.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

6. Saslēgt darba shēmu un ieregulēt sprieguma fāzes maiņas tiltiņu tā, lai tā diagonāļu spriegumi būtu nobīdīti fāzē par 90° .
7. Izvēlēties kondensatoru baterijas kapacitāti C un reostata pretestību R tā, lai, mainot spoles induktivitāti L , ķēdē būtu iespējams tikai viens strāvu rezonances režīms. Izdarīt mērījumus, mainot spoles induktivitāti iespējamās robežās.
8. Izmainīt kapacitāti C tā, lai mainot spoles induktivitāti L , ķēdē varētu novērot divus strāvu rezonances režīmus. Uzņemt un uzzīmēt strāvu maiņas līknes atkarībā no spoles induktīvās pretestības.
9. Izmainīt kondensatoru baterijas kapacitāti tā, lai ķēdē nebūtu iespējama strāvu rezonanse. Izdarīt mērījumus, mainot spoles induktivitāti iespējamās robežās.
10. Visiem iepriekšējiem ķēdes darba režīmiem uzzīmēt riņķa diagrammas, tieši izmantojot mērījumu rezultātus.
11. Noskaidrot slēguma jaudas koeficienta uzlabošanas iespējas. Eksperimentāli noteikt slēguma fāzes leņķa φ un jaudas koeficienta $\cos\varphi$ līknes atkarībā no kondensatoru baterijas kapacitātes, nemainot spoles un reostata pretestības. Uzzīmēt līknes φ un $\cos\varphi$ vienā grafikā.

Norādījumi. Rezonances momentu nosaka ar vatmetru. Vatmetram pieslēgtais spriegums ar tiltiņu tiek nobīdīts fāzē par 90° attiecībā pret tīkla spriegumu. Tādēļ aktīvas slodzes gadījumā vatmetrs rādīs nulli.

Noregulējot tiltiņu, jānošuntē spole L un jāatslēdz kapacitāte C , lai ķēdē paliktu tikai aktīvā slodze R . Tiltiņa aktīvās pretestības R_1 un R_2 jāieregulē tā, lai vatmetrs rādītu nulli. Ampērmetra rādījums šajā režīmā izmantojams arī aktīvās pretestības R noteikšanai.

Jāatceras, ka vatmetram pieslēgtais spriegums pēc lieluma var nebūt vienāds ar tīkla spriegumu, un tādēļ vatmetra rādījumu nevar izmantot aprēķinos kā ķēdes reaktīvo jaudu. Vatmetrs kalpo tikai rezonanses režīma noteikšanai.

Veicot darba 7., 8. un 9. punktu, induktivitāti mainīt maksimāli iespējamās robežās.

Veicot 11. punktu, jāizdara pietiekami daudz mērījumu pirms un pēc rezonanses, kā arī tieši rezonanses režīmā.

C. Kontroljautājumi

1. Uzzīmēt teorētiski sagaidāmās strāvu I , I_C un I_{RL} liknes gadījumā, ja x_L mainās no nulles līdz bezgalībai.
2. Kāpēc $\cos\phi$ aprēķinam uzdevuma 11. p. nevar izmantot vatmetra rādījumu?
3. Pētāmajā ķēdē, mainot L , iespējams viens rezonanses režīms. Kā jāizmaina C (R), lai ķēdē nebūtu iespējama rezonanse (būtu iespējami divi rezonanses režīmi)?
4. Kā iegūt strāvas I_{RL} (zarā ar R un L) vektora virzienu attiecībā pret pieslēgtu sprieguma vektoru, izmantojot uzdevuma 11. p. mērījumus?
5. Kā C izmaiņa ietekmē vatmetra rādījumu 11. p. eksperimentā?

Literatūra

[1] 5.3.3; 5.5; 6.2; 6.3.1.

[2] 5.3.3; 5.5.; 6.2; 6.3.1.

8. darbs

MAIŅSTRĀVAS ĶĒDES AR INDUKTĪVI SAISTĪTIEM ELEMENTIEM

Darbā jānosaka doto spoļu parametri, savstarpējā induktivitāte un saites koeficients, jāiepazīstas ar induktīvi saistītu ķēdes elementu virknes slēgumu īpašībām un lineāru transformatoru dažāda rakstura slodžu režīmos.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba veikšanai nepieciešamās shēmas.
2. Uzrakstīt formulas spoļu parametru R , x_L , un L aprēķinam no 6.p izdarītajiem mērījumiem.
3. Iegūt formulas spoļu savstarpējās induktivitātes noteikšanai, izmantojot saskaņotā un pretslēgumā izdarītos mērījumus. Uzrakstīt formulu saites koeficienta noteikšanai. Uzzīmēt saskaņotā un pretslēguma vektoru diagrammas.
4. Uzrakstīt formulu savstarpējās induktivitātes noteikšanai, izmantojot transformatora tukšgaitas eksperimentu saskaņā ar uzdevuma 9. p.
5. Uzzīmēt slogota lineāra transformatora shēmu. Uzrakstīt Kirhofa vienādojumus primārajam un sekundārajam kontūram. Uzzīmēt transformatora vektoru diagrammu brīvi izvēlētai slodzei.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

6. Ar voltmetru, ampērmētru un vatmetru noteikt abu doto spoļu parametrus.
7. Saslēgt abas spoles virknē, izdarīt nepieciešamos mērījumus saskaņotā un pretslēgumā, noteikt spoļu savstarpējo induktivitāti un saites koeficientu.
8. No dotajām spolēm izveidot transformatoru, ieslēdzot primārajā un sekundārajā pusē mērīinstrumentus strāvu un spriegumu mērīšanai.
9. Pieslēgt transformatora primāro tinumu spriegumam, izmērīt primāro strāvu un sekundārajā pusē inducēto spriegumu tukšgaitas gadījumā. Aprēķināt savstarpējo induktivitāti un salīdzināt ar 7. p. iegūto.
10. Slogot transformatoru ar aktīvu pretestību, ieregulēt tādu darba režīmu, lai varētu izdarīt mērījumus un uzzīmēt transformatora vektoru diagrammu.
11. Slogot transformatoru ar induktīvu pretestību (spoli), ieregulēt darba režīmu, lai varētu izdarīt mērījumus un uzzīmēt transformatora vektoru diagrammu.
12. Slogot transformatoru ar kapacitāti no tukšgaitas līdz maksimāli iespējamai kapacitātes vērtībai, izdarīt mērījumus, uzzīmēt sekundārā sprieguma maiņas līkni atkarībā no slodzes strāvas un izskaidrot tās raksturu. Brīvi izvēlētai kapacitātes vērtībai uzzīmēt transformatora vektora diagrammu.

