

ENSV RAHVAMAJANDUSE NÕUKOGU
JUHTIVA KAADRI JA KESK-ERIÕPPEASUTUSTE OSAKOND

TEOREETILINE ELEKTROTEHNIKA

(ÜLESANDED 1—6)

KAUGEÕPPE OSAKONNA
ELEKTROTEHNILISTE ERIALADE ÕPILASTELE ÕPPEPROGRAMM,
SOOVITATAV KIRJANDUS, METOODILISED JUHISED, KÜSIMUSED
ENESEKONTROLLIKS JA KONTROLLTÖÖD

72001
ENSV RAHVAMAJANDUSE NÕUKOGU
JUHTIVA KAADRI JA KESK-ERIÕPPEASUTUSTE OSAKOND

TEOREETILINE ELEKTROTEHNIKA

(ÜLESANDED 1—6)

KAUGEÕPPE OSAKONNA
ELEKTROTEHNILISTE ERIALADE ÕPILASTELE ÕPPEPROGRAMM
SOOVITATAV KIRJANDUS, METOODILISED JUHISED, KÜSIMUSED
ENESEKONTROLLIKS JA KONTROLLTÖÖD

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

45636

ARHIIVKOGU

SISSEJUHATUS

19. sajandi teisel poolel algas elektrienergia praktiline kasutamine tööstuses ja põllumajanduses.

Juba XX sajandi alguseks oli tähele pandud ja teoreetiliselt uuritud elektrotehnika põhilised nähted, mis lubas odavat elektrienergiat toota suurtes hulkades ja teda üle kanda väikeste kadudega suurtele vahekaugustele.

Meie päevil on lihtne elektrienergiat muundada mehaanilise, soojuse, valguse, keemilise ja teiste energia liikideks, tagades elektrienergia laialdase kasutamise kõikides tööstuse harudes ja põllumajanduses.

Elektrotehnika areneb tormiliselt. Viimastel aastakümnetel tekkisid uued elektrotehnika alad: elektroonika, raadiotehnika, elektriline keevitus ja teised.

Meie sotsialistlikul maal kasutatakse kõiki tehnika saavutusi, seejuures elektrotehnikat, inimese vabastamiseks raskest füüsilisest tööst, töö tootlikkuse tõstmiseks ja töötajate materiaalse olukorra parandamiseks, samal ajal kui kapitalistlikes riikides tehnika suuri avastusi kasutavad kapitalistid suurimate kasumite saamiseks ja tööliste ekspluateerimise tugevdamiseks.

Nõukogude valitsus ja Kommunistlik partei osutasid ja osutavad hiigla suurt tähtsust maa elektrifitseerimisele.

Kõigile on teada suure Lenini märkimisväärne loosung: «Kommunism — see on nõukogude võim pluss kogu maa elektrifitseerimine».

Nõukogude valitsus ja Kommunistlik partei kulutavad palju tööd selleks, et kujundada elu Lenini märkimisväärsete sõnade järgi.

1920. aastal alustas tööd Lenini isiklikul juhtimisel Venemaa Elektrifitseerimise Riiklik Komisjon (GOELRO).

Nagu on teada, esimene elektrifitseerimise plaan ületati märgatavalt.

1929. aastast NSVL elektrifitseerimine toimus viie aasta plaanide järgi.

Ajalooliselt lühikese ajaga, meie maa tõusis elektrienergia tootmises ühele esimesele kohale maailmas. 1940. aastal NSV Liidu elektriyaamad tootsid aastas 50 miljardit kWh elektrienergiat, see on 25 korda rohkem, kui Venemaa elektriyaamad 1913. aastal.

1950. aastaks elektriyaamade võimsus kasvas ligi kahekordseks võrreldes 1940. aasta tasemega.

NSV Liidu edasise elektrifitseerimise grandioosne plaan oli antud NLKP XX kongressi ajaloolistes otsustes.

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XX kongress määras kommunistliku ühiskonna ehitamise grandioosse programmi, mis on kehtestatud NSVL rahvamajanduse arendamise viie aasta plaani direktiivides 1956—1960-ks aastaks. Selle plaani elluviimine osutub tähtsaks etapiks NSV Liidu majandusliku ülesande täitmisel — ajalooliselt lühima ajaga rahulikult majanduslikul võistlusel kätte saada ja mööda minna, kõige arenenumatest kapitalistlikest riikidest, toodangu tootmises ühe elaniku kohta. NLKP XX Kongressi direktiivid NSV Liidu rahvamajanduse arendamise kuuenda viisaastaku kohta kohustavad, tagada võimsuste kiireid kasvutemposid elektriyaamades, et täielikult rahuldada rahvamajanduse kasvavat elektrienergia tarbimist, luua elektriliste võimsuste reservid, ning tagada edasiselt soojuselektriyaamade, hüdroelektriyaamade ja elektrivõrkude tehnilise taseme tõusu. Edasise elektrienergia juurutamise kõrval tööstusse, teostatakse palju laiemalt transpordi ja põllumajanduse elektrifitseerimist, aga samuti parandatakse linnade varustamist elektrienergiaga.

NLKP XX Kongressi direktiividega on ette nähtud suurendada viisaastakul üldist turbiin elektriyaamade võimsust 2,2 korda, hüdroelektriyaamade võimsust 2,7 korda ja 35—220 kV pingega elektrivõrkude pikkust 2,2 korda.

Elektrienergia toodang 1960. aastal peab moodustama 320 miljardit kWh. Kuuendal viisaastakul peab lõpule jõudma suurimate hüdroelektriyaamade, Kuibõševi ja Stalingradi, ehitus Volgal. Hoogustub paljude võimsate elektriyaamade ehitus: Saraatovi, Tšeboksarski, Votkinski, Kre-

mentšugi, Bratski, Novosibirski ja teised. NSV Liidu Euroopa osas luuakse ühine energiasüsteem, ühendades Kuibõševi ja Stalingradi hüdroelektrijaamad Tsentraal-, Lõuna- ja Uraali energiasüsteemidega.

Teostatakse energia ülekandmine kõrgel alalispingel, viies töösse alalisvoolu elektrienergia ülekande liini Stalingradi hüdroelektrijaam — Donbas.

Maa elektrifitseerimise töid teostavad kõik nõukogude rahvad, nende hulgas nõukogude spetsialistid-elektrikud. Laialdane võrk kõrgemaid ja kesk-elektrotehnilisi õppeasutusi valmistavad ette kaadreid ehitustele, ettevõtetele ja uurimise-instituutidele.

Nõukogude Liidu Kommunistlik Partei juhib kogu hiiglaslikku tööd maa elektrifitseerimisel ja ümbritseb isaliku hoolitsusega kõiki nõukogude inimesi, kes töötavad meie Kodumaa elektrifitseerimisel.

Tehnikumidest väljalastavad noored spetsialistid peavad jätkama nõukogude tehnika arendamist, suurendama nõukogude rahva edusamme ja saavutusi, mis on suunatud nõukogude rahva materiaalse olukorra ja kultuuri taseme tõstmiseks.

Aine «Elektrotehnika teoreetilised alused» õppimine omab eesmärgi, anda õppijaile põhilised teoreetilised teadmised elektri- ja magnetväljades, alalis-vahelduvvoolu lineaarsetes ja mittelineaarsetes elektrilistes ahelates toimuvatest protsessidest, mis on vajalikuks aluseks järgnevate spetsiaalsete dissipliinide õppimisel vastavuses valitud erialaga.

Õppijate abistamiseks on koostatud küsimused enese kontrolliks.

Elektrotehnika teoreetiliste aluste kohta antakse kuus ülesannet. Iga ülesanne sisaldab osa programmist, soovitatavat kirjandust, meetodilisi juhiseid, küsimusi enese kontrolliks ja kontrolltöid.

Töö kokkuvõtteks ülesande täitmise kohta, õppija peab õppejõule esitama hindamiseks kontrolltöö, kusjuures üldse tuleb esitada 6 kontrolltööd.

Iga ülesande kohta on ette nähtud:

- a) iseseisvat tööd õpikuga ja õppevahenditega teoreetilise õppematerjali õppimise eesmärgil.
- b) iseseisvat ülesannete ja näidete lahendamist, ees-

märgiga omandada arvutuslikke oskusi ja praktiliselt rakendada teoreetilisi teadmisi.

c) iseseisvat kontrolltööde teostamist.

Õppijate abistamiseks, laboratoorsete tööde ja eksamissessioonil, organiseeritakse ülevaatlikke loenguid ja konsultatsioone programmi tähtsamate osade kohta. Samadel perioodidel õppijad peavad teostama programmis ettenähtud laboratoorsed tööd.

Programmi teemade jaotus ülesannete järgi.

Ülesanne 1. Sissejuhatus. Elektriväli. Alalisvoolu ahel. Elektriliste ahelate arvutamise meetodid (kuni keeruliste ahelate arvutamiseni).

Ülesanne 2. Elektriliste ahelate arvutamise meetodid (järg). Mittelineaarsed elektrilised ahelad. Elektromagnetism (kuni magnetringide arvutamiseni).

Ülesanne 3. Elektromagnetism (järg). Elektrimahtuvus. Elektrivälja energia.

Ülesanne 4. Vahelduvvool. Põhimõisted. Ühefaasise vahelduvvoolu ahelad.

Ülesanne 5. Vahelduvvoolu ahelate arvutamise sümbolne meetod. Ringdiagrammid. Kolmefaasine vool.

Ülesanne 6. Mittesiinuselised vahelduvvoolud. Raudsüdamikuga (rauda sisaldavad) vahelduvvoolu ahelad. Ahelad jaotatud konstantidega. Tööstuslikud raadiohäired ja nende kõrvaldamine.

Üldised organisatsioonilised ja meetodilised juhised

«Elektrotehnika teoreetiliste aluste» kursuse edukaks õppimiseks on soovitatavad järgmised töömeetodid:

1. Tutvuda ülesande programmiga. Selgitada materjali maht ja esitamise järjekord. Valida vajalik kirjandus.

2. Materjal läbi lugeda põhiõpiku järgi. Matemaatilised teisendused, skeemid ja joonestused kanda töövihkusse. Arusaamatud kohad ja üksikud küsimused ära märkida, et nende juurde tagasi pöörduda järgneval materjali analüüsimisel. Õpikus toodud näiteid püüda lahendada, heitmata pilku raamatu lahendusele, või analüüsinud raa-

matus toodud näite, koostada analoogilistel tingimustel ülesanne ja lahendada see iseseisvalt.

3. Kasutades õpikut koostada lühike konspekt, kirjutades üles kõikide põhiliste elektrotehniliste suuruste ja seaduste sõnastused, mõõtühikud ja põhivõrrandid. Arusaamatute kohtade selgitamiseks on soovitatav pöörduda teiste soovitatavate õppevahendite juurde või tehnikümi.

4. Vastused enesekontrolli küsimustele kirjutada töövihikusse.

5. Kontrolltöö täitmine järgneb alles peale programmis ettenähtud kogu materjali omandamist. Kontrolltöös esitatud küsimustele tuleb anda vastused põhjalikult kuid lühidalt.

6. Materjali õppimisel ja kontrolltöö täitmisele on vajalik kasutada suuruste, ühikute ja elektriliste ahelate skeemi elementide neid tingimärke, mis on näidatud põhiõpikus, sest seal näidatud tingmärgid vastavad üleliidulisele standardile.

7. Ülesannete lahendamisel on vajalik juhinduda järgmistest reeglitest:

Tähelepanelikult läbi uurida ülesande tingimused. Välja kirjutada kõik antud suurused. Algul lahendada ülesanne kvalitatiivselt, kasutamata võrrandeid ja arvutusi, märkides lahenduse käigu. Seejärgi, väljendada kõik suurused põhi mõõtühikute süsteemis ja teostada vajalikud arvutused. Saadud resultaati hinnata tema reaalsuse seisukohalt. Kontrollida ülesande lahendamist, teostades lahenduse teiste meetoditega. Ülesande lahendamise käigus on vajalik välja joonestada ülesande käiku selgitavad skeemid ja koostada vajalikud diagrammid.

Arvutuste lihtsustamiseks on soovitatav kasutada arvutuslükateid ja matemaatilisi tabeleid.

SOOVITATAV KIRJANDUS

1. N. N. Mansurov ja V. S. Popov — «Teoretitšeskaja elektrotehnika», 5. väljaanne 1954. aastal, 6. väljaanne 1956. aastal, 7. väljaanne 1958. a. Gosenergoizdat.

2. V. I. Konstantinov, N. N. Mansurov, A. F. Simonov ja A. A. Fedorov-Korolev — «Sbornik zadatš po teoretitšeskoi elektrotehnikе». Gosenergoizdat, 1953. a.

3. N. N. Mansurov ja V. S. Popov — «Rukovodstvo k laboratornõm rabotam po teoretitšeskoj elektrotehnikе». Gosenergoizdat, 1951. a.

Märkus: edaspidi on soovitatava kirjanduse näitamisel kasutatud lühendeid, kusjuures vastavalt ülaltoodule esimese raamatu tähis on L—1, Teise L—2 ja kolmanda L—3. Väljaande järjekorra number esimese raamatu korral on juurde märgitud sulgudes. Näiteks: L—1 (5). s. t. 5-es väljaanne.

ÜLESANNE 1

PROGRAMM

SISSEJUHATUS

Elektrienergia, tema iseärasused ja kasutuse piirkond. Elektrienergia tootmine ja jaotamine.

NSVL elektrifitseerimine — nõukogude rahva materiaalse ja kultuurse heaolu suurendamise vahend.

V. I. Lenini näpunäidetel ja juhtimisel koostatud esimene Nõukogude Venemaa elektrifitseerimise plaan (GOELRO).

NSVL elektrifitseerimine enne- ja pärast sõjaaegsel perioodil.

Teema 1. Elektriväli

Materia neutraalsed ja elektriliselt laetud osakesed. Elektriväli. Elektrivälja suund. Elektrivälja tugevus. Punktlaengu elektriväli. Elektriline läbitavus. Punktlaengute vastastikune mõju. Ühtlane elektriväli. Elektrivälja potentsiaal ja pinge. Pinge mõõtmise praktiline mõõtühik — volt. Elektrivälja ekvipotentsiaalpinnad.

Elektrivälja jõudude mõjul laengu ümberpaigutamisel kulutatud töö. Elektrijuhid ja dielektrikud. Elektrijuht elektriväljas. Elektrivälja ekraanimine suletud metallpindade abil. Dielektrik elektriväljas. Dielektriku elektriline polarisatsioon.

Polarisatsiooni mõju keskkonna elektrilisele läbitavusele. Isolatsiooni läbilöök. Dielektrikute elektriline tugevus.

Teema 2. Alalisvooluahel

Vooluahela mõiste. Toiteallikad. Tarbijad. Elektromotoorne jõud (emj). Emj pinge.

Elektrivool. Voolutugevus. Voolutugevuse praktiline mõõtühik — amper. Voolu suund. Voolutihedus. Pinge ja voolu vaheline seos elektrijuhtides — Ohmi seadus ahela osa kohta. Takistus. Takistuse praktiline mõõtühik — oom. Juhtivus. Eritakistus ja erijuhtivus. Temperatuuri mõju elektrijuhtide takistusele. Reostaadid. Elektrolüüdid. Elektrolüütide elektrijuhtivus. Elektrolüüs. Galvanoplastika.

Elektriline töö ja võimsus. Võimsuse ja töö (kulutatud energia) praktilised mõõtühikud. Elektrienergia muundumine soojusenergiaks.

Lenz-Joule seadus. Elektrijuhi soojenemine. Väljakujunenud temperatuur. Nimivoolud. Ülekoormus. Lühis. Kaitsmed. Voolu soojusliku mõju kasutamine valgustuseks. A. N. Lodõgini poolt 1872. aastal leiutatud elektri-hõõglamp.

Ohmi seadus kogu vooluahela kohta. Elektromotoorse jõu allikad. Primaarelemendid. Elementide polarisatsiooni nähe. Depolarisaatorid. Happeakud ja leelisakud. Akude tühjendamise ja laadimise protsessid. Akude mahutavus.

Erinevate metallide kokkupuute kontaktpotentsiaalide erinevus. Termoelektromotoorne jõud. Eritermoelektromotoorne jõud. Termopaarid. Termopaaride kasutamine.

Elektriahel mitme emj-allikaga. Voolude liitmise printsiip. Vastuelektromotoorne jõud. Elektromotoorse jõu allika töötamine generaatori- ja tarbija töörežiimis. Elektromotoorse jõu allika klemmpinge generaatori- ja tarbija töörežiimis. Elektriahela potentsiaal. Elektriahela potentsiaal-diagramm.

Teema 3. Elektriahelate arvutuse meetodid

Kirchhoffi I ja II seadus. Lihtsate ahelate arvutus takistuste ja vooluallikate järjestikku-, paralleel- ja segaliituste korral. Hargnev elektriahel ühe muudetava takistusega. Energia ülekandmine suurele vahekaugusele. Kõrgepinge kasutamise otstarbekus energia ülekandmisel suurtele vahekaugustele. Pingekadu juhtmetes. Juhtmete ristlõike valik pingekao järgi, arvestades ka juhtmete lubatavat soojenemist.

SOOVITATAV KIRJANDUS.