C. Kontroljautājumi

1. Uzzīmēt vektoru diagrammu divu spoļu pretslēguma un saskaņotā slēguma režīmam, ja $L_1 = M$ ($L_2 = M$).
2. Kā darbā noteikt, vai spoles slēgtas saskaņotā vai pretslēgumā?
3. Kurā slēgumā (saskaņotā vai pretslēgumā) viena un tā paša ieejas sprieguma gadījumā vatmetra rādītāja novirze ir lielāka?
4. Kurā slēgumā (saskaņotā vai pretslēgumā) ieejā ieslēgtā vatmetra rādījums ir lielāks, ja strāva abos gadījumos ir vienāda?
5. Kādi mērījumi jāizdara transformatora tukšgaitas režīmā, lai noteiktu spoļu saites koeficientu?
6. Kurā divu spoļu slēgumā (saskaņotā vai pretslēgumā) jaudas koeficients $\cos\varphi$ ir lielāks?
7. Uzzīmēt transformatora vektoru diagrammu šādu slodžu režīmiem:
a) tukšgaitas; b) īsslēguma; c) tīri aktīvas slodzes; d) tīri induktīvas; e) tīri kapacitīvas; f) aktīvi induktīvas; g) aktīvi kapacitīvas slodzes gadījumā.

Literatūra

[1] 7.1; 7.2; 7.3; 7.6.1.

[2] 7.1; 7.2; 7.3; 7.6.1.

9. darbs

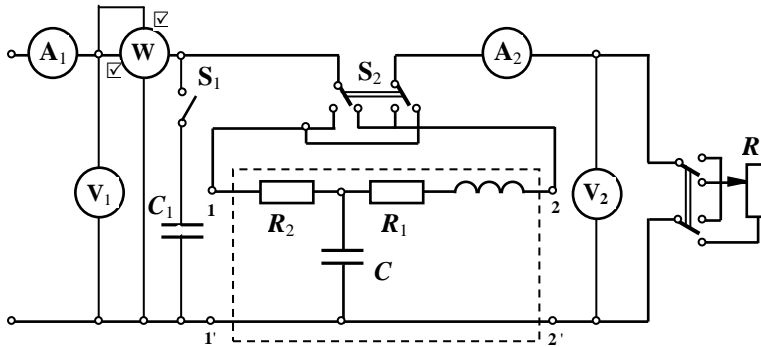
PASĪVS ČETRPOLS

Darbā jāiepazīstas ar pasīva četrpola koeficientu un ekvivalentās shēmas parametru eksperimentālu noteikšanu, jāuzzīmē četrpola potenciālu topogrāfiskā diagramma.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu (9.1. att.) un noskaidrot tās darbību.
2. Uzrakstīt visas aprēķiniem nepieciešamās formulas.



9.1. att.

3. Pierādīt, ka dotajam četrpolam koeficients A ir kompleksss lielums, kas atrodas kompleksās plaknes I. kvadrantā.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt darba shēmu un izdarīt mērījumus komplekso ieejas pretestību noteikšanai tukšgaitas un īsslēguma režīmā, pieslēdzot spriegumu pārmaiņus spailēm 1,1' un 2,2'.
5. Aprēķināt četrpola ieejas pretestības un tā koeficientus.
6. Zinot četrpola koeficientus, aprēķināt T-veida ekvivalentās shēmas parametrus.
7. Slogot četrpolu (sekundāro pusi) ar aktīvu pretestību R un mainīt to no 0 līdz uzņem un uzzīmēt sekundārā sprieguma un primārās strāvas maiņas līknes atkarībā no R .
8. Eksperimentāli noteikt visu četrpola shēmā ieslēgto elementu parametrus un salīdzināt tos ar 6. p. aprēķinātajiem.
9. Izmantojot aprēķinātos četrpola parametrus un zināmo tīkla spriegumu, analītiski aprēķināt sekundārā sprieguma un primārās strāvas maiņas līknes atkarībā no slodzes pretestības R . Kopējā grafikā salīdzināt aprēķinātās līknes ar 7. p. eksperimentāli iegūtajām sakarībām.
10. Vienai slodzes pretestības vērtībai aprēķināt un uzzīmēt četrpola vektoru un topogrāfisko diagrammu.

Norādījumi. Gatavojoties darbam, jāapgūst ETP kursa daļa par pasīvu maiņstrāvas četrpolu, sevišķu uzmanību veltot četrpola koeficientu noteikšanai no ieejas pretestību mērījumiem. Labi jāizprot dotās shēmas darbība. Kapacitāte C_1 paredzēta četrpola ieejas pretestības $Z_{ie} = z_{ie} e^{j\varphi_{ie}}$ rakstura noteikšanai ($\varphi_{ie} > 0$ vai $\varphi_{ie} < 0$). Izdarot citus mērījumus, kapacitātei C_1 jābūt atslēgtai. Protokolā jāatzīmē tikai, vai strāva caur ampērmetru A_1 , pieslēdzot kapacitāti C_1 , samazinās vai palielinās.

C. Kontroljautājumi

1. Paskaidrot visu shēmas slēdžu uzdevumu.
2. Paskaidrot, kādam nolūkam kalpo katrs mērinstruments.
3. Ar vektoru diagrammu parādīt, kā strāva I_{C1} ietekmē strāvu ķēdes ieejā, ja $\varphi_{ie} < 0$ ($\varphi_{ie} < 0$).
4. Kā jārikojas ar slēdžiem un kuru mērinstrumentu rādījumi jānolasa, lai noteiktu Z_{1t} , Z_{2t} , Z_{1r} , Z_{2r} ?

Literatūra

[1] 2.8.1–2.8.4; 5.5; 5.8.8.

[2] 2.7.1–2.7.4; 5.5; 5.8.8.