- 1) L—1(5), L—1(6) ja L—1(7) osad I, II ja III.
- 2) L—2. Ülesanded 1—1 kuni 2—102.

Metoodilised juhised.

Sissejuhatuse õppimisel on vajalik tutvuneda hiiglasliku tööga, mis on teostatud nõukogude rahva poolt, Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei ja Valitsuse juhtimisel, meie Kodumaa elektrifitseerimisel. Eriti suurt tähelepanu tuleb osutada NSV Liidu arendamise suurimatele plaanidele, mis on märgitud NLKP XX Kongressil NSVL elektrifitseerimiseks.

Teema «Elektriväli» osutub küllalt raskeks. Selle teema õppimisel peab saama küllaldase ettekujutuse elektriväljast, põhilistest suurustest, mis iseloomustavad elektrivälja (väljatugevus, pinge, potentsiaal), nende suuruste mõõtühikutest ja samuti ka protsessidest elektrijuhtides ja dielektrikutes, mis paiknevad elektriväljas.

Iseseisva töö kergendamiseks raamatuga, näitame metoodilisi võtteid, millised on sagedamini kasutatavad järelduste tegemisel. Vaatleme üksikasjaliselt, kuidas tuuakse välja elektrivälja tugevuse mõiste. Katselisel teel võib kindlaks teha, et elektrivälja paigutatud laetud osakesele (proovilaengule) mõjub jõud, kusjuures jõu suurus on võrdeline keha laengu suurusega. Kui laetud osa ümber paigutada ühest väljapunktist teise, laengu suurust muutmata, võime kindlaks teha, et välja jõud muutub. Seega, välja jõud ei sõltu ainult laengu suurusest, vaid ka välja omadustest (intensiivsusest). Seda suurust, mis iseloomustab elektrivälja intensiivsust, nimetatakse elektrivälja tugevuseks. Seepärast võime õigusega välja jõudu väljendada

$$F=EQ,$$

kus F — välja jõud,
 E — väljatugevus ja
 Q — elektrilaeng.

Kasutades tõestatud sõltuvust, võime elektrivälja tugevust väljendada F ja Q suhtega, s. o.

$$E=\frac{F}{Q}.$$

Ülal meie tõestasime, et F on proportsionaalne Q . Kui Q vähendada n korda, siis ka F väheneb n korda, aga E jääb muutmatuks. Kui Q väheneb lõpmata suur arv korda, siis vastavalt väheneb F , aga suhe $\frac{F}{Q}$ ei muutu. Analoo-
giliselt arutledes meie tuleme järeldusele, et elektrivälja väljatugevus antud punktis ei sõltu proovilaengu suurus-
est, vaid sõltub välja omadustest. Teisest küljest suhe $\frac{F}{Q}$ lubab tõestada väljatugevuse mõõtühiku, mis on too-
dud õpikus. Kui laeng Q võtta võrdseks ühega, siis välja-
tugevus on arvuliselt võrdne jõuga, mis mõjub ühik proovi-
laengule. Kuid arvuline võrdsus ei anna õigust rääkida, et väljatugevus on jõud.

Elektri ja magnetismi õpetuse alusel on määratud mõned seosed, millised on tõestatud katselisel teel.

Üheks selliseks seoseks on punktlaengu elektrivälja tugevus.

$$E = \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_c}.$$

See seos oli määratud Kulon'i katsega. Ülesannete lahendamisel on mõnikord vajalik väljatugevuse võrrandisse asetada keskkonna elektrilise läbitavuse suurus.

$$\epsilon_c = \epsilon_0 \cdot \epsilon = \frac{10^{-9}}{36 \cdot \pi} \cdot \epsilon.$$

Sel juhul

$$E = \frac{Q}{4\pi R^2 \frac{10^{-9}}{36\pi} \epsilon} = \frac{9 \cdot Q}{R^2 \cdot \epsilon} 10^9,$$

kusjuures võrrandis ϵ on keskkonna suhteline elektriline läbitavus.

Olgu vajalik leida punktlaengu 10^{-10} C väljatugevus, punktlaengust kaugusel 2 sm, kui $\epsilon = 1$.

Väljendades vahekauguse m -tes, leiame

$$E = \frac{9 \cdot 10^{-10}}{2^2 \cdot 10^{-4} \cdot 1} \cdot 10^9 = 2,25 \cdot 10^3 \frac{V}{m} = 22,5 \frac{V}{cm}.$$

On vaja omandada, et kahe punktlaengu vastastikusel mõjutamisel, ühe laengu väli mõjub teisele laengule ja teise laengu väli esimesele.

Kogu edasise materjali omandamiseks on vaja hästi lahti mõtestada mõisted «pinge» ja «potentsiaal», ning nende vastastikune side. Väga tähtis on meeles pidada, et pinge esineb ainult kahe välja punkti vahel ja iseloomustab seda energiat, mida kulutatakse ühiklaengu ümberpaigutamisel ühest valitud väljapunktilist teise.

Elektrotehnikas sageli kohtame «ühtlast» elektrivälja. Ühtlase elektrivälja kohta kehtib lihtne seos pinge ja väljatugevuse vahel $U=El$. Seda seost on vaja kindlalt omandada.

On vaja kindlalt eraldada dielektriku läbilöögi pinget ja lubatavat pinget. Läbilöögi väljatugevuse suhe lubatavasse väljatugevusse väljendab «tugevuse tagavara». Näiteks, parafiiniga immutatud paberi läbilöögi tugevus on 10 kV/mm, tugevuse tagavara võrdne 2,5-ga, siis lubatav väljatugevus on 4 kV/mm.

Teema «Alalisvoolu ahela» õppimisel tuleb aru saada voolutugevuse ja voolutiheduse erinevusest, ning meeles pidada nende suuruste mõõtühikud. Tuleb selgitada, kuidas tekib EMJ, missugune erinevus on EMJ ja pinge vahel ja mispärast lahtise vooluahela klemmidel pinge võrdub EMJ-ga. Tuleb meeles pidada, kuidas määratakse voolu ja EMJ suund.

Iga elektrotehnik peab hästi teadma Ohm'i seadust. Järelduste tegemisel Ohmi seaduse kohta tuleb tähelepanu pöörata suurustele, millistest sõltuvad takistuse, aga samuti eritakistuse ja erijuhtivuse mõõtühikud.

Vajalik on tähelepanu pöörata sellele, et eritakistus ja erijuhtivus sõltuvad ainult elektrijuhi materjalist, aga mitte tema mõõdetest.

Takistuse sõltuvust temperatuurist iseloomustab temperatuuritegur, seepärast on vajalik teada temperatuuri mõistet, millisel juhul osutub ta positiivseks või negatiivseks ja millised metallid omavad väikest temperatuuritegurit. On vajalik omandada võrrand, mis väljendab takistuse sõltuvust temperatuurist.

Muutlikku takistust võib saada vene teadlase B. S. Jakobi poolt leiutatud reostaadi abil. Reostaadid leidsid elektrotehnikas laialdase kasutamise, lubades lahendada palju praktilisi ülesandeid.

Erinevat tüüpi reostaadid ja nende kasutamise skeemid on kirjeldatud N. N. Mansurovi ja V. S. Popovi raamatus («Rukovodstvo k laboratornõm rabotam po teoretitšeskoj elektrotehnikе»).

Vajalik on omandada, miks eraldub soojust voolu läbimisel elektrijuhist ja hästi omandada Lenz-Joule seadust, teada tema sõnastust ja praktilist kasutamist.

Tähelepanu tuleb pöörata juhtme temperatuuri muutumise iseloomule sõltuvalt kuumenemise ajast, aga samuti on vajalik teada põhimõisteid (väljakujunenud temperatuur, nimivool, kuumenemise aeg) ja osata graafiliselt kujutada temperatuuri muutumist, ning näidata graafikul nimetatud suurusi.

Lihtsate elektriliste ahelate õppimisel on vajalik välja selgitada: kuidas on määratud voolu suund, millega on võrdne kahe järjestikku (päripidiselt ja vastupidiselt) lülitatud vooluallika summaarne EMJ ja kuidas määratakse elektriahela kahe punkti potentsiaalide vaheline erinevus.

Ahela kahe punkti potentsiaalide vahelise erinevuse määramine on sageli raskendatud, kuna unustatakse jälgida voolu suunda elektriahelas võetud punktide vahel ja vooluallikate polaarsust.

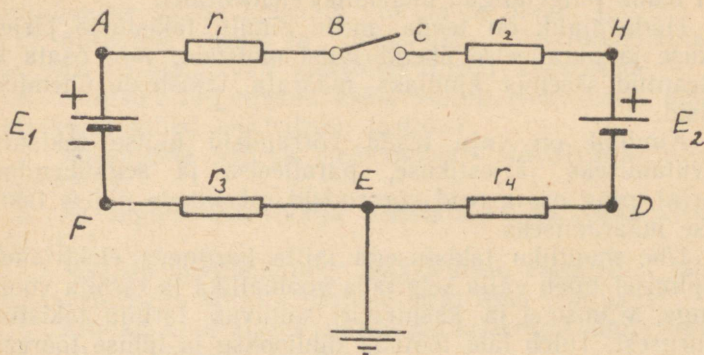
Hästi on vaja selgitada kahe vooluallika vastupidist lülitust ja miks antud tingimustes üks vooluallikas töötab tarbija töörežiimis.

Õppijad peavad elektriahelate kohta oskama koostada potentsiaaldiagramme ja olemasoleva diagrammi järgi, mistahes valitud punktide vahel määrata potentsiaalide erinevuse. Tähelepanelikult on vaja läbi töötada õpikus toodud näite 2—7 lahendus.

Õppijatel tekivad mõnikord raskused potentsiaalide arvutamisel ahelas, mida ei läbi vool (näit. kui ahel on lahtine). Sel juhul takistuste otstel potentsiaalid võrduvad üksteisega (pinge langu ei teki) ja potentsiaalid vooluallikate klemmidel erinevad üksteisest EMJ suuruse võrra.

Vaatame näiteks sellise ahela potentsiaalide arvutust. Joonisel 1 on näidatud elektriahel, kuhu on lülitatud kaks vooluallikat elektromotoorsete jõududega $E_1=4V$, $E_2=6V$ ja neli takistust: $r_1=6\Omega$, $r_2=2\Omega$, $r_3=5\Omega$ ja $r_4=7\Omega$. Määrata punktide ABCHDE ja F potentsiaalid suletud ja avatud vinnaklülitil korral.

Näide 1.



Joonis 1.

1. Suletud vinnaklüliti korral.

Voolutugevus ahelas on $I = \frac{E_2 - E_1}{\Sigma r} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ A}$

Vool on suunatud vastu kellaosuti liikumise suunda, kuna $E_2 > E_1$.

Arvutame punktide potentsiaalid:

$$\varphi_E = 0; \quad \varphi_F = I \cdot r_3 = 0,5 \text{ V};$$

$$\varphi_A = \varphi_F + E_1 = 0,5 + 4 = 4,5 \text{ V};$$

$$\varphi_B = \varphi_A + I \cdot r_1 = 4,5 + 0,6 = 5,1 \text{ V}; \quad \varphi_B = \varphi_C = 5,1 \text{ V};$$

$$\varphi_H = \varphi_C + I \cdot r_2 = 5,1 + 0,2 = 5,3 \text{ V}; \quad \varphi_D = \varphi_H - E_2 = -0,7 \text{ V};$$

$$\varphi_E = \varphi_D + I \cdot r_4 = 0.$$

2. Avatud vinnaklüliti korral.

$$I = 0 \text{ (kuna } r = \infty \text{)}$$

$$\varphi_E = 0; \quad \varphi_F = 0; \quad \varphi_A = E_1 = 4 \text{ V}; \quad \varphi_B = 4 \text{ V};$$

$$\varphi_D = 0; \quad \varphi_H = E_2 = 6 \text{ V}; \quad \varphi_C = 6 \text{ V}; \quad \varphi_B - \varphi_H = 2 \text{ V}.$$

Kirchhoffi 1 ja 2-st seadust kasutatakse laialdaselt elektriahelate arvutamiseks, seepärast ei piisa ainult nende seaduste sõnastuste ja matemaatiliste võrrandite õppimisest, vaid on kohustuslik koostada võrrandeid rea elektriahelate kohta. Pöörake tähelepanu sellele, et suletud kon-

tuuris võib määrata ühe ahela elemendil pingelangu, kui on teada pingelangud ülejäänud elementidel.

Hädavajalik on teada mitte ainult takistuste järjestikuse ja paralleelse ühendusviisi mõisteid, vaid osata ka etteantud skeemis kindlaks määrata takistuste ühenduse viisid.

Kindlalt on vaja teada võrrandeid üldise takistuse arvutamiseks järjestikuse, paralleelse ja segaühenduse korral, ning osata neid võrrandeid rakendada üldise takistuse määramiseks.

Ühe muutliku takistusega mitte hargneva elektriahela õppimisel tuleb välja selgitada vooluallika ja tarbija voolu, pinge, võimsuse ja kasuteguri sõltuvus tarbija takistuse suurusest. Tuleb läbi töötada tühijooksu ja lühise töörežiimid ja režiim, kui vooluallika sisetakistus võrdub tarbija takistusega.

Vajalik on teada, kuidas määratakse ja millest sõltub pinge kadu juhtmetes. Välja selgitada lubatava pingekao suurus sõltuvalt pinge kõikumistest.

Kõrgepingele kasutamise otstarbekuse küsimus omab väga suurt tähtsust. Sellele küsimusele tuleb pöörata tähelepanu ja määrata kindlaks, et ühe ja sama võimsuse ülekandmine kõrgemal pinge toimub väiksema vooluga. Voolu vähenemine lubab kasutada väiksema ristlõikega juhtmeid ja seega vähendada liinijuhtmete kaalu ning värvilise metalli kulu.

Tuleb arvestada, et juhtmete ristlõike valikul lähtutakse kahest näitajast: pingekao suurusest ja lubatavast piirsoojenemisest.

Seega, peale juhtmete arvutamist pingekaole tuleb juhtmeid kontrollida soojenemisel.

Graafiliselt tuleb osata arvutada voolusid ahelates, millistes on lineaarsed ja mittelineaarsed takistused lülitatud järjestikku ja paralleelselt. Selleks on küllaldane läbi töötada õpikus toodud näited.

Küsimused enese kontrolliks.

(Kordamise küsimused)

1. Kus ja millal kinnitati Venemaa elektrifitseerimise generaal-plaan (GOELRO)? Kui palju ja missuguse võimsusega elektriijaamade ehitamine oli ette nähtud selle plaaniga?

2. Millised ja missuguse võimsusega elektriijaamad rakendatakse töösse kuuenda viie aasta plaani järgi?
3. Millistele vene ja nõukogude elektrotehnikutele kuuluvad väljapaistvad elektrotehnilised avastused?
4. Millistel tingimustel keha osutub elektriliselt neutraalseks ja millal elektriliselt laetuks?
5. Missugune suurus iseloomustab elektrivälja intensiivsust?
6. Missugust elektrivälja nimetatakse ühtlaseks elektriväljaks?
7. Milliste mõõtühikutega mõõdetakse «elektrilist läbitavust»? Millega võrdub tühjuse elektriline läbitavus?
8. Kuidas määratakse mitut punktlaengut ümbritseva elektrivälja elektriline tugevus?
9. Mida nimetatakse elektriliseks pingeks?
10. Milliste mõõtühikutega mõõdetakse pinget ja potentsiaali?
11. Milline sõltuvus kehtib elektrivälja pinge ja välja-tugevuse vahel?
12. Mida nimetatakse ekvipotentsiaalpinna?
13. Kuidas on suunatud väljatugevuse vektor ekvipotentsiaalpinna suhtes?
14. Millised ained nimetatakse elektrijuhtideks?
15. Mis on vabad elektroonid?
16. Mis on ioonid?
17. Millega erineb metallide elektrijuhtivus elektrolyütide elektrijuhtivusest?
18. Mis on dielektrik? Kas dielektrik omab elektrijuhtivust?
19. Millist nähet nimetatakse dielektriku polarisatsiooniks?
20. Mis on lubatav elektriline tugevus ja mis on läbilöögi elektriline tugevus?
21. Millistest elementidest koosneb elektri ahel?
22. Mida nimetatakse elektrivooluks? Missugustes mõõtühikutes mõõdetakse elektrivoolu?
23. Kuidas määratakse voolusuund?
24. Mida nimetatakse elektromotoorseks jõuks (EMJ)?
25. Kuidas määratakse EMJ suund?
26. Missugusel tingimusel võrdub vooluallika klemmpinge tema EMJ-ga?
27. Miks alälisvool mittehargneva ahela kõigis lõigetes omab ühesugust suurust?