10. darbs

TRĪSFĀŽU ĶĒDE ZVAIGZNES SLĒGUMĀ AR NULLVADU

Darbā jāatrod trīsfāžu transformatora sekundāro tīnumu sākumi un gali (A-x, B-y, C-z). Avots un patērētājs jāsaslēdz zvaigznē, izveidojot trīsfāžu slēgumu ar nullvadu, un jāpēta šī slēguma dažādi darba režīmi.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu.
2. Noskaidrot, kā ar voltmetru noteikt transformatora sekundāro tīnumu galus un kā tos pareizi saslēgt zvaigznē. Uzzīmēt topogrāfiskās diagrammas tīnumu pareizam un nepareizam (piemēram, samainot vietām A un x) savienojumam zvaigznē.
3. Uzzīmēt 6., 7. un 8. p. sagaidāmās vektoru diagrammas.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt transformatora primāro pusi zvaigznes slēgumā un pievienot spriegumam. Ar voltmetru noteikt spaiļes, kurām pievienotas transformatora sekundāro tīnumu atsevišķas fāzes un to sākumus un galus. Apzīmēt vienas fāzes sākumu un galu ar A un x, bet pārējo divu – B, y un C, z. Izveidot transformatora sekundārās puses zvaigznes slēgumu tā, lai spriegumu sistēma būtu simetriska. Izmērīt transformatora sekundārās puses līniju un fāžu spriegumus.
5. Saslēgt trīs reostatus zvaigznē un pievienot transformatoram, izveidojot zvaigznes slēgumu ar nullvadu. Shēmā jābūt ampērometriem līniju un nullvada strāvas mērīšanai.
6. Ieregulēt ķēdē simetrisku režīmu. Mainīt strāvu A fāzē no nulles līdz maksimāli iespējamai un izdarīt mērījumus. Uzzīmēt ķēdes vektoru diagrammu un no tās noskaidrot, kādās robežās mainās strāva nullvadā, mainot A fāzes pretestību.
7. Reostatus fāzēs B un C aizstāt ar kondensatoru bateriju un spoli. Ieregulēt visās fāzēs aptuveni vienādas strāvas un nolasīt tās.
8. Apmainīt vietām kondensatoru bateriju un spoli un nolasīt strāvas.
9. Uzzīmēt vektoru diagrammas abiem pēdējiem ķēdes slēgumiem, pieņemot, ka spolei nav aktīvās pretestības. Salīdzinot eksperimentu rezultātus ar diagrammām, noskaidrot, vai 4. p. bija pareizi pieņemta fāžu sekošanas secība.
10. Zīmējot vektoru diagrammu 7. vai 8. punkta režīmiem, grafiski noteikt fāžu nobīdes leņķi starp strāvu un spriegumu fāzē, kurā ieslēgta spole (reostatu un kondensatoru bateriju uzskatīt par ideāliem elementiem).

C. Kontroljautājumi

1. Uzzīmēt trīsfāžu transformatora tīnumu spriegumu topogrāfiskās diagrammas pareizam un nepareizam tīnumu savienojumam zvaigznē.
2. Kas ir fāzes un līnijas spriegums U_f un U_l . Kāda ir sakarība starp šiem spriegumiem simetriskā spriegumu sistēmā zvaigznes slēgumā?
3. Trīsfāžu transformatora sekundārās puses tīnumi nav savā starpā savienoti un to 6 spaiļēm nav apzīmējumu. Kā ar voltmetru atrast atsevišķo 3 tīnumu spaiļu pārus? Kā noteikt pārējo divu tīnumu sākumus un galus, ja viena tīnuma gali apzīmēti ar A un x?
4. Kādu slodzi trīsfāžu ķēdēs sauc par simetrisku?
5. Kā mainās strāva nullvadā, ja kādā no fāzēm maina pretestību? Pamatot to ar vektoru diagrammu.
6. Kā, grafiski konstruējot vektoru diagrammu, noteikt fāžu nobīdes leņķi starp tās fāzes strāvu un spriegumu, kurā ieslēgta spole, ja tai piemītošo aktīvo pretestību nevar neievērot?

Literatūra:

[1] 8.1; 8.2.1; 8.2.2.

[2] 8.1; 8.2.1; 8.2.2.

11. darbs

TRĪSFĀŽU KĒDE ZVAIGZNES SLĒGUMĀ BEZ NULLVADA

Darbā jānosaka dotā avota fāžu sekošanas kārtība un jāiepazīstas ar trīsfāžu ķēdes zvaigznes slēguma (bez nullvada) dažādiem darba režīmiem.

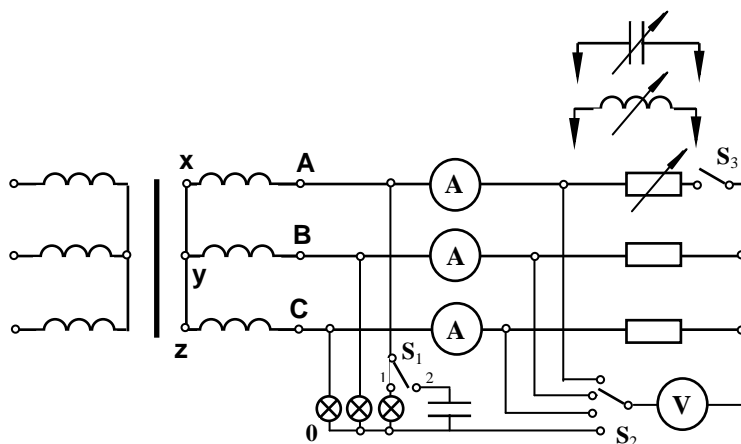
Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu un iepazīties ar tās darbību (11.1. att.).

2. Uzzīmēt topogrāfiskās diagrammas darba 6., 7. un 8. punkta režīmiem, parādot tajās patērētāja neitrālā punkta ģeometrisko vietu. Katrā diagrammā kādam brīvi izvēlētam slodzes režīmam parādīt visus patērētāja fāžu spriegumus, kā arī strāvas visās fāzēs.

3. Izmantojot uzzīmētās topogrāfiskās diagrammas, paskaidrot fāžu sekošanas kārtības noteicēja darbības principu.



11.1. att.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt darba shēmu, noteikt avota fāžu sekošanas kārtību, pēc tam izveidot mākslīgo neitrālo punktu.

5. Iestādīt shēmas simetrisku darba režīmu ar aktīvu slodzi un no mērījumu datiem uzzīmēt topogrāfisko diagrammu.

6. Eksperimentāli atrast patērētāja neitrālā punkta ģeometrisku vietu topogrāfiskajā diagrammā, mainot strāvu A fāzē no nulles līdz maksimāli iespējamai (pretestības B un C fāzēs – vienādas). Noskaidrot viena līnijas vada pārtraukšanas ietekmi uz ķēdes darba režīmu.

7. A fāzē reostata vietā ieslēgt spoli. Mainot spoles induktīvo pretestību, eksperimentāli noteikt patērētāja neitrālā punkta ģeometrisku vietu topogrāfiskajā diagrammā.

8. Spoles vietā ieslēgt kondensatora bateriju un izdarīt iepriekšējā punktā aprakstīto eksperimentu.

9. Visu iepriekš minēto eksperimentu datus attēlot grafiski un salīdzināt ar teorētisko apsvērumu rezultātiem.

Norādījumi. Gatavojoties darbam, jāiepazīstas ar darba shēmu un tās darbību. Ja slēdzis S_1 atrodas stāvoklī 1, tad pētāmajā ķēdē ir izveidots mākslīgais neitrālais punkts 0, bet stāvoklī 2 iespējams noteikt avota fāžu sekošanas kārtību. Slēdzis S_2 dod iespēju ar vienu voltmetru izmērīt patērētāja fāžu spriegumus un spriegumu starp patērētāja un mākslīgo neitrālo punktu.

C. Kontroljautājumi

1. Izmantojot vektoru diagrammu, paskaidrot avota fāžu sekošanas kārtības noteikšanu.
2. Uzzīmēt shēmas topogrāfisko diagrammu simetriskas slodzes režīmā.
3. Kā topogrāfiskajā diagrammā pārvietosies neitrālais punkts 6.p. eksperimentā?
4. Kāda ir patērētāja neitrālā punkta ģeometriskā vieta topogrāfiskajā diagrammā, ja maina A fāzē ieslēgtās spoles induktīvo pretestību, bet B un C fāzēs ir ieslēgtas vienādas aktīvas pretestības?
5. Parādīt shēmā un topogrāfiskajā diagrammā ģenerators un patērētāja fāžu spriegumus, līniju spriegumus un spriegumu starp ģenerators un patērētāja neitrālajiem punktiem.

Literatūra:

[1] 8.1; 8.2.1; 8.4; 8.5.

[2] 8.1; 8.2.1; 8.4; 8.5.

12. darbs

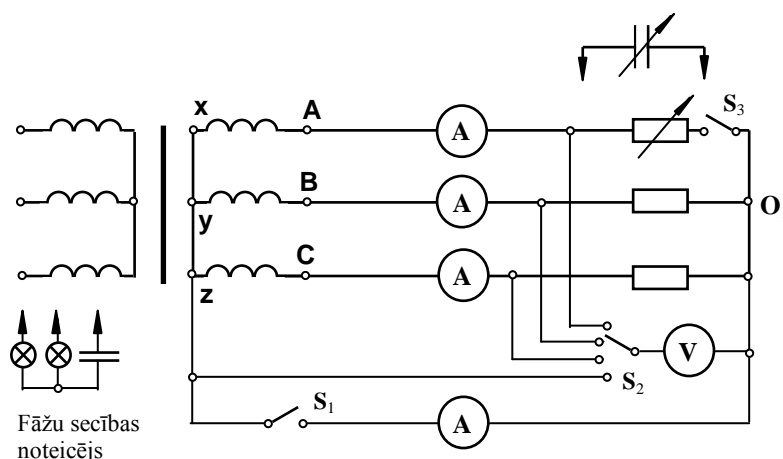
TRĪSFĀŽU ĶĒDE ZVAIGZNES SLĒGUMĀ

Darbā jānosaka fāžu sekošanas kārtība un jāiepazīstas ar trīsfāžu ķēdes zvaigznes slēguma (ar un bez nullvada) dažādiem darba režīmiem.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu (12.1. att.) un iepazīties ar tās darbību.
2. Uzzīmēt vektoru diagrammas darba 6. un 8.p. režīmiem, norādot nullvada strāvas



12.1. att.

vektora galapunkta ģeometriskā vietu.

3. Uzzīmēt topogrāfiskās diagrammas darba 7. un 9.p. režīmiem, parādot patērētāja neitrālā punkta ģeometriskā vietu.

4. Izmantojot 9.p. topogrāfisko diagrammu, paskaidrot fāžu sekošanas kārtības noteicēja darbības principu.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

5. Saslēgt darba shēmu, izmantojot kā slodzi 3 reostatus. Ar fāžu sekošanas kārtības noteicēju atrast avota fāžu sekošanas secību.

6. Ieslēgt nullvadu un ieregulēt simetrisku slodzes režīmu. Mainīt A fāzes strāvu no 0 līdz maksimāli pieļaujamai vērtībai un izdarīt mērījumus. Viens no mērījumiem noteikti jāizdara simetriskas slodzes režīmā.

7. Pārtraukta nullvada gadījumā eksperimentāli atrast neitrālā punkta ģeometrisku vietu topogrāfiskajā diagrammā, mainot pretestību fāzē A no 0 līdz (pretestības fāzēs B un C – vienādas).

8. A fāzē reostata vietā ieslēgt kondensatoru bateriju un, mainot tās kapacitāti mērīt visas strāvas un spriegumus:

- a) ieslēgta nullvada gadījumā;
- b) pārtraukta nullvada gadījumā.

9. Uzzīmēt vektoru diagrammas visiem 6. un 8a.p. mērījumiem; noskaidrot, kā mainās strāva nullvadā.

10. Uzzīmēj topogrāfiskās diagrammas visiem 7. un 8b.p. mērījumiem; noskaidrot patērētāja neitrālā punkta ģeometrisku vietu.

Norādījumi. Veicot darbu, jāseko, lai strāvas nepārsniegtu reostatiem un attiecīgajiem ampēmetriem pieļaujamās vērtības. Veicot 7. un 8. p., jāmēra visi patērētāju fāžu spriegumi un strāvas, nullvada strāva, kā arī spriegums starp patērētāja un ģenerators (transformators) neitrālajiem punktiem. Simetriskas slodzes režīmā, kā arī ieslēgta nullvada režīmā avota fāžu spriegumi ir vienādi ar patērētāja fāžu spriegumiem.

C. Kontroljautājumi

1. Kā noteikt avota fāžu secību?

2. Kā mainās shēmā ieslēgto ampēmetru rādījumi, ja B fāzē aktīva pretestība mainās no nulles līdz ∞ (gadījumā ar un bez nullvada)?

3. Kādi būs patērētāja fāžu spriegumi shēmā (ar un bez nullvada), ja pretestība kādā no fāzēm ir vienāda ar 0 vai ∞ ?

5. Kādās robežās mainās spriegums starp ģenerators un patērētāja neitrālajiem punktiem, ja vienā no fāzēm pretestība mainās no nulles līdz ∞ atslēgta nullvada gadījumā?

Literatūra

[1] 8.1. – 8.5.

[2] 8.1. – 8.5.

13. darbs

TRĪSFĀŽU ĶĒDE TRIJSTŪRA SLĒGUMĀ

Darbā jāiepazīstas ar trīsfāžu ķēdes trijstūra slēguma dažādiem darba režīmiem.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba uzdevuma izpildei vajadzīgās shēmas.

2. Uzzīmēt uzdevuma 5., 6., 7., 8., 9. un 10.p. sagaidāmās teorētiskās vektoru diagrammas un iemācīties uzzīmēt vektoru diagrammas līdzīgiem darba režīmiem, kad pretestību maina jebkurā no fāzēm.

3. Noskaidrot, kādi lielumi jānosaka eksperimentāli 5. – 10. p. prasīto vektoru diagrammu uzzīmēšanai.

A. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Savienot trijstūrī 3 reostatus un pieslēgt trijfāžu sprieguma avotam, iepriekš nosakot avota fāžu secību.

5. Ieregulēt ķēdē simetrisku darba režīmu, izmērīt līniju un fāžu strāvas un uzzīmēt vektoru diagrammu.

6. Mainīt strāvu trijstūra malā ab no nulles līdz maksimāli iespējamai vērtībai. Iegūtos rezultātus attēlot vektoru diagrammā. Ar divu vatmetru metodi izmērīt slodzes aktīvo jaudu. Izrēķināt šo jaudu analītiski un salīdzināt to ar mērījumu rezultātiem.