28. Sõnastage Ohmi seadus.
29. Millistest suurustest sõltub elektriline takistus?
30. Mida nimetatakse juhtivuseks?
31. Missugustes mõõtühikutes mõõdetakse eritakistust?
32. Missugused ained omavad kõige väiksemat eritakistust?
33. Mida nimetatakse takistuse temperatuuri teguriks?
34. Missugustel ainetel takistuse temperatuuritegur on väiksem?
35. Missugustel ainetel takistuse temperatuuritegur on negatiivne?
36. Kuidas väljendub generaatori poolt teostatud elektriline töö?
37. Mida nimetatakse generaatori ja tarbija võimsuseks, ning võimsuse kaoks?
38. Millistes ühikutes mõõdetakse elektrilist võimsust ja tööd?
39. Nimetage praktikas kasutatavate erinevate võimsuse mõõtühikute vahelised suhted.
40. Millistest suurustest sõltub elektrivoolu poolt eraldatud soojusehulk?
41. Näidake voolu poolt eraldatava soojuse kasuliku kasutamise juhud.
42. Kelle poolt ja millal oli leiutatud elektriline hõõglamp?
43. Kuidas kulgeb juhtme soojenemise protsess vooluga?
44. Mida nimetatakse voolu poolt soojendatava juhtme väljakujunenud temperatuuriks?
45. Millest sõltub soojenemise lubatav temperatuur?
46. Mis on lühis ja mille poolest on ta ohtlik?
47. Millist tähtsust omavad kaitsmed?
48. Kuidas väljendub Ohmi seadus kogu vooluahela kohta?
49. Millisel juhul vooluallika EMJ nimetatakse vastuelektromotoorseks jõuks?
50. Millistel juhtudel ahela osapinget väljendatakse võrranditega:
- $$U = I \cdot r; \quad U = E - I \cdot r_0; \quad U = E + I \cdot r_0?$$
51. Millised energia muundused toimuvad elektri-ahela osas, millisele mõjub vastu — EMJ?

52. Mida nimetatakse elektriahela punkti potentsiaaliks?
53. Kuidas ehitatakse potentsiaalide diagramm?
54. Sõnastage Kirchhoffi I ja II seadus.
55. Millised märgid kirjutatakse juurde voludele, pingelangudele ja EMJ-dele võrrandite koostamisel Kirchhoffi I ja II seaduse järgi?
56. Millises suhtes on takistuste järjestikku lülituse korral pinge, takistus ja võimsus?
57. Millises suhtes on takistuste paralleellülituse korral harude volud, juhtivused ja võimsused?
58. Millisel tingimusel elektriahelas, mis koosneb kahest järjestikku lülitatud takistusest, saadakse suurim võimsus muutavas takistuses?
59. Mida nimetatakse pingekaoks juhtmetes?

ÜLESANNE 2

PROGRAMM

T e e m a 3. Elektriahelate arvutusmeetodid (järg)

Keeruliste elektriahelate arvutamine superpositsiooni meetodil.

Sõlmpinge meetod. Sõlm- ja kontuurvõrrandite meetod (vooluahelate arvutamine Kirchhoffi I ja II seaduse põhjal koostatud võrrandite järgi). Takistuste kolmnurga asendamine ekvivalentse tähega ja tähe asendamine kolmnurgaga, kui keerulise ahela ümbermoodustamine lihtsaks ahelaks (transfiguratsiooni meetod). Tühijooksu ja lühise meetod.

Neliklemm. Neliklemmi põhivõrrandid. Neliklemmi konstantide määramise meetodid.

Neliklemmide katsetamine.

T e e m a 4. Mittelineaarsed elektriahelad.

Mõisteid mittelineaarsetest elektriahelatest. Volt-amper karakteristika. Elektriahelate mittelineaarsed elemendid: barreterid, vaakum-elektronitorud, gaaslahendus lambid,

elektrikaarleek ja pooljuhid. Lineaarsete ja mittelineaarsete tarbijatega elektriahelate graafilised arvutusemeetodid, nende järjestikku- ja paralleel-lülituste korral. Voolu ja pingestabilisaatorid.

Teema 5. Elektromagnetism.

Elektrivoolu magnetväli. Magnetvälja suund. Jõujooned. Magnetvälja suuna ja voolusuuna vaheline seos. Korgivinna reegel.

Võõraste magnetvälja paigutatud vooluga juhtmele mõjuv elektromagnetiline jõud. Magnetiline induksioon. Magnetilise induksiooni praktiline mõõtühik. Magnetilise induksiooni vektor. Vasaku käe reegel. V. F. Mitkevits'i reegel. Uhtlane magnetväli.

Magnetvoog. Magnetvoo praktiline mõõtühik. Magnetvoo katkematus. Vootoru.

Bio-Savari seadus. Keskkonna magnetiline läbitavus. Magnetvälja väljatugevus. Magnetiline pinge. Magneetimisergutuse seadus. Sirge voolujuhtme magnetväli. Paralleelsete sirgete voolujuhtmete vastastikune mõju voolu läbimisel neist. Rõngas- ja solenoid mähiste magnetväli.

SOOVITATAV KIRJANDUS

- 1) L-1 (5), L-1 (6), L-1 (7) — III, IV ja V peatükk.
- 2) L-2, ülesanded 2-103 kuni 2-104 ja 4-1 kuni 4-30.

Metoodilised juhised

Teoreetilise elektrotehnika 2-ne ülesanne sisaldab programmi kolme teemat:

Teema 3 — «Elektriahelate arutamise meetodid», teema 4 — «Mittelineaarsed elektriahelad» ja teema 5 — «Elektromagnetism» (kuni magnetahelateni).

Kirchhoffi seaduste rakendamisele põhineva keeruliste ahelate arvutusemeetodi õppimisel on vajalik välja selgitada: esiteks, kuipalju võrrandied on vaja üldse koostada, et määrata antud elektriahela kõik otsitavad voolutugevused; teiseks, kuipalju võrrandeid võib koostada Kirchhoffi

I seaduse põhjal ja kolmandaks, kui palju võrrandeid jäi puudu. Puudujäänud võrrandid tuleb koostada Kirchhoffi II seaduse põhjal. Vaja on antud skeemi järgi osata määrata, kuipalju võrrandeid võib koostada Kirchhoffi I ja II seaduse järgi ja praktiliselt koostada vajalik arv võrrandeid.

Sõlmpingete meetodit võib kasutada neil juhtudel, kui ahel omab kahte sõlmpunkti (hargnemise punkti).

Superpositsiooni meetodit kasutatakse harilikult mitme EMJ allikaga ahelate arvutamiseks. Tuleb meeles pidada, et EMJ-allikate väljajätmisel tuleb skeemidesse jätta nende sisetakistused. Superpositsiooni meetodi kasutamisel tuleb tähelepanelikult jälgida voolude suundasid nende algebralisel liitmisel.

Transfiguratsiooni meetod tekitab sageli raskusi. Transfiguratsiooni tuleb kasutada siis, kui see viib skeemi lihtsustumisele. Ei maksa alustada transfiguratsiooni, kui ei ole tähitud sõlmpunktid. Ärge unustage, et ahela transfiguratsioon teostatakse tingimusel: ahela sõlmpunktide vahelise pinge konstantsuse juures ahela sõlmpunktidesse või sõlmpunktidest voolavad voolud ei muutu. Seepärast transfigureeritud skeemi arvutamisel, voolutugevused ahela osades, mis ei allutatud transfiguratsioonile jäävad endisteks.

Keeruliste elektrialhelate arvutamisel suurt tähtsust omavad neliklemmide võrrandid. Tuleb teada kuidas on neliklemmide kostandid omavahel seotud ja kuidas on neliklemmide põhivõrrandid.

Hästi tuleb selgitada neliklemmi konstantide määramist tühijooksu ja lühise režiimide abil. Õppijad peavad samuti teadma, kuidas praktiliselt määratakse tegurid ja kuidas neid kasutatakse arvutusteks.

Mittelineaarsete elektrialhelate teema juures on vaja teada, mis on volt-amper karakteristika ja osata teda graafiliselt ehitada.

Õppematerjali läbitöötamisel pooljuht-alaldajate osa kohta, omandage — missugustest osadest koosneb tahke alaldaja ja millest on tingitud juhtivuse sõltuvus elektrivälja suunast, s. o. mispärast «otsene» juhtivus on suur aga «vastupidine» juhtivus väike. Pidage meeles vaskoksüüd ja seleenalaldajate ehitus, ja ühele alaldaja elemendile lubatav voolutihedus, ning lubatav vastupidine pinge. Kõige suuremat tähtsust tööstuses omavad elektronriistad. Seoses sellega on vajalik eriti hästi teada füüsikalisi protsesse, mis

on seotud voolu läbiminekuuga tühjusest ja gaasidest. Tutvuda kolme elektroodiga elektritoru põhiomadustega, õppida toru põhiparameetrid (karakteristiku tõus, võimenduse tegur ja sisetakistus) ja püstitada vastastikune side toru parameetrite vahel, mis on vajalik antud elektritoruga pinge võimendaja skeemi õppimisel. Õppida voolu läbimineku nähteid gaasides, arutada läbi gaaside ionisatsiooniprotsess ja selgitage vahendatud ja vahendamatu lahendust gaasides.

Vajalik on teada kaarlahenduse tekkimise tingimust ja tema praktilist kasutamist.

Õppijad peavad välja selgitama lahendusprotsesside suure praktilise tähtsuse gaaside korral. Gaaside lahendusprotsesside kasutamisele on ehitatud võimsad elektronioontorud: gasotronid (kahe elektroodiga torud) ja tiratronid (kolme elektroodiga torud), millised lubavad efektiivselt alaldada vahelduvvoolu (saada alalisvoolu).

Ašudes elektromagnetismi ja elektromagnetilise induktiooni nähete õppimisele, on vaja meeles pidada, et elektromagnetilistele nähetele tugineb tähtsaimate elektrotehniliste masinate ja aparaatide ehitus ja töötamine.

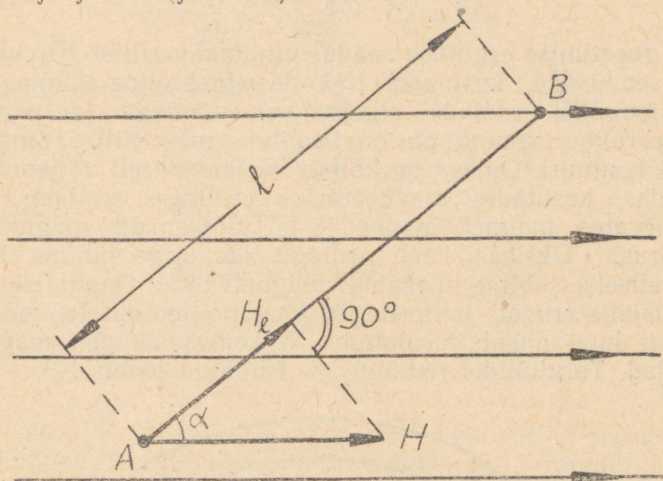
Ilma kindlate ja sügavate elektromagnetismi ja elektromagnetilise induktiooni teadmisteta ei saa mõista generaatorite, elektromootorite, transformaatorite, elektromagnetite, paljude elektrimõõteriistade, releede ja aparaatide tööd ning ehitust. Teema «Elektromagnetism» alguses näidatakse, et magnetväli kujutab endast ühte materia vormi. Magnetväli on vahetult seotud elektrivooluga. Magnetvälja ja voolu suundade vastastikune side väljendub korgivinna reeglina, millist tuleb ära õppida ja osata kasutada praktilistes tingimustes. Magnetvälja igat punkti iseloomustab magnetilise induktiooni vektor. Vaja on meeles pidada magnetilise induktiooni mõõteühikud. Praktilises elektrotehnikas suurimat tähtsust omab elektromagnetiline jõud. Vaja on kindlalt omandada, kuidas määratakse elektromagnetilise jõu suurus ja suund.

Järgneva materjali parimaks omandamiseks on vajalik omistada küllaldast tähelepanu teiste magnetvälja iseloomustavate põhisuuruste õppimisel, nagu magnetvoog, magnetiline läbitavus ja magnetvälja tugevus, ning kindlalt omandada nende suuruste mõõtühikud. Magnetiliseks pingeks nimetatud suurusele tuleb omistada küllaldast tähelepanu. Ühtlases magnetväljas magnetiline pinge

määratakse magnetvälja tugevuse ja magnetilise jõujoone osa pikkuse korrutisega, see on

$$U_M = H \cdot l,$$

kuid kuidas määratakse U_M , kui punktid A ja B, milliste vahel on vaja leida magnetiline pinge ei paikne ühel ja samal jõujoonel (joonis 2)?



Joonis 2

Ühendame punktid A ja B sirgega, mille pikkuse tähime l -ga. Nimetame vektori H projektsiooni sirgele AB tema tangentsiaalkomponendiks ja tähime H_1 . On näha, et $H_1 = H \cdot \cos \alpha$.

Magnetiline pinge punktide A ja B vahel on

$$U_M = H_1 \cdot l = H \cdot l \cdot \cos \alpha.$$

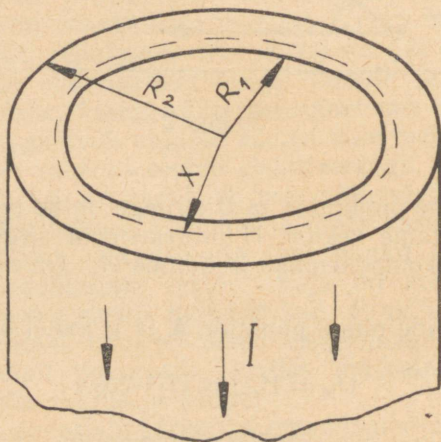
Ebaühtlases magnetväljas magnetiline pinge punktide vahel, mis üksteisest paiknevad lõpmata väikesel vahekaugusel dl on

$$dU_M = H_1 \cdot dl \quad \text{ja} \quad U_M = \int_0^l dU_M = \int_0^l H_1 \cdot dl.$$

Sisse tuues magnetilise pinge mõiste, meie võime lihtsalt väljendada «magneetimise-ergutuse seaduse» — ühe elektromagnetismi põhiseadustest, mille kohaselt magnetiline pinge piki vabalt valitud kinnist kontuuri on võrdne selle kontuuriga piiratud pinda läbivate voolude algebralise summaga. Matemaatiliselt

$$\oint dU_M = \Sigma I.$$

Magneetimise ergutuse seadus on analoogiline Kirchhoffi II seadusega, kusjuures EMJ-de algebraline summa on analoogiline voolude algebralise summaga ja pingete algebraline summa on analoogiline magnetilise pingega piki kontuuri. Õpikus on küllalt üksikasjaliselt väljendatud kuidas, kasutades magneetimise ergutuse seadust, võib erinevates magnetväljades leida tähtsamaid magnetilisi suursusi. Üksikasjaliselt arutage läbi sirge juhtme, kahe paralleelse juhtme ja mähise magnetväljad. Õppijatele, kes spetsialiseeruvad juhtmete ja kaablite tootmisele, märgatavat huvi pakub torujuhtme ja koaksiaalkaabli magnetväljad. Torujuhtme ristlõige on näidatud joonisel 3.



Joonis 3

Tähime juhtme siseraadiusega R_1 ja välise R_2 . Joonestades ringi raadiusega X , mis on suurem kui R_1 ja väiksem kui R_2 ja kasutades magneetimise ergutuse seadust, leiame

juhtme teljest kaugusel X asuvas punktis magnetvälja tugevuse:

$$H_x = \frac{\delta \cdot S}{l_x}.$$

Selles võrrandis δ on voolutihedus juhtmes ja S ringiga (raadiusega X) haaratud juhtme ristlõike pindala. Kuna

$$\delta = \frac{I}{\pi R_2^2 - \pi R_1^2}, \quad l_x = 2\pi X,$$

$$S = \pi X^2 - \pi R_1^2, \quad \text{siis } \delta S = I \frac{X^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2}$$

$$\text{ja } H_x = \frac{I}{2\pi X} \cdot \frac{X^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2}.$$

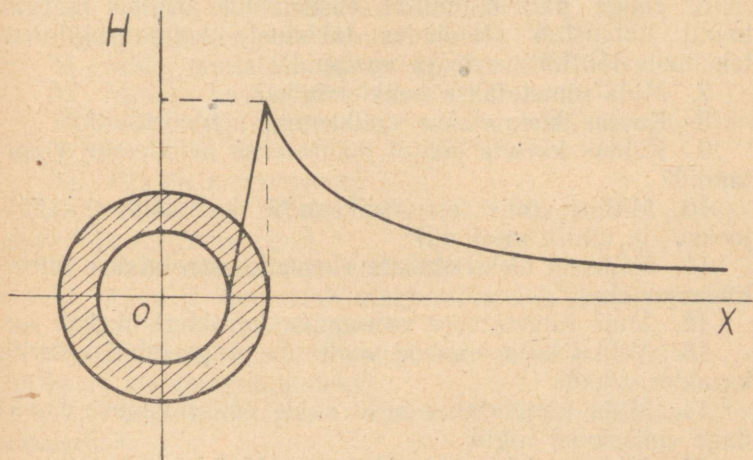
Kui $X = R_1$, siis $H_x = 0$.

$$\text{Kui } X = R_2, \text{ siis } H_x = \frac{I}{2\pi R_2}.$$

Kui ringi raadius $X > R_2$, siis

$$H_x = \frac{I}{2\pi X}.$$

Joonisel 4 on antud graafik, mis väljendab H sõltuvust torujuhtme sees ja väljaspool toru juhet, kui torujuhet läbib vool.



Joonis 4

Väga tähtis on meeles pidada, et väljaspool koaksiaal-kaablit, mida mööda voolab vool, magnetvälja ei ole.

Koaksiaalkaabli magnetväli moodustub ühtelangevate telgedega massiivjuhtme ja torujuhtme voolu magnetväljast.

Küsimused enese kontrolliks

(Kordamisküsimused)

1. Mitu võrrandit tuleb koostada keerulise elektriahela arvutamiseks Kirchhoffi I seaduse järgi, kui ahel omab neli sõlmpunkti?

2. Millisest reeglist tuleb kinni pidada võrrandite koostamisel Kirchhoffi II seaduse järgi selleks, et saada algebraliselt sõltumatud võrrandid (et ei tekiks võrrandite samasus)?

3. Milliste elektriahelate arvutamisel on otstarbekas kasutada «sõlmpingete meetodit»?

4. Mispärast generaatorite paralleellülituse korral ühel neist EMJ väike muutus, järsult mõjutab voolujaotust ja võimsusi?

5. Kuidas määratakse voolud keerulises elektriahelas «superpositsiooni meetodil»?

6. Tooge näiteid, millal elektriahela arvutus märgatavalt lihtsustub asendades takistuste kolmnurklülituse takistuste tähtlülitusega ja vastupidi?

7. Mida nimetatakse neliklemmiks?

8. Kuidas kirjutatakse neliklemmi põhivõrrandid?

9. Kuidas katsete põhjal määratakse neliklemmi konstandid?

10. Milline eelis on neliklemmi katsetamisel tühi- ja lühise meetodil?

11. Milliseid elektriahelate elemente nimetatakse mitte-lineaarseteks?

12. Mida nimetatakse volt-amper karakteristikaks?

13. Millist kuju omavad voolu- ja pingestabilisaatorite karakteristikad?

14. Mida nimetatakse elektronide emissiooniks? Loendage emissiooni liigid.

15. Mis on elektroni «väljumise töö»?

16. Kuidas on ehitatud kahe elektroodiga elektrontoru?

17. Mida nimetatakse küllastusvooluks?
18. Kuidas on ehitatud kolme elektroodiga elektronlamp?
19. Mida nimetatakse anood karakteristikaks ja mida võre karakteristikaks?
20. Milliste parameetritega on iseloomustatud kolme elektroodiga elektronitoru?
21. Millga seletub gaaside elektrijuhtivus?
22. Millist volt-amper karakteristika kuju omab gaas vahendatud (mitte iseseisval) lahendusel?
23. Mis on «süütepinge»?
24. Mis on vahendamatu (iseseisev) lahendus?
25. Kelle poolt ja millal avastati kaarlahendus?
26. Kelle poolt ja millal oli kaarlahendus kasutusele võetud vahelduvvoolu elektriküünaldes?
27. Kelle poolt ja millal kasutati esimesena kaarlahendust elektrikeevifuseks?
28. Milliseid juhtivusi omavad pooljuhid?
29. Milles seisneb aktseptorite ja doonorite tähtsus?
30. Kuidas tekib p — n siire (üleminek)?
31. Kuidas on ehitatud germaanium alaldaja?
32. Kuidas avaldab temperatuur mõju pooljuhtide juhtivusele?
33. Mis on «otsene» ja «vastupidine» pinge?
34. Milliseid omadusi omab magnetväli?
35. Kuidas väljendub vastastikune seos voolu suuna ja magnetvälja jõujoone suuna vahel?
36. Mida nimetatakse magnetiliseks induktsiooniks?
37. Milleks kasutatakse vasaku käe reeglit?
38. Millistest suurustest sõltub elektromagnetiline jõud?
39. Mis on magnetvoog?
40. Millistes ühikutes mõõdetakse magnetilist induktsiooni ja magnetvoogu?
41. Mida nimetatakse vootoruks?
42. Mida iseloomustab magnetiline läbitavus ja millistes ühikutes teda mõõdetakse?
43. Milliseid aineid nimetatakse diamagnetilisteks ja milliseid paramagnetilisteks?
44. Mida nimetatakse suhteliseks magnetiliseks läbitavuseks?
45. Millistes ühikutes mõõdetakse magnetvälja tugevust?

46. Kuidas määratakse väljatugevus ühtlastes ja ebaühtlastes magnetväljades?
47. Millistes ühikutes mõõdetakse magnetilist pinget?
48. Mida nimetatakse voolude algebraliseks summaks?
49. Kuidas sõnastatakse magneetimise ergutuse sea-
dus?
50. Millistes vooluga sirge juhtme magnetvälja punk-
tides väljatihedus (induktsioon) omab suurimat väärtust?
51. Millest sõltub paralleelsete voolujuhtmete vahel
mõjuva jõu suurus?
52. Mida nimetatakse magnetomotoorseks jõuks?
53. Kuidas ligikaudselt määratakse mähise magnet-
voog?

ÜLESANNE 3

PROGRAMM

Teema 5. Elektromagnetism

(Järg)

Ferromagnetiliste materjalide magnetiseerimine. Magnetiline hüsterees. Magnetväli erinevates keskkondades. Mittehargneva ja sümmeetrilise hargneva magnetväljade arvutus. Püsivmagnetid. Nõukogude ja välismaa teadlaste uurimused magnetismi kohta.

Teema 6. Elektromagnetiline induktsioon

Magnetväljas liikuvale elektronile mõjuva jõu suurus ja suund. Sirge juhtme liikumine magnetväljas väliste jõudude mõjul. Elektromagnetilise induktsiooni emj. Parema käe reegel. Vooluga juhtmele mõjuv pidurduse jõud.

Mehaanilise energia muundamine elektriliseks energiaks. Alalis- ja vahelduvvoolu generaatori tööprintsip.

Vooluga juhtme liikumine magnetväljas väljajõudude mõjul. Elektromagnetilise induktsiooni vastuelektromotoorne jõud. Elektrienergia muundamine mehaaniliseks energiaks. Elektrimootori tööprintsip.

Voolukontuuri liikumisel magnetväljas sooritatud töö. Elektromagnetilise induksiooni emj kontuuris. Lenzi seadus. Aheldusmagnetvoog. Pöörivoolud. Oma induksiooni nähe. Induktiivsus. Induktiivsuse praktiline mõõtühik. Induktiivsuse ja takistusega ahela lülitamisel alalispingele tekkiv ülemineku- (siirde) protsess. Lühis induktiivsust ja takistust sisaldavas ahelas. Magnetvälja energia. Magnetvälja energia tihedus.

Vastuinduksiooni nähe, vastuinduktiivsus ja sidestustegur. Kahe induktiivselt sidestatud kontuuri magnetvälja energia.

Elektromagnetid. Elektromagnetite kasutamine.

Teema 7. Elektriline mahtuvus. Elektrivälja energia

Elektrivälja väljatugevuse vektori voog. Ostrogradski-Gauss'i teoreem. Elektriline mahtuvus. Kondensaator. Kondensaatorite järjestikku-, paralleel- ja segalülitused. Plaat- ja silinderkondensaatorite mahtuvused. Mitmekihilise dielektrikuga plaat-kondensaatori mahtuvus ja üksikutes dielektrikihtides tekkivad väljatugevused.

Kondensaatori ja takistuse alalispingele lülitamisel tekkiv üleminekuprotsess. Kondensaatori tühjendamine läbi takistuse. Saehamba kujulist pinget andva generaatori skeem ja tööprintsip. Elektrivälja energia. Kondensaatori tühjendamine läbi induktiivsuse. Ideaalne võnkekontuur. Omavõnke periood ja sagedus. Kadudega võnkekontuuri mõiste. Avatud võnkekontuur. Elektromagnetiline väli. Mõisteid elektromagnetiliste lainete levikust.

SOOVITATAV KIRJANDUS.

1. L-1(5), L-1(6), L-1(7)—V, VI ja VII peatükk.
2. L-2, ülesanded 4—31 kuni 4—98 ja 5—1 kuni 5—33.

Metoodilised juhised.

Teoreetilise elektrotehnika 3-s ülesanne sisaldab programmi kolme teemat: viies teema «Elektromagnetism» (magnetahelate arvutusega), kuues teema «Elektromagnetiline induksioon» ja seitsmes teema «Elektriline mahtuvus. Elektrivälja energia».

Arvesse võttes ferromagnetiliste ainete suurt tähtsust elektrotehnikas, tuleb hoolikalt õppida ferromagnetiliste ainete magnetiseerimise küsimused. Magnetilise induktiooni muutumise sõltuvust magnetvälja väljatugevust, väljendab graafiliselt esmakordse magnetiseerimise kõver. Tuleb meeles pidada, millisteks osadeks see kõver jaotatakse ja missugustel magnetilise induktiooni väärtustel tekib terase ja malmi magnetiline küllastus. Vene teadlase A. G. Stoletovi suur osa ferromagnetiliste ainete omaduste uurimisel. Vajalik on tutvuneda tema põhiliste töödega selles küsimuses.

Pöörake kõige tõsisemat tähelepanu materjalidele, milledest koosnevad magnetahelad ja magnetahelate arvutamisele. Programmiga on ette nähtud ainult mittehargnevate ja sümmeetriliste hargnevate magnetahelate arvutused. Eriti rõhutame, et magnetahela arvutamisel tuleb ta jaotada osadeks. Iga ahela osa peab olema samast materjalist ja omama sama ristlõiget, mis on võetud risti magnetvälja jõujoontega. Tähelepanelikult arutage läbi õpikus toodud näide 5—5, milles on teostatud sümmeetrilise hargneva magnetahela arvutus. Püsivmagnetite õppimisel omandage, millist mõju magnetilisele induktioonile avaldavad pooluste vahelise õhupilu laius ja magneti pikkus.

Asudes elektromagnetilise induktiooni õppimisele, pidage silmas, et see programmi osa osutub elektrigeneraatorite ja elektrimootorite teooria omandamise aluseks. Kindlalt omandage, mis põhjusel tekib liikuv magnetvälja jõujooni lõikavas juhtmes EMJ. Pidage meeles, millistest suurustest sõltub EMJ ja kuidas määratakse tema suund. Märkime, et lahtise juhtme liikumisel magnetväljas temas indutseerub EMJ, kuid ei teki voolu ega toimu energia muundamist. Kui liikuv juhe on välise takistuse abil ühendatud kinniseks ahelaks, siis indutseeritud EMJ tingituna tekib vool. Vooluga juhtmele mõjub elektromagnetiline pidurdusjõud, mistõttu vooluga juhtme liikumine on seotud tööga, mida peab tegema primaarne (juhet liikuma panev) mootor. Elektrigeneraatorite ehitusega tutvunemisel on vaja omandada, et kõige lihtsamaks osutub teostada juhtmete pöörlevat liikumist ja generaatorist on kergem saada mitte alalis vaid vahelduvat EMJ. Magnetvälja asetatud vooluga juhe võib liikuda mitte ainult primaarse mootori jõu mõjul, vaid ka elektromagnetilise jõu mõjul — selle jõu suunas. Sel juhul toimub elektrilise

energia muundamine mehaaniliseks ja soojusenergiaks. Sellele printsiibile on rajatud elektrimootorite töötamine. Pidage meeles, et esimese praktikas kasutamist leidnud elektrimootori ehitas ja seadis üles algul paadile hiljem vankrile vene akadeemik B.S. Jakobi aastatel 1834—1838. Põhiõpikus on üksikasjaliselt vaadeldud EMJ tekkimist juhtmes ning mehaanilise energia muundamist elektriliseks energiaks ja vastupidi paragrahvides 6—1, 6—2, 6—3, 6—4, 6—5 ja 6—6.

EMJ määrava võrrandi $E = B \cdot l \cdot v$ puuduseks on, et ta kehtib ainult juhul kui sirge juhe liigub ühtlases magnetväljas. Selleks et tuletada palju üldisem EMJ võrrand, tuleb eelnevalt õppida, kuidas määratakse voolukontuuri liikumisel magnetväljas elektromagnetiliste jõudude poolt tehtud töö. Väga tähtis on omandada, et võrrandis $A = I \cdot \Delta\Phi$ (elektromagnetiliste jõudude töö), $\Delta\Phi$ osutub magnetvoo, mis läbib voolukontuuriga piiratud pinda, juurdekasvuks. Põhiõpiku paragrahvis 6—7 on küllalt üksikasjaliselt selgitatud EMJ tekkimist kontuuris ja mähises, määrates tema suuruse ja suuna. Tähelepanelikult vaadatakse läbi pöörivoolude tekkimist elektrotehniliste aparaatide ning masinate terassüdamikes, milliseid läbib vahelduv magnetvoog ja samuti elektrimasinate ankrutes ning poolustes, millised pöörlevad magnetväljas. Omandage, millist mõju avaldavad pöörivoolud elektrotehniliste aparaatide ja masinate tööle, ning milliseid viise kasutatakse nende kahjulike mõjude vähendamiseks.

Paragrahvis 6—10 toodud materjal on pühendatud magnetiliste suuruste mõõtmistele, mida on vaja õppida enne laboratoorsete tööde teostamist. Väga suurt tähtsust omab elektrotehnikas omapärane füüsikaline nähe, mida nimetatakse omainduksiooniks. Kindlalt omandage omainduksiooni nähe. Takistuse kõrval igat elektriahelat iseloomustab «induktiivsus», milline kui takistuski, kuulub elektriahelat iseloomustavate parameetrite hulka.

Raamatus on toodud (paragrahvis 6—11) võrrand mähise induktiivsuse määramiseks

$$L = \mu \cdot \frac{w^2 S}{l_{cp}}$$

Kuna mähise magnetilist tõkestust võib võtta võrdseks

$$\frac{l_{cp}}{\mu S} = R_M, \text{ siis } L = \frac{w^2}{R_M}$$

Õppides ahelate lülitamisel, alalis EMJ-du omavate toiteallikatega, tekkivaid üleminekuprotsesse, tuleb mees pidada, et vool selles ahelas kasvab sujuvalt nullväärtuselt sunnitud vooluväärtusele. Omandage, millist tähtsust omab ahela ajakonstant, ülemineku protsessi praktilise kestvusaja määramisel.

Pidage mees, kuidas leitakse voolutugevus ülemineku protsessi kohta ja kuidas määratakse omainduktsiooni EMJ. Pöörake tähelepanu sellele, et ahela sisselülitamisel maksimaalne omainduktsiooni EMJ võib paljuid kordi

ületada toiteallika EMJ. Vastuinduktsiooni nähte õppimisel selgitage selle nähte füüsikaline sisu, kuidas määratakse vastuinduktsiooni EMJ, kuidas leitakse kahe magnetiliselt sidestatud kontuuri magnetiline energia, mida nimetatakse sidestusteguriks ja millisel viisil võib ehitada induktiivsust muutva variomeetri.

Peab omama selget ettekujutust bifilaarsest mähisest.

Programmi 6-es teema lõpeb elektromagnetite ehituse vaatlemisega ja magnetite tõmbejõu võrrandite tuletamisega.

Selgitame üleminekut võrrandilt

$$F = \frac{B^2}{2\mu_0} \cdot S$$

palju mugavamale võrrandile

$$F = \left(\frac{B}{5000} \right)^2 \cdot S.$$

Kuna

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}; \quad 1 \text{ N} = 102 \text{ g} = 0,102 \text{ kg}$$

$$1 \text{ G} = 10^{-4} \frac{\text{V sek}}{\text{m}^2} \quad \text{ja} \quad 1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2, \text{ siis}$$

$$F = \frac{0,102 \cdot B^2 \cdot 10^{-8} \cdot S \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} = \left(\frac{B}{5000} \right)^2 \cdot S.$$

Selles võrrandis on

F — kg-des
B — G-des ja
S — cm²-tes.

Enne 7 teema materjali õppimist on vajalik veelkord korrata põhiõpiku 1 peatüki järgi — «Elektrivälja».

Suurt praktilist tähtsust omab Ostrogradski — Gaussi teoreem. Õpikus on näitena antud tuletus kõige lihtsama juhu, see on punktlaengu välja kohta. Kindlalt tuleb meesles pidada, et igas elektriväljas väljatugevuse jõujoonte arv läbi suletud pinna on proportsionaalne selle pinnaga piiratud ruumis oleva laenguga. Kindlalt omandage, mida nimetatakse kondensaatoriks ja mida tema mahtuvuseks. Kondensaatorite lülituste vaatlemisel on kasulik teada, et elektriline mahtuvus on analoogiline elektrilise juhtivusega. Selline analoogsus võimaldab paremini meesles pidada, erinevate kondensaatorite lülitusviiside juures, mahtuvuste määramise võrrandeid. Võrrandite kuju on sarnane juhtivuste võrranditega, millistega Teie tutvusite alalisvoolu elektriahela osas.