7. Izdarīt mērījumus, kad viens no līnijas vadiem ir pārtraukts; uzzīmēt atbilstošo vektoru diagrammu.

8. Trijstūra malā ab reostata vietā ieslēgt spoli ar maināmu induktīvo pretestību. Izdarīt mērījumus pie vairākām induktivitātes vērtībām un uzzīmēt vektoru diagrammu. Izmērīt slodzes aktīvo jaudu. Izrēķināt šo jaudu analītiski un salīdzināt to ar mērījumu rezultātiem.

9. Atkārtot iepriekšējā punktā aprakstīto eksperimentu, ja spoles vietā ieslēgta kondensatoru baterija ar maināmu kapacitāti; uzzīmēt vektoru diagrammu. Izmērīt slodzes aktīvo jaudu. Izrēķināt šo jaudu analītiski un salīdzināt to ar mērījumu rezultātiem.

10. Ieslēgt līnijas vadā A aktīvu, bet vadus B un C – induktīva rakstura pretestības (spoles). Patērētāja trijstūri izveidot no dažāda lieluma aktīvām pretestībām. Mainot ķēdes parametrus, ieregulēt tādu darba režīmu, lai ar dotajiem mērinstrumentiem varētu izdarīt visus nepieciešamos mērījumus, un uzzīmēt slēguma vektoru diagrammu.

Norādījumi. Zīmējot 10. p. prasīto vektoru diagrammu, jāievēro līnijas vadus ieslēgto spoļu aktīvās pretestības. Šī vektoru diagramma jāsāk zīmēt no līnijas strāvu, kuras zināmas pēc moduļa, trijstūra. Pēc tam jāuzzīmē fāžu strāvas. Līdz ar to ir noteikti arī virzieni patērētāja spriegumiem un sprieguma kritumam uz līnijas vadā ieslēgtās aktīvās pretestības. Ģeometriski summējot attiecīgos spriegumus atbilstoši Kirhofa otrajam likumam grafiskas konstrukcijas gaitā jāatrod ģenerators spriegumu sistēma.

Mērījumu tabulās un vektoru diagrammās jālieto šādi spriegumu apzīmējumi:

a) ģenerators spriegumi: \dot{U}_{AB} ; \dot{U}_{BC} ; \dot{U}_{CA} ;

b) patērētāja spriegumi: \dot{U}_{ab} ; \dot{U}_{bc} ; \dot{U}_{ca} ;

c) sprieguma kritumi uz līnijas vadus ieslēgtajām pretestībām: \dot{U}_{Aa} ; \dot{U}_{Bb} ; \dot{U}_{Cc} .

Izdarot jaudu aprēķinus 8. un 9. p. mērījumiem, spoli un kondensatoru uzskatīt par ideāliem reaktīviem elementiem.

C. Kontroljautājumi

1. Kuri no shēmā ieslēgto sešu ampērmetru rādījumiem mainīsies, ja kādā no fāzēm mainās pretestība, bet līnijas vadu pretestības var neievērot?

2. Uzzīmēt ķēdes vektoru diagrammu šādos gadījumos:

a) līnijas vada pārrāvums;

b) fāzes vada pārrāvums.

3. Uzzīmēt vektoru diagrammu, ja kādā no fāzēm mainās kapacitīvā (induktīvā) pretestība.

4. Paskaidrot, kā, izpildot uzdevuma 10. p., grafiskas konstrukcijas gaitā atrodams fāžu nobīdes leņķis starp līnijas strāvas un sprieguma krituma uz līnijas vadā ieslēgtās spoles vektoriem.

5. Kā grafiski atrast ģenerators līnijas spriegumu, izmantojot uzdevuma 10. p. iegūtos mērījumus?

Literatūra:

[1] 8.2; 8.7.1; 8.7.2.

[2] 8.2; 8.7.1; 8.7.2.

14. darbs

NESIMETRISKU TRĪSFĀŽU SISTĒMU SIMETRISKĀS KOMPONENTES

Darbā jāiepazīstas ar nesimetrisku vektoru sistēmu sadalīšanu simetriskās komponentēs un jāizpēta simetrisko komponentu rašanās iespējas dažādos trīsfāžu ķēdes slēgumos.

Uzdevums

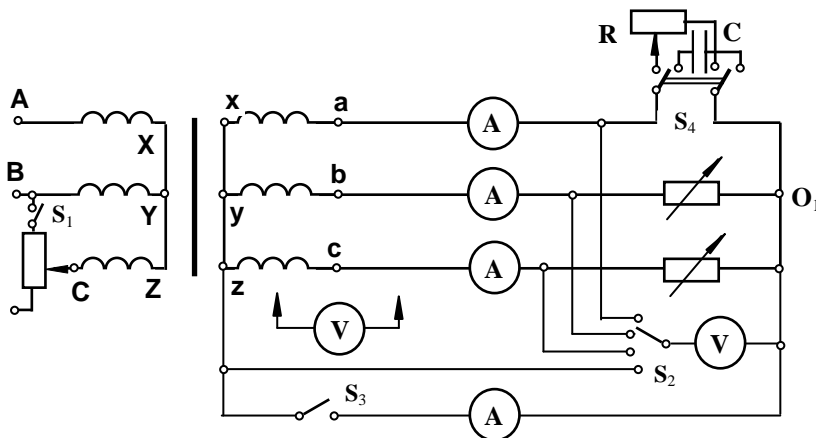
A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu (14.1.att.) un doto tabulu.

2. Noskaidrot, kur un kādas secības simetriskās komponentes radīsies tabulā norādītajos ķēdes režīmos, ja šie režīmi tiek ieregulēti dotajā darba shēmā. Šo teorētisko slēdzienu rezultātus ierakstīt tabulā, norādot, kādas secības simetriskās komponentes (0, 1, 2) parādīsies attiecīgajā spriegumu vai strāvu sistēmā.

Teorētiski sagaidāmo strāvu un spriegumu komponentu tabula

Shēmas darba režīms			Simetriskās komponentes				
Patērētājs	Līnijas spriegumu sistēma	Nullvads	Līnijas spriegumu sistēmā	Fāžu spriegumu sistēmā	Līnijas strāvu sistēmā	Nullvada strāva	Spriegums starp neutr. punktiem
Simetrisks	simetriska	ieslēgts					
		pārtraukts					
	nesimetriska	ieslēgts					
		pārtraukts					
Nesimetrisks	simetriska	ieslēgts					
		pārtraukts					
	nesimetriska	ieslēgts					
		pārtraukts					



14.1. att.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

1. Saslēgt darba shēmu, pārmaiņus ieregulēt tabulā norādītos režīmus un izmērīt nepieciešamos lielumus.

2. Konkrētiem režīmiem (pēc pasniedzēja norādījuma) grafiski noteikt strāvu un spriegumu sistēmu simetriskās komponentes un salīdzināt tās ar 2.punktā izdarītajiem teorētiskajiem apsvērumiem.