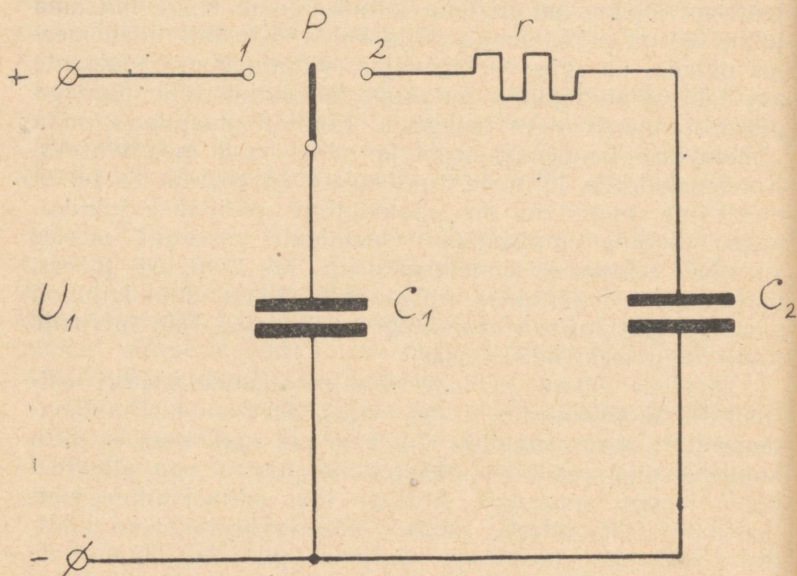
Tähelepanelikult arutage läbi plaatkondensaatori ehitus. Plaatkondensaatorid on väga levinenud. Plaatkondensaatori arvutusnäitest võib näha, et mahtuvus ei sõltu kondensaatori plaatidele rakendatud pingest ega plaatidel oleva laengu suurusest. Arutage läbi mitmekihiline kondensaator. Omandage, millest sõltub väljatugevus kihtides. Selgitage, mispärast paljudel juhtudel õhumullide leidumine dielektrikus (isolatsioonis) on täiesti lubamata.

Silindrilise kondensaatori õppimisel on vajalik kindlaks teha, miks suurim väljatugevus tekib sisemise silindri pinnal. Pöörake tähelepanu sellele, miks antud välise silindri diameetri juures sisemise silindri diameeter peab olema 2,72 korda väiksem välise silindri diameetrist.

Alalispingega kondensaatori laadimise protsessi läbi arutamisel omandage, millega võrdub ahela ajakonstant, kui suur on laadimisevool algmomendil ja millise seaduse järgi muutub pinge kondensaatori klemmidel. Väga oluline on omandada, et kondensaatori laadimisel tema elektriväli sisaldab ainult poole laadimisel kulutatud kogu energiast. Teine pool muutub ahela takistusest tingituna soojuseks. Kuid, mis toimub siis, kui kondensaatorit ei laeta mitte võrgust, aga teisest eelnevalt laetud kondensaatorist. Olgu algul vinnaklüüti P asendis 1 (joonis 5).

Kondensaator C_1 laetakse pingeni U_1 . Laeng tema plaatidel on $Q_1 = U_1 \cdot C_1$. Seejärgi lülitame vinnaklüüti asendisse 2. Nüüd laeng Q_1 jaotub kahe kondensaatori

plaatidele. Laeng esimesel kondensaatoril väheneb ja pinge tema plaatidel väheneb kuni $U_2 < U_1$, kusjuures sama pinge on teise kondensaatori plaatidel.



Joonis 5.

Selgitame kuidas võime määrata pinget U_2 .
On silmnähtav, et

$$U_1 C_1 = U_2 C_1 + U_2 C_2 = U_2 (C_1 + C_2),$$

kust

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2}.$$

Suurt praktilist tähtsust omab kondensaatori tühjendamise läbi takistuse. Matemaatilised ümberkujundamised tühjendamisel on analoogiliselt vaadeldavad kondensaatori laadimisel.

Omandage, mida nimetatakse kondensaatori isetühjendumiseks ja pidage meeles, et isetühjendumise aja-konstant võib olla võrdne kümnete minutitega ja tundidega. Seepärast võrgust väljalülitatud kondensaator võib

paljude tundide vältel plaatide vahel omada pinget, mis mõningatel juhtudel on ohtlik elule.

Võnkekontuuride õppimisel omandage, millega võrdub pinge ja voolu amplituudide suhe — mida nimetatakse lainetakistuseks, pinge ja voolu muutumise seadused ning kuidas määratakse võnkeperiood. Võnkekontuur osutub üleminekuks alalisvoolu elektriahelatelt perioodiliselt muutuvatele vahelduvvoolu ahelatele.

Küsimused enese kontrolliks.

(Kordamise küsimused)

1. Millistest põhiosadest koosneb esmakordse magnetiseerimise kõver?
2. Mispärast on ferromagnetilistel ainetel magnetiline läbitavus muutlik?
3. Mida nimetatakse hüstereesi tsükliks?
4. Millist induktsiooni suurust nimetatakse jääkinduktsiooniks?
5. Millega seletada, et ümbermagnetiseerimisel tekib energia kadu?
6. Millise nurga all magnetvälja jõujooned sisenevad või väljuvad ferromagnetilistest kehadest?
7. Mida nimetatakse magnetahelaks?
8. Millistel alustel magnetahel jaotatakse osadeks?
9. Mida nimetatakse magnetahela osa magnetiliseks tõkestuseks ja millega teda mõõdetakse?
10. Milline seos kehtib magnetomotoorse jõu ja magnetilise tõkestuse vahel?
11. Mispärast püütakse magnetahelat välja ehitada minimaalse magnetilise tõkestusega?
12. Millise korra kohaselt teostatakse magnetahela arvutus?
13. Kuidas määratakse magnetväljas liikuvale elektronile mõjuva jõu suurus ja suund?
14. Millistest suurustest sõltub EMJ, milline indutseerub sirges juhtmes tema liikumisel magnetväljas?
15. Milleks kasutatakse «parema käe» reeglit?
16. Kirjeldage mehaanilise energia muundamise protsessi elektriliseks energiaks. Millist osa seejuures mängib elektromagnetiline jõud?

17. Kuidas toimub elektrienergia muundamine mehhaaniliseks energiaks?

18. Kelle poolt ja millal ehitati ja esimesena võeti kasutusele elektrimootor?

19. Kuidas väljendatakse elektromagnetiliste jõudude tööd magnetvoo ja voolutugevuse kaudu?

20. Millist asendit püüab võtta voolu kontuur magnetväljas elektromagnetiliste jõudude mõjul?

21. Millega võrdub magnetvoo muutumisel kontuuris indutseeritud EMJ?

22. Kuidas sõnastatakse Lenzi seadus?

23. Mida nimetatakse aheldusmagnetvooks?

24. Millist praktilist tähtsust omavad pöörivoolud?

25. Millist magnetvoogu nimetatakse omainduktsiooni magnetvooks?

26. Mida nimetatakse induktiivsuseks ja millistes mõõtühikutes teda mõõdetakse?

27. Millest sõltub omainduktsiooni EMJ — suurus ja suund?

28. Millega võrdub voolutugevus ahela pingestamise momendil, kui ahel koosneb takistusest ja induktiivsusest?

29. Mida nimetatakse ahela ajakonstandiks?

30. Missuguse aja pärast võib ülemineku protsessi lugeda praktiliselt lõppenuks?

31. Millistest suurustest sõltub magnetiline energia?

32. Millist nähet nimetatakse vastuinduktsiooniks?

33. Millistes ühikutes mõõdetakse vastuinduktiivsust?

34. Mis on sidadustegur?

35. Kuidas mähitakse bifilaarmähis?

36. Millistest osadest koosneb elektromagnet?

37. Kus kasutatakse elektromagneteid?

38. Millest sõltub elektromagneti tõmbejõud?

39. Mida nimetatakse elektriliseks kondensaatoriks?

40. Kas sõltub kondensaatori mahtuvus tema plaatile rakendatud pingest?

41. Millistes ühikutes mõõdetakse kondensaatorite mahtuvust?

42. Kuidas määratakse kondensaatorite üldine mahtuvus nende järjestikku- ja paralleelühilitusel?

43. Millistest suurustest sõltub plaatkondensaatori mahtuvus?

44. Milline seos esineb kahekihilise plaatkondensaatori erinevate dielektrikute väljatugevuste vahel?

45. Mispärast õhumullide esinemine dielektrikus võib osutada juhtmete, kaablite, kondensaatorite jne. isolatsioonide vigastuse põhjuseks?

46. Millistest suurustest sõltub silindrilise kondensaatori mahtuvus?

47. Millistes silindrilise kondensaatori elektrivälja punktides väljatugevus osutub maksimaalseks?

48. Näidake silindrilise kondensaatori juures sobivaim välis- ja siseraadiuste suhe, kui on antud välisraadius.

49. Kas pinge kondensaatori klemmidel võib muutada hüppeliselt?

50. Millega võrdub, ahela ajakonstant, kui takistus ja kondensaator on lülitatud järjestikku?

51. Millisel ajamomendil kondensaatori laadimise vool osutub maksimaalseks?

52. Kuidas väljendub kondensaatorisse salvestatud elektrienergia?

53. Kui suur osa energiast kondensaatori laadimisel alalispingega eraldub soojusena?

54. Millest sõltub elektrivälja energia tihedus?

55. Millisel ajamomendil, kondensaatori tühjendamisel läbi takistuse, vool omab maksimaalset väärtust?

56. Mida nimetatakse kondensaatori isetühjendumiseks ja millistest suurustest sõltub isetühjendumise ajakonstant?

57. Millistest elementidest koosneb ideaalne võnkekontuur?

58. Millest sõltub võnkekontuuri lainetakistus?

59. Millises sõltuvuses induktiivsusest ja mahtuvusest on võnkekontuuri omavõngete nurksagedus?

ÜLESANNE 4

PROGRAMM

T e e m a 8. Vahelduvvool. Üldmõisteid.

Perioodiline vahelduvvool. Tsükel. Periood. Sagedus. Siinuselise emj saamise viisid. Sünkroongeneraatori tööprintsip. Faas. Algfaas. Faasinihe. Siinuseliselt muutuvate emj-de, pingete ja voolude kujutamine graafiliselt. Vektordiagramm. Sama sagedust omavate siinuseliste

suuruste liitmine ja lahutamine. Perioodiliselt muutuva voolu ja pinge kesk- ning efektiivväärtused. Erinevate voolukõverate ja siinuselise voolukõvera amplituuditegurid ja kujutegurid pool- ja täisperiood alaldamisel.

T e e m a 9. Ühefaasise vahelduvvoolu ahel.

Aktiivtakistus vahelduvvoolu ahelas. Voolu, pinge ja võimsuse hetkväärtuste võrrandid ning graafikud. Võimsuse kesk- ja maksimaalväärtused. Aktiivvõimsus.

Induktiivsuse vahelduvvoolu ahelas. Voolu ning pinge hetkväärtuste võrrandid ja graafikud. Induktiivsuse reaktiivtakistus. Võimsuse hetkväärtuse võrrand ja graafik. Võimsuse kesk- ja maksimaalväärtused. Reaktiivvõimsus. Aktiivtakistust ning induktiivsust omav mittehargnev vahelduvvoolu ahel. Aktiivtakistust ning mahtuvust omav mittehargnev vahelduvvoolu ahel. Voolu, pinge ning võimsuse hetkväärtuste võrrandid ja graafikud nende ahelate kohta. Pinge aktiiv- ja reaktiivkomponendid. Ahela aktiiv-, reaktiiv- ja näivtakistus. Vektordiagrammid. Pingete, takistuste, voolude ja võimsuste kolmnurgad. Üldine pinge ja vahelduvvoolu võimsustegur.

Aktiivne ja oomiline takistus, pinnaefekt. Läheduseefekt.

Ahel järjestikku lülitatud aktiivtakistusega, induktiivsusega ja mahtuvusega. Aktiiv- ja reaktiivtakistuste järjestikku lülitamise üldjuht. Pingelang ja pingekadu. Pingeresonants. Ahelas toimuvad energeetilised protsessid. Resonantskõverad.

Hargnev vahelduvvoolu ahel. Aktiivne-, reaktiivne- ja näivjuhtivus. Hargneva ahela arvutus juhtivuste meetodil. Vooluresonants. Võimsusteguri ($\cos \varphi$) tehnilis-ökonoomiline tähtsus ja tema parandamise viisid. Vooluresonantsi kasutamine faasinihkenurga kompenseerimiseks pinge ja voolu vahel.

Ülemineku protsessid aktiivtakistust ning induktiivsust sisaldavate ahelate lülitamisel siinuselist pinget omava toiteallikaga.

SOOVITATAV KIRJANDUS.

- L—1 (5), L—1 (6) peatükk XI
- L—1 (7) peatükid VIII, IX ja X
- L—2, ülesanded 6—1 kuni 6—67.

Metoodilised juhised.

Teoreetilise elektrotehnika 4-s ülesanne sisaldab programmi 9-ndat teemat — «Vahelduvvool. Üldmõisted» ja 10-ndat teemat — «Ühefaasiline vahelduvvool». Vastav õppematerjal on küllalt täielikult käsitatud soovitatud õpikus.

Kõigepealt omandage, millistest omadustest tingituna on vahelduvvool levinenud kõikjal ja leiab eelistatud kasutamist. Täiesti hädavajalik on kindlalt omandada perioodi ja sageduse mõisted, nende vahelise suhte ja mõõtühikud. Pidage meeles milline seos kehtib generaatoris sageduse, pöörlemiskiiruse ja pooluspaaride arvu vahel. Järgnevalt on väga tähtis kindlalt kätte õppida faasi, algfaasi ja faasinihke mõisted. Vahelduvvoolude õppimisel sageli koh-tame siinusekõveraid ja vektordiagramme. Õppige neid ehitama. Pidage meeles, et vektordiagramme on väga mugav kasutada sama sagedusega siinuseliselt muutuvate suuruste liitmisel ja lahutamisel. Edaspidiselt kõige sagedamini tuleb tegemist teha voolude ja pingete efektiivväärtustega, mistõttu on vajalik hästi läbi arutada vahelduvvoolu suuruste efektiiv- ning keskvärtuste küsimused ja kindlaks teha nende suuruste ja amplituudsuuruste suhted.

Omandage protsessid, mis tekivad vahelduvvoolu läbimisel ahelaosadest, mis sisaldavad akiivtakistust, induktiivsust ja mahtuvust. Iga lihtsama ahelaosa kohta määrake kindlaks, kuidas muutub pinge ahelaosa klemmidel siinuselise voolu korral (või vastupidi), milline on voolu ja pinge vaheline faasinihe, missugused suhted kehtivad voolu ja pinge efektiivväärtuste vahel.

Pidage meeles, et reaktiivne takistus (induktiivne või mahtuvuslik) on võrdne pinge ja voolu efektiivväärtuste suhtega, mitte aga nende hetkväärtuste suhtega. Iga lihtsama ahela osa kohta selgitage välja energeetiline protsess. Pidage kindlalt meeles, et keskmine võimsus ahela reaktiivsetes osades (induktiivsuses ja mahtuvuses) on võrdne nulliga, aga aktiivtakistusega ahela osas keskmine võimsus osutub positiivseks. Võimsuste hetkväärtused ahela reaktiivosades võivad erinevatel ajamomentidel osutuda positiivseiks või negatiivseiks. Pöörake tähelepanu võimsuse märgi füüsikalisele sisule. Kui toiteallikast saadav energia muundub magnetiliseks energiaks või salvestatakse kon-

densaatori elektriväljas, siis on võimsus positiivne, kui ümberpöördult, siis negatiivne.

Väga suurt praktilist tähtsust omab mittehargnev ahel aktiivtakistusega ja induktiivsusega. Seda ahelat võib kasutada ekvivalentse aseskeemina paljude laialtlevinenud vahelduvvoolu elektriseadmete juures. Seepärast aktiivtakistusega ja induktiivsusega ahela protsesse, vektordiagramme ja võrrandeid peab läbi vaatama eriti põhjalikult ja tähelepanelikult.

Kindlalt on vaja kätte õppida uued suurused, nagu näivtakistus, näivvõimsus, võimsustegur ja kindlaks määrata nende vastastikune seos juba tuntud suurustega. Vahelduvvoolu õppimist algul raskendab väga suur võrrandite ja matemaatiliste teisenduste arv. Siiski see programmi osa ei osutu kõige raskemaks.

Tähelepanelikul õppimisel on kerge veenduda, et matemaatiliste tuletuste ideed korduvad erinevate ahelate läbi vaatamisel. Hargnevate ahelate arvutamisel kasutatakse kunstlikku võtet voolude jaotamiseks aktiiv- ja reaktiivvoolukomponentideks ahela harudes. See võte võimaldab märgatavalt lihtsustada hargnevate ahelate arvutamist. Tõesti, kui hargnev ahel koosneb n harust, siis voolud neis harudes võivad üksteisest faasis olla nihutatud mingi nurga võrra. Jaotades voolud komponentideks, saame n voolu, millised langevad faasi rakendatud pingega — aktiivkomponendid ja veel n voolu, mis pinge suhtes on faasis nihutatud nurga $\pm \frac{\pi}{2}$ võrra — reaktiivkomponendid.

Sellisel juhul üldine vool leitakse märgatavalt lihtsalt, kui ilma seda meetodit kasutamata.

Eriti tähtis on hästi kätte õppida resonantsnähted vahelduvvoolu elektriahelates. Ülesandega on ette nähtud resonantsnähe järjestikku lülitusel (pingeresonants) ja paralleellülitusel (vooluresonants). Tuleb meeles pidada, millistel tingimustel tekib resonants, millisel viisil ahel võib olla häälestatud resonantsile ja milles seisneb resonantsinähte praktiline kasutamine.

Ülemineku protsessid, mis tekivad ahelate lülitamisel vahelduvpingetele omavad palju ühist protsessidega, millised olid õpitud 3-ndas ja 4-ndas ülesandes vastavate ahelate lülitamisga alalispingele. Ülemineku protsesside erinevus vahelduvpinge korral seisneb selles, et protsess võib kul-

geda kergemalt või raskemalt sõltuvalt sisselülitamise momendist. Mähise sisselülitamise momendil, kui sundvool läbib amplituudväärtust, ahelas tekib vool, mille suurus poolperioodi vältel märgatavalt ületab sundvoolu amplituudväärtust. Seega vaadeldav ajamoment sisselülitamiseks on ebasoodsaim. Kodensaatorit ja aktiivtakistust omava ahela sisselülitamise ajamoment on ebasoodne siis, kui sundpinge kondensaatoril läbib amplituudväärtust. Kondensaatori ja aktiivtakistuse sisselülitamise algmomendil võib tekkida väga suur vool, kui sellel momendil rakendatud pinge omab amplituudväärtust.

Küsimused enese kontrolliks

(Kordamisküsimused)

1. Milles seisneb vahelduvvoolu eelis alalisvoolu ees?
2. Missugust voolu nimetatakse perioodiliseks vooluks?
3. Mispärast praktikas püütakse saada siinuselist vahelduvvoolu?
4. Milline seos kehtib generaatori ankru pöörlemise kiiruse, pooluspaaride arvu ja sageduse vahel?
5. Mida nimetatakse alfaasiinurgaks ja mida faasi nihkenurgaks?
6. Millisel juhul siinuselised suurused on faasis?
7. Millisel viisil siinuselisi suurusi kujutatakse vektor-diagrammis?
8. Millise seaduse järgi muutub suurus, mis on saadud kahe sama sagedusega siinuselise suuruse liitmisel?
9. Millega võrdub liitmisel summaarse suuruse amplituudväärtus?
10. Mida nimetatakse vahelduvvoolu keskvärtuseks?
11. Mitu korda on siinuseliselt muutuva voolu keskvärtus poolperioodi järgi väiksem tema amplituudväärtusest?
12. Mida nimetatakse vahelduvvoolu efektiivvärtuseks?
13. Mitu korda siinuseliselt muutuva voolu efektiivvärtus on väiksem tema amplituudväärtusest?
14. Millega võrdub siinuselise vahelduvvoolu kujutegur?

15. Nimetage ahela elemente, millistes siinuselisel muutuvad vool ja pinged: a) on faasis; b) pinged tõttab faasis voolust ette nurga $\frac{\pi}{2}$ võrra; c) pinged jääb faasis voolust maha nurga $\frac{\pi}{2}$ võrra.

16. Millistest suurustest sõltuvad induktiivse ja mahutusliku reaktiivtakistuse suurused?

17. Millega võrdub vahelduvvoolu keskmine võimsus aktiivtakistuse, induktiivtakistuse ja mahutusliku takistuse korral?

18. Mida nimetatakse reaktiivvõimsuseks ja millistes ühikutes teda mõõdetakse?

19. Koostage aktiivtakistust ja induktiivsust omava ahela kohta pingete, takistuste ja võimsuste kolmnurgad.

20. Kasutades takistuste kolmnurka, kirjutage välja võrrandid, mis seovad aktiivtakistust, induktiivtakistust ja näivtakistust. Väljendage takistuste suhete kaudu faasinihke nurga funktsioonid.

21. Millistes ühikutes mõõdetakse näivvõimsust?

22. Milles seisneb füüsikaline nähe, mida nimetatakse «pindefektiks»?

23. Kirjutage võrrand, mis väljendab vabalt valitud aktiiv- ja reaktiivtakistuste arvu juures ahela näivtakistust.

24. Millisel tingimusel mittehargnevas ahelas tekib pingeresonants?

25. Võrrelge protsesse, mis toimuvad ahelas pingeresonantsil protsessidega ideaalses võnkekontuuris. Millised protsessid on ühesugused? Milles on erinevus?

26. Millega võrdub näivtakistus pingeresonantsil?

27. Millisel tingimusel pingeresonantsil ahelas võivad tekkida liigpinged (pinged ahela üksikutel osadel ületavad ahelale rakendatud pinged)?

28. Mispärast hargnevate vahelduvvoolu ahelate arvutamisel on tarvitusele võetud voolude tingimuslik jaotamine aktiiv- ja reaktiivkomponentideks?

29. Kirjutage välja aktiiv-, reaktiiv- ja näivjuhtivuste võrrandid takistuste kaudu.

30. Milline sõltuvus esineb näiv-, aktiiv- ja reaktiivjuhtivuste vahel?

31. Millisel tingimusel hargnevas ahelas tekib voolu- resonants?

32. Millega võrdub ahela näivjuhtivus vooluresonantsil?

33. Millega võrdub ahela näivjuhtivus vooluresonantsil juhul, kui paralleelharud ei oma aktiivtakistust?

34. Millega on määratud vahelduvvoolu elektriahela võimsusteguri suurus?

35. Millistel tingimustel voolutugevus ülemineku protsessis, aktiivtakistust ja induktiivsust sisaldava ahela siselülitamisel vahelduvpingel, võib ületada sundvoolu amplituudväärtuse?

36. Milline moment osutub kõige ebasoodsamaks, aktiivtakistust ja mahtuvust sisaldava ahela osa lülitamisel vahelduvpingele?

37. Millega võrdub voolutugevus, aktiivtakistust ja induktiivsust ning aktiivtakistust ja mahtuvust sisaldavate ahelate pingestamise momendil?

ÜLESANNE 5

PROGRAMM

Teema 10. Vahelduvvoolu ahelate sümboolne arvutamise meetod

Vektori kujutamine kompleksarvuga. Kompleksarvu algebraline, trigonomeetriline ja astmeline kuju. Sümboolse meetodi kasutamine vahelduvvoolu ahelate arvutamiseks.

Ohmi ja Kirchhoffi seadused sümboolmeetodil (komplekskujus). Sümboolmeetodi kasutamine vahelduvvoolu ahelate arvutamiseks takistuste segaühenduste ja keeruliste ahelate korral. Skeem kunstlikult 90° faasinihke saamiseks pinge ja voolu vahel. Induktiivselt sidestatud kontuuride järjestik- ja paralleellülitused.

Teema 11. Ringdiagrammid

Vastastikused vektorid. Mittehargnva elektriahela lihtsamad ringdiagrammid. Hargnevate elektriahelate ringdiagrammid.

Teema 12. Kolmefaasine vool

Mitmefaasine elektriahelate süsteem. Mitmefaasiste süsteemide klassifikatsioon. Sümmeetriline kolmefaasine EMJ-de süsteem. Kolmefaasise süsteemi leiutaja M. O. Dolivo-Dobrovolski. Selle leiutise osatähtsus tehnika arendamisel.

Kolmefaasise generaatori mähise tähtühendus. Kolmefaasise generaatori mähiste kolmnurkühendus. Faasi- ja liinipingete vaheline suhe. Tarbijate ühendamine tähte. Neljajuhtmeline süsteem. Nulljuhtme osa. Kolmejuhtmeline süsteem tarbijate ühendamisel tähte. Faaside järjestus ja tema määramise viisid.

Pulseeruv ja pöörlev magnetväli. Pulseeruva magnetvälja lahutamine kaheks pöörlevaks magnetväljaks. Kahefaasise voolu pöörlev magnetväli. Keerdvoolu pöörlev magnetväli. Asünkroonmootori ja sünkroonmootori tööpõhimõtted.

SOOVITATAV KIRJANDUS.

1) L—1 (5), L—1 (6) — peatükid XII, XIII ja XIV L—1 (7) — peatükid X, XI ja XII.

2) L—2, ülesanded 7—1 kuni 7—26, 8—1 kuni 8—14, 8—20 kuni 8—22, 8—35 kuni 8—37 ja 8—71 kuni 8—78.

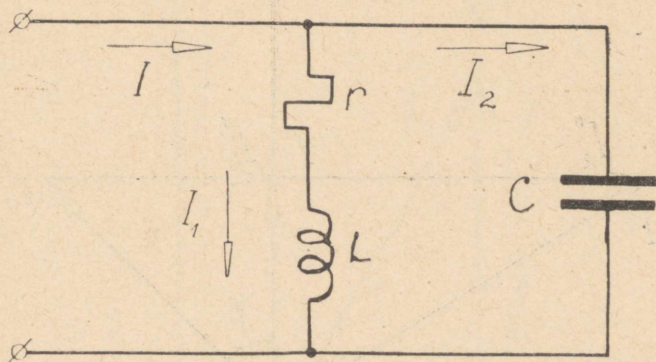
Metoodilised juhised

Toreetilise elektrotehnika 5-es ülesanne sisaldab programmi 10 teema — «Vahelduvvoolu ahelate sümboolne arvutuse meetod», 11 teema — «Ringdiagrammid» ja 12 teema — «Kolmefaasine vool».

Vastav õppematerjal on küllaldaselt selgitatud soovitud õpikus.

Vahelduvvoolu ahelate sümboolne arvutusemeetod sai väga laialdase kasutamise, eriti keeruliste ahelate arvutamisel. Harilikul meetodil ahelate arvutamisel sageli tekib vigu. Näiteks kahe paralleelharu üldist näivtakistust arvutatakse võrrandi järgi $\frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$, analoogiliselt alalisvoolu

ahelaga. Kuid see võrrand, kui Z_1 ja Z_2 ei ole väljendatud kompleksarvudega, ei ole üldjuhul õige, sest arvutamisel hariliku arvutuse meetodi järgi ei tohi unustada, et juhtivused, takistused, voolud, pinged ja võimsused väljendatakse vektoritega, ning nende vahel esinevad suhted kannavad geometrilist iseloomu. Sümbolse meetodi kasutamisel nimetatud raskused langevad ära. Vahelduvvoolu ahelate arvutamisel sümbolisel meetodil on vajalik kõik suurused väljendada kompleksarvudega. Takistuste, juhtivuste ja võimsuste kompleksarvud omavad järgmist omadust:



Joonis 6.

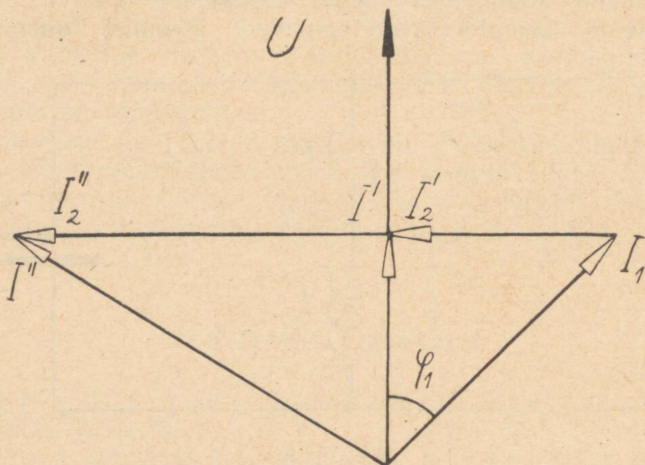
kompleksarvude reaalosa väljendab aktiivkomponenti, imaginaarosa aga reaktiivkomponenti. Kuid see reegel ei kehti voolu ja pinge kompleksarvude kohta, milliste kompleksarvud sõltuvad valitud algfaasist. Näiteks ahelasa takistuse kompleksarv on $(3+j4)\Omega$. Voolu efektiivväärtus on 10 A. Meil on õigus vabalt valida voolu algfaasi ja väljendada vool näiteks nii: $I' = j10A$ või $I'' = (8+j6) A$ ja vastavalt pinget $U' = (j30-40) V$ või $U'' = j50V$ jne.

Sõltumata sellest, kuidas näeb välja voolu kompleksarv, tema aktiivkomponent selles näites on 6 A ja reaktiivkomponent 8 A. Pinge aktiivkomponent selles näites on 30 V ja reaktiivkomponent 40 V.

Ringdiagrammid on väga mugavad, ühe muudetava takistusega — mis näiteks vastab koormuse muutumisele — vahelduvvoolu ahelate osade uurimiseks. Ringdia-

grammide meetod lubab näitlikult uurida võnkekontuuri häälestamise protsessi resonantsile. Arutame läbi hargneva ahela ringdiagrammi, kui ühte harusse on lülitatud kondensaator ja teise harusse aktiiv- ning reaktiivtakistus (joonis 6).

Esimesel juhul muutugu kondensaatori takistus. Voolutugevus I_1 ei muutu. Näitame ta vektordiagrammis vektoriga, mis jääb pingest nurga φ_1 , võrra maha (joonis 7).

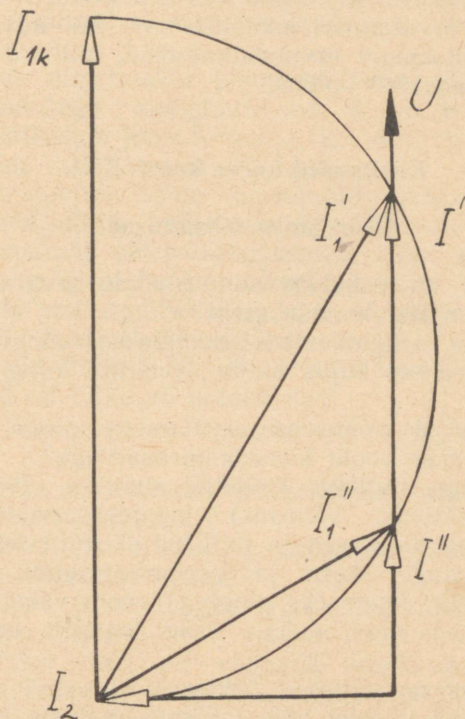


Joonis 7.

Vektori I_1 lõpust on joonestatud vektor I_2 , milline X_c muutumisel lõpmatuseni kuni nullini muutub nullist kuni lõpmatuseni. Üldine vool muutub suuruselt mis võrdne I_1 -ga, kuni minimaalse suuruseni I' (resonantsi olukord) ja edasi kuni I'' ja suureneb kuni lõpmatuseni. Resonantsolukord vastab voolu väikseimale suurusle ja kontuuri üldise takistuse maksimaalsele suurusle.

Nüüd vaatame teist näidet, kui konstantsete R ja X_c korral muutub X_L . Diagramm omab teist kuju. Vool I_2 jõuab pingest nurga $\frac{\pi}{2}$ võrra ette. Vool I_1 muutub, vähenedes maksimumist, mis võrdub lühisvooluga (kui $X_L = 0$). Lühisvool on faasis pingega. Jagades vektori I_{1k} pooleks, tõmbame poolituspunkti ringi, mida mööda liigub vektori I_1 lõpp, kui muutub X_L .

Kui $I_{1k} > 2 I_2$, siis ring lõikab kaks korda pingvektorit. Sellise juhu kohta on koostatud diagramm joonisel 8. Üldine vool määratakse kui vektorite I_1 ja I_2 geometriline summa. Diagrammis on näidatud kaks, üldise voolu suurust I' ja I'' , mis on faasis pingega ja vasta-



Joonis 8.

vad voolude I'_1 ja I''_1 . Analüüsid ringdiagrammi abil vaadeldavat ahelat, võib öelda et ahelas tekib nüüd kaks resonantsolukorda, kusjuures on näha et minimaalne üldine vool ei ole faasis resonantsvooludega.

Kolme faasiline vool on laialdaselt levinenud kolme faasistes seadmetes, mistõttu ta omab väga suurt tähtsust. Keerdvoolu loomisel ja juurutamisel on suur osa vene teadlasel M. O. Dolivo-Dobrovolskil.

Generaatori mähiste täht- ja kolmnurkühendused, samuti liini- ja faasipingete vahelised suhted on vaja kindlalt omandada.

Enne kolmefaasise ahela arvutamisele asumist, kui generaatori mähised ja tarbija on ühendatud tähte, tuleb korrata 1-ses ülesandes vaadeldud sõlmpingemeetodit. Kui kolmefaasised süsteemid on ebaühtlaselt koormatud, kasutatakse arvutamisel kompleksarve, kui aga ühtlaselt, siis palju lihtsamaid arvutusmeetodeid, millised on üksikasjaliselt vaadeldud õpikus.

Küsimused enese kontrolliks.

(Kordamise küsimused)

1. Millal on vahelduvvoolu ahelate arvutamisel otsustarbikas kasutada kompleksarve?

2. Kuidas väljendatakse kompleksarvudega algebralises ja astmelises kujus aktiiv-, reaktiiv- ning näivtakistust?

3. Mispärast võimsuse arvutamisel pinge kompleksarv korrutatakse voolu kaaskompleksarvuga?

4. Osutage, milliste loetletud suuruste (vool, pinge, takistus, juhtivus, võimsus) kompleksarvud sõltuvad vabalt valitud algfaasist ja millised ei sõltu sellest?