Norādījumi. Gatavojoties darbam, jāiepazīstas ar dotās shēmas darbību, jānoskaidro, kā iestādīt visus tabulā norādītos režīmus.

Veicot darbu, simetrisku patērētāju izveidot no reostatiem, ieregulējot apmēram 1,2 – 1,3 A stipru strāvu visās fāzēs. Nesimetriska patērētāja radīšanai A fāzē reostata vietā ieslēgt apmēram 80 μF kapacitāti.

Nesimetriskas līnijas spriegumu sistēmas radīšanai ieslēgt slēdzi S_1 un mainīt spriegumu C fāzē transformatora primārajā pusē. Uzskatāmu rezultātu iegūšanai samazināt C fāzes spriegumu transformatora primārajā pusē līdz tādai vērtībai, lai patērētāja C fāzes strāva pārtraukta nullvada gadījumā būtu:

simetriskam patērētājam – apmēram 0,5 A;

nesimetriskam patērētājam – apmēram 0,3 A.

C. Kontroljautājumi

1. Kā grafiski atrast nesimetriskas sistēmas simetriskās komponentes?
2. Kādos shēmas darba režīmos nesimetriskā spriegumu un strāvu sistēma satur nulltās secības komponentes?
3. Kādos shēmas darba režīmos iespējams izmērīt sprieguma un strāvas nulltās secības komponentes?
4. Kā, izmantojot mērījumu rezultātus, uzzīmēt strāvu un spriegumu vektoru diagrammas kādam konkrētam režīmam (piemēram: līnijas spriegumu sistēma nesimetriska, patērētājs nesimetrisks, nullvads pārtraukts).

Literatūra:

[1] 8.10. – 8.12.

[2] 8.10. – 8.12.

15. darbs

NESINUSOIDĀLU PERIODISKU STRĀVU UN SPRIEGUMU PĒTĪŠANA

Darbā jāpēta nesinusoidālas periodiskas strāvas un spriegumi, jāiepazīstas ar vienkāršāko filtru darbību. Grafiski iegūtās līknes jāizvirza Furjē rindā, eksperimentāli un analītiski jānosaka mērinstrumentu rādījumi nesinusoidālas strāvas ķēdē.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt shēmas 4., 5., 6. un 7. p. veikšanai.
2. Noskaidrot 4. un 5. punktā sagaidāmo līkņu raksturus un uzrakstīt izteiksmes, kā atrast nesinusoidālas strāvas efektīvo vērtību, ja zināmas atsevišķo harmoniku amplitūdas.
3. Apgūt darbā lietoto filtru darbības principu.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt virknē nelineāru spoli L_1 un aktīvu pretestību R_1 , paredzot mērinstrumentus strāvas efektīvās un vidējās vērtības mērīšanai. Shēmu caur autotransformatoru pieslēgt sinusoidāla sprieguma avotam. Sprieguma kritumu uz pretestības R_1 , kas proporcionāls strāvai, pieslēgt osciloskopa ieejai un ar autotransformatoru ieregulēt ķēdē tādu režīmu, lai šis spriegums būtu krasi

nesinusoidāls. Osciloskopam jāieslēdz režīms DC un vertikālā pastiprinājuma plūstošās regulēšanas poga jānostāda galējā (nulles) stāvoklī, griežot to pulksteņa rādītāja virzienā, līdz tas izslēdzas. Pēc tam vertikālais pastiprinājums (V/div) jāizvēlas tāds, lai līkne vertikālā virzienā būtu iespējami lielāka, taču neizietu ārpus ekrāna. Horizontālā virzienā jābūt redzamam pilnam līknes periodam vai vairāk par to. Nofotografēt (vai nozīmēt) iegūto līkni, atzīmēt ampērmetru rādījumus un sprieguma mērogu (V/div). Fotografijā obligāti jābūt redzamam pareizam fotografēšanas datumam un laikam; bez tā līkne tiks uzskatīta par nederīgu.

5. Virknē ar spoli L_1 un aktīvo pretestību R_1 ieslēgt diodi un atkārtot 4. p. minētās darbības.

Lai novērstu diodes pārmērīgu sakaršanu, nepieļaut ilgstošu strāvu caur diodi (vairāk par 2 – 3 min.).

6. Uzskatot 5.p. slēguma shēmā (bez diodes) sprieguma kritumu uz aktīvās pretestības R_1 par nesinusoidāla sprieguma avotu, slogot to ar pretestību R_2 , ieslēdzot starp slodzi un avotu filtru – L_2, C virknes slēgumu. Sprieguma kritumu uz slodzes pretestības R_2 pieslēgt osciloskopa ieejai un līdzīgi kā iepriekš nofotografēt (vai nozīmēt) iegūto līkni. Atzīmēt sprieguma mērogu. (Sīkākus paskaidrojumus par fotografēšanu un fotogrāfiju apstrādi sk. apraksta beigās.)

7. L_2, C virknes slēguma vietā ieslēgt filtru – L_2, C paralēlo slēgumu. Uzturot ķēdē ar nelineāro spoli L_1 un pretestību R_1 strāvas efektīvo vērtību tādu pašu kā 6. p. eksperimentā, sprieguma kritumu uz slodzes pretestības R_2 pieslēgt osciloskopa ieejai un nofotografēt (vai nozīmēt) līkni. Pierakstīt sprieguma mērogu.

8. Pēc shēmas izjaukšanas izmērīt pretestības R_1 vērtību.

9. Izmantojot kādu no harmoniskās analīzes programmām, sadalīt 4.p. iegūto nesinusoidālo sprieguma līkni harmonikās un grafiski pārbaudīt, vai to summa dod sadalīto līkni.

10. Izmantojot zināmo sprieguma mērogu un R_1 vērtību, uzrakstīt nesinusoidālās strāvas momentānās vērtības analītisko izteiksmi. Aprēķināt nesinusoidālās strāvas efektīvo vērtību un salīdzināt to ar 4. p. eksperimentāli iegūto rezultātu.

11. Sadalīt 5.p. iegūto nesinusoidālo līkni harmonikās un uzrakstīt nesinusoidālās strāvas momentānās vērtības analītisko izteiksmi. Aprēķināt 5.p. iegūtās nesinusoidālās strāvas efektīvo vērtību. Salīdzināt skaitliski iegūto līdzstrāvas komponenti un efektīvo vērtību ar atbilstošajiem ampērmetru rādījumiem 5.p. eksperimentā.

13. Sadalīt harmonikās 6. un 7.p. iegūtās nesinusoidālās līknes un salīdzināt to pirmo harmoniku amplitūdas. Izskaidrot iegūtos rezultātus.