5. Joonestage skeem ja vektordiagramm kunstlikult 90° nihkenurga saamiseks pinge ja voolu vahel.

6. Millised elektriahelate osad loetakse induktiivselt sidestatuks?

7. Kuidas on ehitatud õhktransformaator?

8. Millistel viisidel võib määrata mähiste vastuinduktiivsust?

9. Milliseid ahelaid on otstarbekas uurida ringdiagrammide meetodil?

10. Kelle poolt ja millal leiutati kolmefaasine süsteem?

11. Mida nimetatakse mitmefaasise süsteemi EMJ-ks?

12. Millist EMJ-de süsteemi nimetatakse sümmeetriliseks?

13. Millised on, generaatori mähiste tähtühenduse korral, liini ja faasipingete vahelised suhted ja faasinihkenurgad?

14. Mispärast on kolmefaasise generaatori mähiste ebaõige kolmnurkühendus ohtlik?

15. Millist arvutuse meetodit harilikult kasutatakse täht-täht ühenduses oleva kolmefaasise ahela arvutamisel, kui faaside koormatus on ebaühtlane? Väljendage arvutuse järjekord.

16. Millise korra kohaselt on otstarbekas teostada tarbijate tähtühenduse arvutamist faaside ühtlasel koormatusel?

17. Mida nimetatakse topograafiliseks diagrammiks?

18. Joonestage topograafilised diagrammid faaside lühise ja katkestus juhtude kohta, kui nulljuhe puudub ja teiste faaside takistused on võrdsed.

19. Mis juhtub tähte ühendatud elektri-hõõglampidega, kui nulljuhtme katkemisel üks faasidest lühistub?

20. Mispärast elektri-hõõglampide tähtühenduse korral on vajalik kasutada kindlat nulljuhet?

21. Mida nimetatakse nullpunkti nihkeks?

22. Mille poolest erinevad kolmefaasiste ahelate arvutuse meetodid ühtlasel ja ebaühtlasel faaside koormusel, kui tarbijad on lülitatud kolmnurka?

23. Millisel juhul on liinivool $\sqrt{3}$ korda suurem faasivoolust?

24. Kuidas arvutatakse kolmefaasise voolu võimsust faaside ühtlasel koormusel?

25. Kuidas arvutatakse kolmefaasise voolu võimsust faaside ebaühtlasel koormusel?

26. Millisel juhul magnetvälja nimetatakse pulseerivaks magnetväljaks?

27. Millisel viisil on võimalik saada magnetvoogu, mis masina õhupilus muutub siinusseaduse järgi?

28. Millisteks magnetväljadeks saab jaotada pulseeruvat magnetvälja?

29. Milliste tingimuste täitmisel saadakse pöörlev magnetväli?

30. Millest sõltub pöörleva magnetvälja pöörlemise kiirus ja pöörlemise suund?

31. Mida nimetatakse faaside järjestuseks?

32. Kuidas on pöörlev magnetväli suunatud mingis mähises voolu maksimumväärtuse saavutamise momentidele?

33. Milliseid viise kasutatakse faaside järjekorra määramisel?

34. Millised omadused on keerdvoolu ahelas liinipingete ja liinivoolude summal?

35. Mispärast kolmefaasist kaablit ei saa kasutada ühefaasise kaablina?

ÜLESANNE 6

PROGRAMM

Teema 13. Mittesiinuselised vahelduvvoolud.

Harmooniliste mõju voolu ja pingekõverate kujule. EMJ-de, voolude ja pingete moonutuste põhjused. Mittesiinuseliste kõverate sümmeetria tunnused abtsisstelje ja koordinaatide alguse suhtes. Mittesiinuselise perioodilise kõvera lahutamine harmoonilisteks komponentideks.

Elektriahela arvutus mittesiinuselise pinge korral. Mittesiinuselise voolu ja pinge efektiivväärtused. Mittesiinuselise vahelduvvoolu võimsus. Filtrid. Kõrgemad harmoonilised kolmefaasilises ahelas. Sageduse kolmekordistaja.

Teema 14. Rauda sisaldavad vahelduvvoolu ringid

Raudsüdamikuga mähise magnetiseerimisvoolu kõver siinuselise pinge korral. Hüstereesi kadu. Pöörivoolud. Pöörivoolu kadu. Raudsüdamikuga ahela vektor-diagramm. Aseskeem. Raudsüdamikuga mähise pinge- ja vooluresonants.

Rauda sisaldavad vooluringid alalisvoolu eelmagnetiseerimisega. Magnetvõimendajad.

Teema 15. Ahelad jaotatud parameetritega.

Ahelad koondatud ja jaotatud parameetritega. Kadu- deta ja kadudega jaotatud parameetritega ahela aseskeemid. Elektromagnetiliste lainete levik liinis. Elektromagnetiliste lainete leviku seadus. Jaotatud parameetritega ahelas toimuvad ülemineku nähted liini lülitamisel alalis-

ja vahelduvpingele, lainete peegeldumine liini lõpust ja lainete murdumine. Vabad laadimise lained. Mahtuvuse ja induktiivse mõju lainete leviku protsessile.

Teema 16. Raadiovastuvõtu tööstuslikud häired ja võitlus nendega.

Raadiovastuvõtu tööstuslike häirete allikad. Häirete leviku teed. Häirete kõrvaldamise meetodid nende tekkimise kohtades: sädelemise vähendamine ja kiirguse vähendamine ekraanemisega. Toitevõrkudes levivate häirete kõrvaldamine filtritega. Jääkhäired. Lubatav häire piirnivoo.

SOOVITATAV KIRJANDUS

- 1) L—1(5), L—1(6) — peatükid XIII ja XIV, ning L—1(7) — peatükid XIII, XIV ja XV.
- 2) Loengud 16 teema kohta — Raadiovastuvõtu tööstuslikud häired ja võitlus nendega.
- 3) L—", ülesanded 9—1 kuni 9—25 ja 10—1 kuni 10—24.

Metoodilised juhised.

Teoreetilise elektrotehnika 6 ülesanne sisaldab programmi teemad: 13-es teema — «Mittesiinuselised vahelduvvoolud», 14-es teema — «Rauda sisaldavad vahelduvvoolu ringid», 15-es teema — «Ahelad jaotatud parameetritega» ja 16-es teema — «Raadiovastuvõtu tööstuslikud häired ja võitlus nendega».

Mittesiinuseliste vahelduvvoolude õppimisel on vajalik välja selgitada voolu ja pingekõverate kujude moonutuste põhjused. Vajalik on tutvuneda mittesiinuseliste kõverate klassifikatsiooniga ja kindlaks määrata, milliseid harmoonilisi võivad erinevat tüüpi mittesiinuselised perioodilised kõverad sisaldada.

Mittesiinuselise pinge korral ahelate arvutamise põhi-meetodiks on superpositsiooni meetod. Arvutus teostatakse iga harmoonilise kohta ja seejärgi teostatakse üksikute resultaatide summeerimine. Tähtis on meeles pidada, et harmoonilise järjekorra numbri kasvuga suureneb induktiivtakistus aga väheneb mahtvuslik takistus. Seda print-

siipi kasutatakse filtrite skeemides. Kindlalt tuleb omandada, kuidas leitakse mittesiinuselise pinge ja voolu efektiivväärtused ja samuti keskmise võimsuse suurus.

Pöörake tähelepanu mittesiinuseliste EMJ-de iseärasustele kolmefaasises süsteemis. Kolmefaasises ahelas esimesed harmoonilised moodustavad päripidise järjestusega süsteemi, viiendad harmoonilised vastupidise järjestusega süsteemi, seitsmendad uuesti päripidise süsteemi jne. Kõik harmoonilised kordsusega kolm on faasis. Seepärast sümmeetriliste EMJ-de summa sisaldab ainult faasi EMJ-de harmoonilisi, kordsusega kolm, aga kahefaasised EMJ-d vastupidiselt ei sisalda harmoonilisi kordsusega kolm.

Üheks siinuseliste pingete ja voolude moonutuste põhjuseks on raua sisaldava ahela ebalineaarsus, sest raua magnetiseerimisel ja ümber magnetiseerimisel ei kehti lineaarne sõltuvus induksiooni ja väljatugevuse vahel. Omandage, et siinuselisel rakendatud pinge korral raudsüdamikuga mähises magnetvoog muutub ka siinuselisel kuid jääb pingest faasis maha 90° , ning siinuselisel muutuva magnetvoo, järelkult ka magnetilise induksiooni juures, magnetiseerimise vool osutub mittesiinuseliseks. Vastupidiselt, siinuselise magnetiseerimise voolu ja magnetvoo korral indutseeritud EMJ osutub mittesiinuseliseks.

Õpiku järgi arutage läbi, kuidas teostatakse magnetiseerimise voolu joonestamist siinuselise magnetvoo korral. Vajalik on arutada läbi raudsüdamikuga mähise arvutamise järjekord, ärvestades ja mittearvestades rauaškadudega.

Tähelepanelikult vaadeldge, kuidas teostatakse hüstereesist ja pöörivooludest tingitud kadude määramist rauas.

Selgitage välja, millistest suurustest sõltuvad need kaod.

Arutage läbi paispooli vektordiagrammi ehitamise kord.

Programmi 15. ja 16. teema sisu ja metoodilised juhised antakse spetsiaalsetes loengutes.

Küsimused enese kontrolliks.

(Kordamise küsimused)

1. Missugustel põhjustel tekivad voolu, pinge ja võimsuse kõverate kujud moonutused?

2. Millist harmoonilist nimetatakse põhiharmooniliseks?

3. Millistes vahetutes on kõrgemate harmooniliste perioodid põhiharmoonilise perioodiga?

4. Milliseid kõveraid nimetatakse sümmeetrilisteks abtsisstelje suhtes? Milliseid harmoonilisi sisaldavad need kõverad?

5. Milliseid kõveraid nimetatakse sümmeetrilisteks koordinaatide alguse suhtes? Milliseid harmoonilisi sisaldavad need kõverad?

6. Millist põhilist arvutusmeetodit kasutatakse elektrihaelate arvutamiseks mittesiinuselise pinge korral?

7. Kuidas määratakse mittesiinuselise voolu ja pinge efektiivväärtused?

8. Millega võrdub mittesiinuselise pinge ja voolu korral keskmine võimsus?

9. Loendage elektriliste filtrite tüübid.

10. Mispärast kolmandad harmoonilised ei esine kolmefaasise süsteemi liinipingete võrrandis?

11. Kas sisaldab liinivool kolmefaasises kolmjuhtmelises süsteemis kolmandaid harmoonilisi?

12. Mispärast raudsüdamikuga mähises siinuselise pinge korral, magnetiseerimise vool osutub mittesiinuseliseks?

13. Milliseid harmoonilisi sisaldab mähise magnetiseerimise vool raudsüdamiku magnetilisel küllastumisel?

14. Millisel viisil teostub magnetiseerimise voolu kõvera ehitamine antud kõverate $\Phi(t)$ ja $\Phi(i)$ korral?

15. Millist mõju magnetiseerimise voolu kõvera kujule avaldab hüstereesikadu.

16. Millisel induktsiooni suurusel amplituudi tegur osutub suuremaks $\sqrt{2}$ -st?

17. Millest sõltub pöörivoolu kadu?

18. Milliste võrrandite järgi määratakse rauaskaod?

19. Mille poolest on ohtlik ja millistel tingimustel, lülitada raudsüdamikuga mähis vahelduvpingele?

LABORATOORSETE TÖÖDE LOETELU JA LÜHIKE SISU

1. Takistuste järjestikku ja paralleellülitused

Mõned takistused lülitada järjestikku aga seejärel paralleelselt. Mõlemal juhul mõõta voolutugevus ja osapinged. Katsel saadud tulemusi võrrelda arvutuslike tulemustega.

2. Muudetava takistusega mittehargnev elektriabel

Kaks takistust lülitada elektriabelasse järjestikku ja ahel pingestada alalispingega. Sõltuvalt muudetavast takistusest, katselisel teel määrata kindlaks voolutugevus, ning pinged ja võimsused ahela osade kohta. Katse tulemusi võrrelda teoreetiliste arvutuste tulemustega. Koostada graafik.

3. Potentsiaalne diagramm.

Takistuste ja vooluallikate järjestikku lülitamisel mõõta voltmeetriga ahela punktide potentsiaalid, võttes ühe vabalt valitud punkti potentsiaali võrdseks nulliga. Saadud andmete järgi koostada potentsiaalide diagrammid juhtude kohta, kui vooluallikate EMJ-d on suunatud skeemi kohaselt ja vastupidiselt skeemiga.

4. Pingekadu juhtmes

Elektriliini mudelil mõõta voltmeetriga pinged liini algul ja lõpul. Pingekadu, mis on saadud kui pingete erinevus liini algul ja lõpul, võrrelda voolu ja liinitakistuse korrutisega. Katsed viia läbi vask- ja terasjuhtmete kasutamisega erinevatel koormusjuhtudel.

5. Superpositsiooni meetod

Katselisel teel määrata, üksikult mõjuvate vooluallikate korral, voolutugevused keerulise ahela üksikutes osades. Seejärgi määrata voolutugevused samades ahela osades, kui samaaegselt mõjuvad kõik vooluallikad. Kontrollida superpositsiooni meetodit, milleks võrrelda katsetel saadud tulemusi arvutuslike tulemustega.

6. Mittelineaarsed ahelad

Töö teostatakse kahe erineva, näiteks süsiniit ja metallniit, hõõglambiga. Algul võetakse kummagi lambi volt-ampere karakteristikad ja seejärgi ühendades lambid järjestikku mõõdetakse voolutugevus ja osapinged. Saadud tulemusi võrreldakse graafilisel lahendusel saadud samade tulemustega.

7. Kolme elektroodiga elektronlamp

Määrata antud lambi anoodi ja võre karakteristikad. Katsel saadud andmete järgi leida arvutuslikul teel lambi parameetrid.

8. Magnetilise induksiooni mõõtmine

Magnetilise induksiooni mõõtmised mähise telgjoonel, mähise sees ja väljaspool mähist, teostatakse prooviraa-
miga millega on ühendatud ballistiline galvanomeeter. Katse tulemusi võrreldakse arvutuslike suurustega.

9. Hüsteresei silmus

Terase magnetilise läbitavuse mõõtmisega, uuritakse töö käigus hüsteresei nähet ja koostatakse kõver. Töö teostatakse ballistilise galvanomeetri või fluksmeetri kasutamise-
ga.

10. Induktiivsuse ja vastuinduktiivsuse määramine

Mähise induktiivsus määratakse tema aktiiv- ja näivtakistuse mõõtmisega. Vastuinduktiivsus on määratud vastuinduksiooni EMJ, mis tekib teises mähises kui esimeses mähises voolab vahelduvvool ja arvutatakse induktiivselt sidestatud mähiste lülitamisega järjestikku, kusjuures ühel juhul mähiste magnetvood on samasuunalised, teisel juhul vastupidiselt suunatud.

11. Vahelduvvoolu mittehargnev ahel

Ahelasse lülitatakse järjestikku aktiivtakistus, induktiivsus ja mahtuvus. Induktiivsete ja mahtuvuslike takistuste erinevatel väärtustel mõõdetakse võimsus, voolutugevus, ahelale rahendatud pinge ja osapinged. Saadud andmete põhjal joonestatakse vektordiagrammid.

12. Vahelduvvoolu hargnev ahel

Ahelasse lülitatakse paralleelselt aktiivtakistus, induktiivsus ja mahtuvus. Induktiivsete ja mahtuvuslike takistuste erinevatel väärtustel mõõdetakse võimsustegur, vool ja pinge kogu ahela kohta ja iga ahela haru kohta. Saadud andmete põhjal joonestatakse vektordiagrammid.

13. Muutliku takistusega mittehargnev vahelduvvoolu ahel

Uuritakse reostaadiga järjestikku lülitatud mähise aktiiv- ja induktiivtakistuse muutumise mõju ahela voolutugevusele, võimsusele ning pingele. Katsetel saadud tulemusi võrreldakse ringdiagrammidest saadavate tulemustega.

14. Pingeresonants

Lülitades ahelasse järjestikku mähise ja kondensaatori, ning muutes ahela induktiivsust, mõõdame voolutugevuse ning osapinged. Saadud andmete põhjal joonestame resonantskõverad, sõltuvalt muutlikust reaktiivtakistusest.

15. Võimsustegur. Võimsusteguri parandamine

Mähisega paralleelselt lülitatud kondensaatorite erinevatel mahtuvustel, määratakse võrgupinge ja ühtlasi voolu vaheline faasinihkenurk. Püütakse saavutada vooluresonants.

16. Skeem pinge ja voolu vahel 90° nihkenurga saamiseks

Mõõtes kahe mähise aktiiv- ja reaktiivtakistused, määrata kui suurt aktiivtakistust on vaja ühel mähisel šunteerida, et vool temas oleks ahelale rakendatud pinge suhtes nihutatud 90° nurga võrra. Tulemusi kontrollida katsega.

17. Hõõglampide tähtühendus. Nulljuhtme tähtsus

Kolmefaasilisesse ahelasse lülitades hõõglambid tähte, määrata katselisel teel kindlaks, millist mõju nulljuhtmega ja nulljuhtmeta ahela korral avaldab ühe faasi koormuse muutmine faasipingetele. Saadud andmete põhjal joonestada vektordiagrammid.

18. Hõõglampide ühendamine kolmnurka

Kolmefaasisse ahelasse lülitades hõõglambid kolmnurka määrata katselisel teel millist mõju avaldab üle faasi koormuse muutmine liinivooludele. Saadud andmete põhjal joonestada vektordiagrammid.