Norādījumi. Kā nesinusoidālu strāvu un spriegumu avotu darbā izmanto spoli ar dzelzs serdi L_1 . Pieslēdzot to sinusoidālam spriegumam, nelinearitātes dēļ strāva caur spoli ir nesinusoidāla, tāpat nesinusoidāli ir spriegumu kritumi uz citiem shēmas elementiem, caur kuriem plūst šī strāva. Nesinusoidālās strāvas līknes forma ir atkarīga no nelineārā elementa voltampēru raksturlīknes. Tā kā nelineāras spoles voltampēru raksturlīkne ir simetriska pret koordinātu sākumu (nepāra funkcija), tad iegūtā sprieguma (un strāvas) līkne ir simetriska pret abscisu asi. Lai iegūtu nesimetrisku raksturlīkni, virknē ar spoli ieslēdz diodi.

Sprieguma kritumu uz aktīvās pretestības R_1 , kas saslēgta virknē ar spoli, tuvināti var uzskatīt par nesinusoidāla sprieguma avotu, ja to savukārt slogo ar pretestību R_2 , kas ir daudzkārt lielāka par R_1 . R_1 lielums darbā izvēlēts apm. 30Ω , bet R_2 lielums – apm. 1000Ω .

Filtri izveidojami no spoles ar induktivitāti L_2 un kondensatora C , kuru lielumi izvēlēti tā, lai rezonanse iestātos 50 Hz frekvencei (1.harmonika). Lai palielinātu induktivitāti, arī spolei L_2 ir dzelzs serde, tomēr strāva, kas plūst caur šo spoli, veicot darba 6. un 7. p., ir niecīga un spole strādā raksturliķnes lineārajā daļā.

Zinot sprieguma kritumu uz pretestības, kas pieslēgta osciloskopa ieejai, strāvas aprēķinam šajā pretestībā, jāizmanto pretestības R_1 lielums.

Grafiski iegūto nesinusoidālo līkņu sadalīšana harmonikās jāizdara ar datoru, izmantojot kādu no harmoniskās analīzes programmām.

C. Kontroljautājumi

1. Noskaidrot, ar ko atšķiras pret abscisu asi simetriskas nesinusoidālas periodiskas funkcijas izvīzījumus Furjē rindā no nesimetriskas funkcijas izvīzījuma.

2. Kādas harmonikas nesatur nesinusoidālas periodiskas funkcijas izvīzījuma Furjē rindā, ja funkcija ir simetriska pret:

- a) abscisu asi;
- b) koordinātu sākumu (nepāra funkcija);
- c) ordinātu asi (pāra funkcija)?

3. Kādā gadījumā spoli ar dzelzs serdi var uzskatīt par lineāru elementu un kādā gadījumā par nelineāru?

4. Kādai jābūt sakarībai starp parametriem L un C , lai R , L , C virknes slēgums strādātu kā pirmo harmoniku «izdalošs» filtrs?

5. Kā iegūt pirmo harmoniku «slāpējošu» filtru?

6. Kas darba shēmā izraisa nesinusoidālu strāvu un spriegumu rašanos?

Literatūra:

[1] 9.1 – 9.3; 9.6.

[2] 9.1 – 9.3; 9.6.

Līkņu fotografēšana un fotogrāfiju apstrāde

Līknes jāfotografē ar personīgo digitālo fotokameru. *Fotogrāfijā obligāti jābūt redzamam pareizam fotografēšanas datumam un laikam; bez tā līkne tiks uzskatīta par nederīgu.*

Pirms fotografēšanas pārliecinieties, ka uz osciloskopa ekrāna nav redzams kāda ārēja gaismas avota spožs atspulgs, kas var sabojāt attēlu. Ja to nav iespējams novērst, osciloskopa ekrāns no augšas ar kaut ko jāaizklāj. Fotografējot nelietojiet zibspuldzi.

Līkņu spožums uz osciloskopa ekrāna jāiestāda tuvu minimālajam, lai iegūtu iespējami precīzāku līkni.

Fotografējot turiet kameru $10 - 20 \text{ cm}$ attālumā no osciloskopa ekrāna tā, lai kameras logs būtu paralēls ekrānam un ekrāna tīkliņa līnijas – paralēlas loga malām.

Pēc nofotografēšanas tūlīt pārliecinieties, ka fotogrāfijā ir pietiekami labi redzams līknes pilns periods un ekrāna tīkliņa līnijas. Ja tas tā nav, fotogrāfiju ieteicams tūlīt izdzēst un fotografēšana jāatkārto. (Ja fotokameras atmiņa ir pietiekama, var uzņemt īsu ($1 - 2 \text{ s}$) videofailu, taču tad jābūt arī programmai, kas ļauj iegūt no videofaila

atsevišķus kadrus, piem., *Windows Movie Maker*. Pēc tam no videofaila var izvēlēties vienu vislabāko kadru.)

Parūpējieties par to, lai katrai saglabātajai līknei būtu zināms sprieguma mērogs V/div.

Izvēlētās 4 līknes saglabājiet datorā.

Fotogrāfiju apstrādi var veikt programmā *MS Word*. Atveriet jaunu tukšu failu un ar komandām *Insert–Picture–From File* ievietojiet tajā pirmo attēlu. Ar komandu *Crop*¹ «nogrieziet» no tā visu lieko, atstājot līknes vienu pilnu periodu (vai nedaudz vairāk par to) kā arī fotografēšanas datumu un laiku. Pēc tam palieliniet attēlu tā, lai horizontālā virzienā līknes pilns periods aizņemtu gandrīz visu lappuses platumu, bet vertikālā virzienā – 1/3 ... 1/2 lappuses.

Tā kā no izdrukas būs jānolasa līknes punktu koordinātas, tad attēla fonu ieteicams padarīt iespējami bālāku. (Tas ietaupīs arī printera resursus.) To var izdarīt ar komandām *Color–Grayscale*, *More (Less) Braightness* un *More (Less) Contrast*. Pārveidojot attēlu jāpanāk iespējami bālāks fons, līknei jābūt labi saskatāmai un iespējami tievākai. Saskatāmām jāpaliek arī osciloskopa ekrāna tīkliņa līnijām.

Šādi jāapstrādā visas 4 līknes un tās jāizvada uz papīra. (Ieteicams ievietot 2 līknes vienā lappusē. Ja rodas grūtības ar attēlu izvietošanu lappusē, iezīmējiet «spītīgo» attēlu un izpildiet komandas *Format–Picture–Layout–In front of text*.)

Visos iegūtajos attēlos novelciet nulles līniju un nosakiet sprieguma mērogu V/mm. Simetriskajām 4., 6. un 7.p. līknēm nulles līniju novelciet tā, lai līknes pozitīvā un negatīvā daļas būtu simetriskas, bet 5.p. līknei – caur posmiem, kuros spriegums ir nemainīgs. (Nulles līnija var nebūt precīzi horizontāla, ja fotografējot kameras loga malas nav bijušas paralēlas ekrāna tīkliņa līnijām.)

Lai noteiktu sprieguma mērogu, izmēriet uz papīra iegūtajā attēlā attālumu l (mm) starp ekrāna tīkliņa horizontālajām līnijām. Šis attālums tagad atbilst zināmajam mērogam V/div. Tā, piemēram, ja iepriekš bija 5 V/div un $l = 22$ mm, tad iegūstam mērogu $5/l = 0,23$ V/mm.

Turpmākā līkņu apstrāde atkarīga no konkrētās lietotās harmoniskās analīzes programmas. Var lietot harmoniskās analīzes programmu, kas atrodama programmu paketē «STUDENTS» vai programmu «Harmoniskā analīze» no *omega.rtu.lv/etp* (Mathcad-7). Pirmajā no šīm programmām līknes periods jāsadala vienādās daļās (vismaz 20) un datorā jāievada atbilstošo līknes punktu ordinātas. Otrajā programmā līkni aizvieto ar lauztu līniju, tāpēc dalījuma punktu var būt mazāk un periods nav jādala vienādās daļās, bet gan tā, lai iespējami labāk aizvietotu doto līkni.

¹ Komanda *Crop*, kā arī citas turpmāk minētās komandas parasti atrodas horizontālajā rīku joslā «Picture» ekrāna augšdaļā. Ja šī rīku josla nav redzama, izpildiet komandas *View– Toolbars– Picture*.

16. darbs

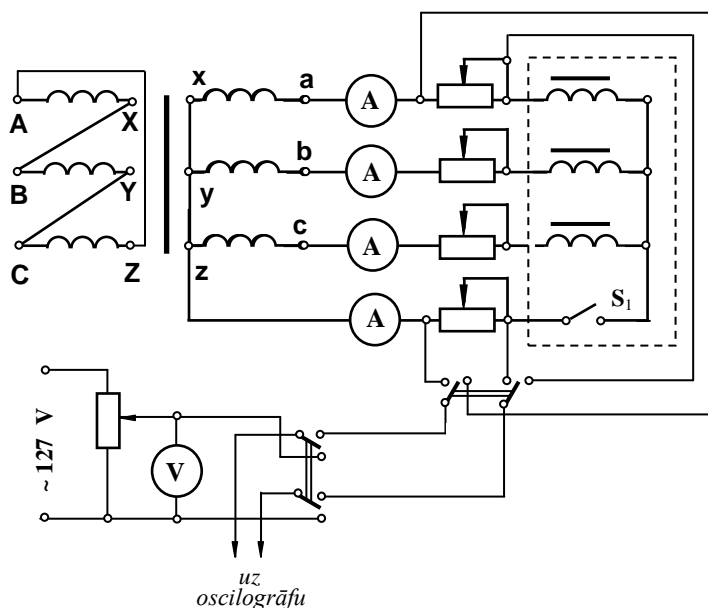
AUGSTĀKĀS HARMONIKAS TRĪSFĀŽU ĶĒDES

Darbā jānoskaidro strāvu un spriegumu augstāko harmoniku rašanās cēloņi un to sastāvs simetriskā zvaigznes slēgumā ar un bez nullvada. Iegūtās līknes jāizvirza Furjē rindā, analītiski un eksperimentāli jānosaka mērinstrumentu rādījumi nesinusoidālu strāvu gadījumā.

Uzdevums

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu (16.1. att.) un noskaidrot tās darbību.
2. Noskaidrot, kādas harmonikas satur līnijas un nullvada strāvas shēmā ar nullvadu un



16.1. att.

kādas harmonikas satur līnijas strāvas un spriegums starp nullpunktiem pārtraukta nullvada gadījumā.

3. Uzrakstīt formulas elektromagnētiskās sistēmas ampērmetru rādījumu analītiskai noteikšanai, ja zināms, kādas harmonikas satur attiecīgā strāvas un zināmas strāvu harmoniku amplitūdas vērtības.

4. Uzrakstīt formulas līnijas strāvu līkņu amplitūdas un kropļojuma koeficientu noteikšanai.

5. Noskaidrot, kā dotajā shēmā izdarāma oscilogrāfa graduēšana, uzrakstīt formulu strāvu līkņu mēroga noteikšanai.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

6. Saslēgt shēmu un iestādīt simetrisku darba režīmu.

7. Izmērīt strāvas līnijas vados un nullvadā un uzņemt līnijas un nullvada strāvas oscilogrammas ieslēgta nullvada režīmā.

8. Izmērīt strāvas līniju vados un uzņemt līnijas strāvas oscilogrammu pārtraukta nullvada režīmā.

9. Graduēt oscilogrāfu, nemainot vertikālā pastiprinājuma koeficientu. Izmērīt līnijas vadā un nullvadā ieslēgtās pretestības.

10. Sadalīt 7. un 8.p. iegūtās strāvas līknes harmonikās un grafiski pārbaudīt, vai harmoniku summa dod sadalītās līknes. Uzrakstīt nesinusoidālo strāvu momentāno vērtību izteiksmes.

11. Izmantojot iepriekšējā punktā iegūtos rezultātus, analītiski aprēķināt strāvu efektīvās vērtības 7. un 8. p. režīmos un salīdzināt ar mērinstrumentu rādījumiem. Aprēķināt amplitūdas un kropļojuma koeficientus abos gadījumos.

Norādījums. Nesinusoidālu strāvu līknes sadala harmonikās, izmantojot datoru un kādu no harmoniskās analīzes programmām. Norādījumus par oscilogrāfa graduēšanu skat. 15.laboratorijas darba aprakstā.

C. Kontroljautājumi

1. Kādu iemeslu dēļ elektriskajā ķēdē rodas nesinusoidālas strāvas?
2. Kā noteikt nesinusoidāla lieluma efektīvo vērtību, ja zināma šī lieluma momentānās vērtības izteiksme?
3. Kuras harmonikas satur strāva nullvadā?
4. Paskaidrot oscilogrāfa graduēšanas principu. Kādi mērījumi jāizdara, lai atrastu strāvas mērogu?

Literatūra:

[1] 9.7.

[2] 9.7.

IETEICAMĀ LITERATŪRA

1. J. Briedis, I. Dūmiņš, U. Lasis, U. Ratnieks, K. Tabaks. Elektrotehnikas teorētiskie pamati. Stacionāri procesi lineārās ķēdēs / I. Dūmiņa red. – R.; Zvaigzne ABC, 1999. – 301 lpp.
2. Elektrotehnikas teorētiskie pamati. Stacionāri procesi lineārās ķēdēs / K. Tabaka red. – R.; Zvaigzne, 1985. – 331 lpp.