19. Rauaskadu

Määrata mähise raudsüdamikus tekkivad kaod erinevatel magnetilise induktsiooni amplituud väärtustel. Katsel saadud andmete põhjal joonestada mähise volt-amper karakteristika.

Tallinna Polütehnikum

Teoreetilise elektrotehnika alused.

KONTROLLTÖÖD

Kontrolltööde teostamise juhised

1. Tööd teostatakse ruudulisel paberil. Kõik graafikud teostatakse millimeeterpaberil.

2. Arvutustel tuleb tingimata näidata kõikide suuruste mõõtühikud. Arvutustel, teostades aritmeetilisi tehteid, ei näidata suuruste mõõtühikuid.

3. Kõikides graafikutes ja diagrammides tuleb tingimata näidata koordinaattelgede tähised ning mõõtühikud. Samuti peavad vektorid ja kõverad graafikutes ning vektordiagrammides omama tähiseid.

4. Diagrammid ja gaafikud koostatakse tingimata mõõtkavas.

5. Kõik skeemid teostatakse täpselt ja nad peavad omama kõiki tähiseid.

6. Tingimata tuleb selgitada seadusi, reegleid ja võrrandeid, milliseid kasutatakse ülesande lahendamisel — samuti ka graafikute ehitamise korda. Kogu ülejäänud tegevust ei selgitata.

7. Töö teostamisel üleskerkivate raskuste ja ebaselguste korral pöörduda tehnikumi. Ebaselged küsimused võib näidata ka kontrolltöösse lisatud eraldi lehel.

8. Kontrolltöö igale leheküljele jäetakse 50 mm laiune vaba äär. Töö lõpus peab olema üks vaba lehekülg õpetajale märkuste tegemiseks.

Kontrolltööd

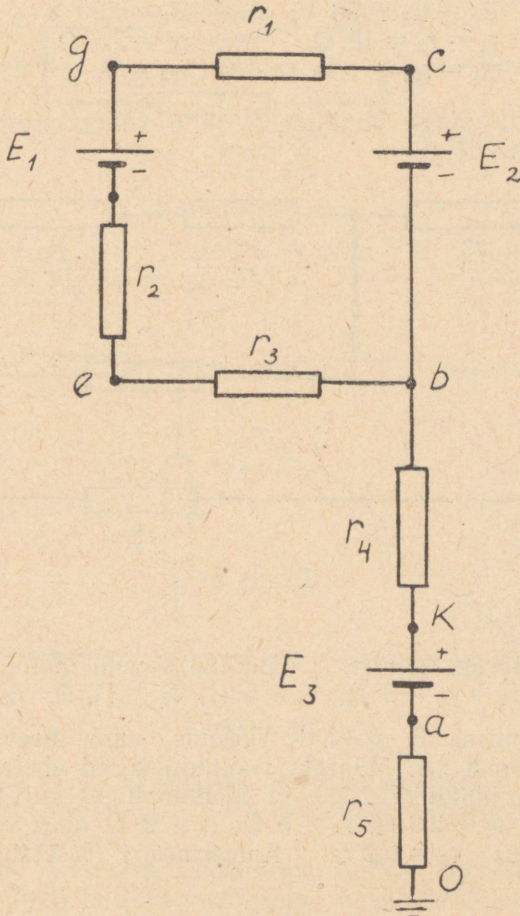
(nr. 1, nr. 2, nr. 3)

Variant 1

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 1 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 1

1. Elektrikeyja, milles 1,5 liitrit vett, töötab pingel 220 V ja vooluga 2,5 A. Kütteelement on valmistatud



Joonis 1

kroomnikkel traadist. Vesi, mille algtemperatuur on 16°C , hakkab keema 20 minuti pärast.

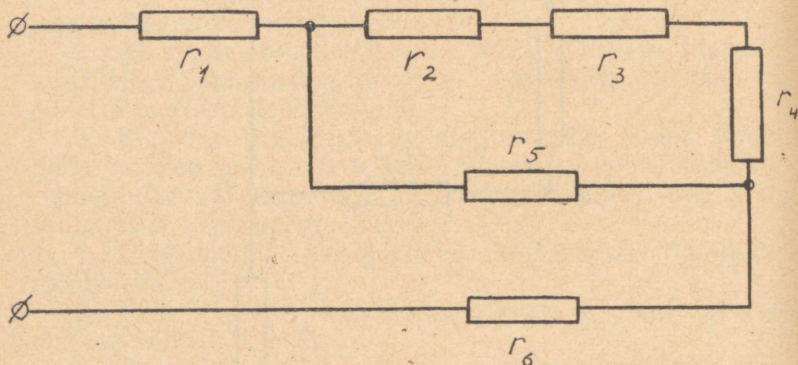
Leida elektrikeetja kasutegur, vee keetmise maksumus ja küttelemdi kroomniklist traadi pikkus, kui elektrienergia maksumus on 40 kop/kWh ja lubatav voolutihedus 8 A/mm^2 .

Kroomnikli eritakistus võtta tabelist.

2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm, kui

$$\begin{array}{ll} E_1 = E_3 = 90 \text{ V}; & E_2 = 120 \text{ V} \\ r_1 = r_2 = 15 \ \Omega; & r_3 = 7,5 \ \Omega \\ r_{01} = r_{02} = 1,25 \ \Omega; & r_{03} = 0. \end{array}$$

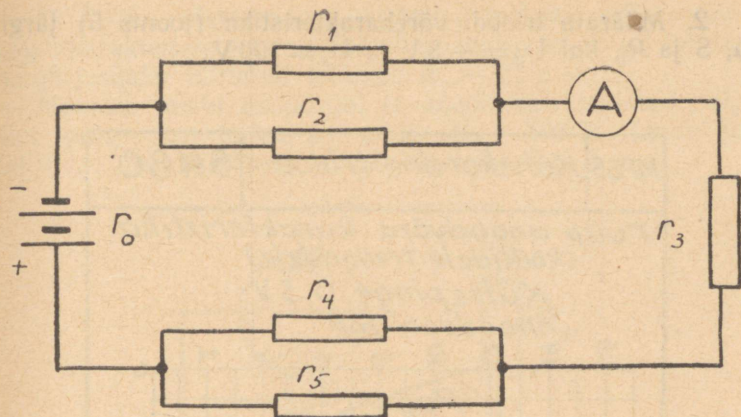
Määrata pinge punktide 0 ja e vahel, ning näidata diagrammis lõiguna.



Joonis 2.

3. Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1 = r_2 = r_3 = 3 \ \Omega$; $r_4 = 5 \ \Omega$; $r_5 = 11 \ \Omega$; $r_6 = 3,5 \ \Omega$.

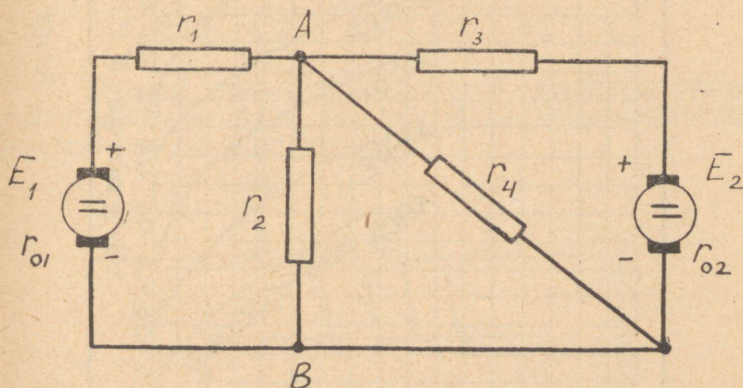
4. Joonisel 3 toodud skeemis ampermeeter näitab voolutugevust 2A . Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, vooluallika EMJ ja klemmipinge, kui $r_1 = 2 \ \Omega$; $r_2 = 8 \ \Omega$; $r_3 = 2,9 \ \Omega$; $r_4 = 6 \ \Omega$; $r_5 = 2 \ \Omega$ ning vooluallika sisetakistus $r_0 = 0,2 \ \Omega$. Ampermeetri sisetakistust ei arvesta.



Joonis 3.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel 4 toodud skeemis $E_1 = E_2 = 105 \text{ V}$,
 $r_1 = r_3 = 95 \text{ } \Omega$, $r_{01} = r_{02} = 0,5 \text{ } \Omega$, $r_2 = r_4 = 20 \text{ } \Omega$.

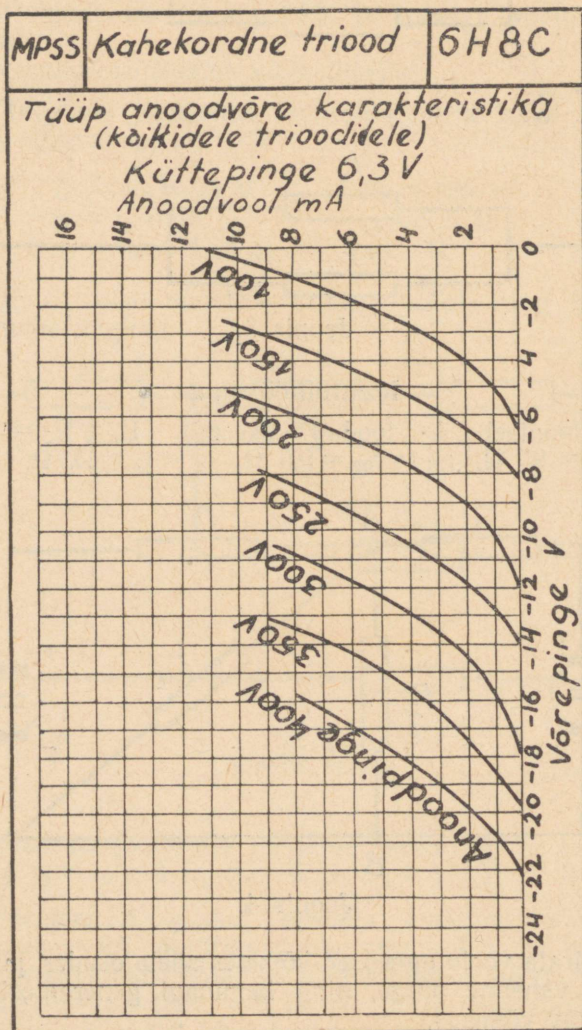


Joonis 4.

Määrata voolutugevused kõikides ahela osades, punktide A ja B vaheline pinge, ning kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.

Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: sõlm-pinge meetodil ja superpositsiooni meetodil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.

2. Määrata triodi võrekarakteristika (joonis 5) järgi μ , S ja R_p , kui $U_g = -3V$ ja $U_a = 100V$.

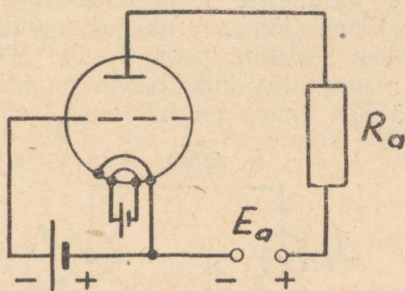


Joonis 5.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaber karakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

3. Kolme elektroodiga elektronlambiga, mille volt-
 amperkarakteristika (anoodkarakteristika) on antud tabelis
 on järjestikku lülitatud takistus $R_a = 40 \text{ k} \Omega$.

Määrata lambi anoodvool ja anoodahela takistusel R_a
 olev pinge, kui toiteallika pinge $E_a = 300 \text{ V}$. Lambi ja
 takistuse ühenduskeem on näidatud joonisel 6.

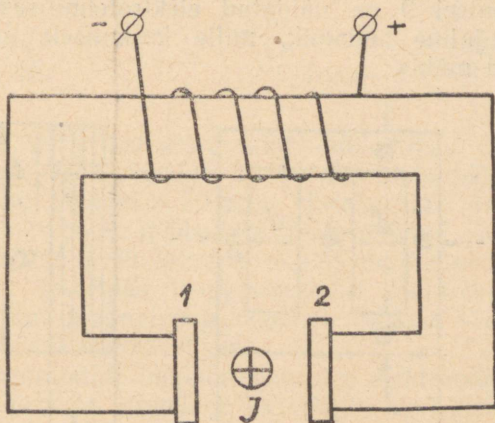


Joonis 6.

Tabel

| | | | | | |
|--------|------|-----|-----|-----|------|
| U (V) | 50 | 100 | 150 | 250 | 3000 |
| J (mA) | 0,75 | 2,0 | 2,5 | 6,5 | 8,0 |

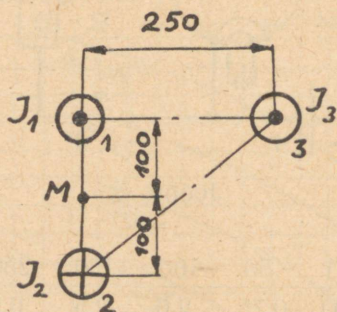
4. Terasest magnetjuhile asetatud magnetiseerimise
 mähist toidetakse alalisvoolu allikast, kusjuures vooluallika
 polaarsus on näidatud joonisel 7.



Joonis 7.

Määrata juhtmele, milles voolutugevus $J=500$ mA (joonis 7), mõjuva jõu suurus ja suund, kui magnetjuhi õhupilus magnetiline induksioon on 16 000 G ja juhtme pikkus 150 mm. Märkida poolustele 1 ja 2 juurde põhjaniing lõunapooluse tähised. Voolusuund juhtmes on näidatud joonisel.

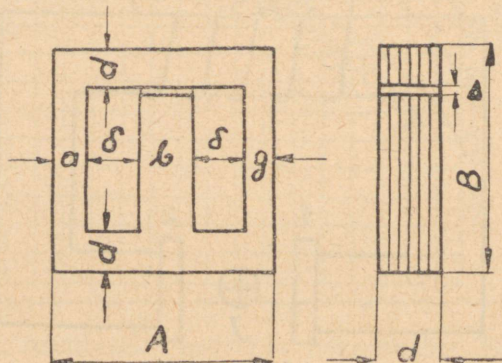
5. Määrata juhtmetele 1 ja 2 jooksva meetri kohta mõjuva vastastikuse jõu suurus ja suund, ning samuti kolme juhtmelise süsteemi poolt $J_1=J_2=500$ A, $J_3=1500$ A — tekitatud magnetiline induksioon punktis M. Voolude suund ja mõõtmed (mm) on näidatud joonisel 8.



Joonis 8.

Kontrolltöö nr. 3

1. Joonisel 9 on näidatud elektrotehnilisest lehtterasest M kujuline südamik, mille keskmisele sambale on paigutatud mähis.



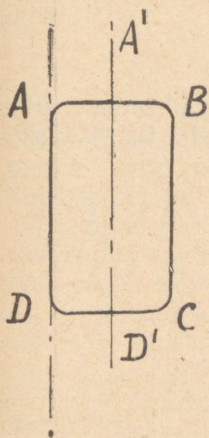
Joonis 9.

Määrata magnetimisergutus, mille juures vasakus sambas tekib magnetiline induktsioon 14000 G, kui keskmise samba ikke kohal on õhupilu $\Delta=0,1$ mm, ning magnetjuhi mõõtmed: $a=g=40$ mm; $b=80$ mm; $\delta=100$ mm; $d=40$ mm; $A=360$ mm; $B=280$ mm.

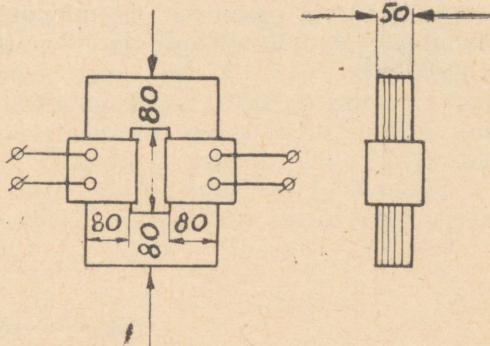
2. Täisnurkne raam ABCD pöörleb ühtlases magnetväljas ümber telje AD (joonis 10). Määrata maksimaalne EMJ, mis tekib raamis, kui raami pindala on 20×30 cm²,

$$B=4000 \text{ G}, v_{\max} = 6 \frac{\text{m}}{\text{sek.}}$$

Kuidas muutub EMJ, kui raam panna pöörlema ümber telje A'D', sama nurkkiirusega?



Joonis 10.



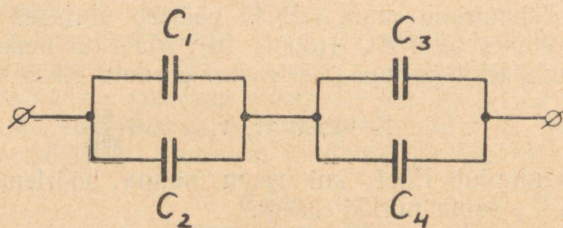
Joonis 11.

3. Ühefaasise transformaatori südamikus on magnetiline induktsioon võrdne 15000 G. Südamiku ristlõike mõõtmed on 80 mm \times 50 mm (joonis 11). Arvestamata puiste magnetvoogu, määrata esimese mähise (600 keerdu) ja teise mähise (120 keerdu) aheldusmagnetvood.

Määrata mõlemas transformaatori mähises indutseeruv EMJ, kui magnetvoog väheneb ühtlase kiirusega 12 sekundi jooksul nullväärtusele.

4. Tasapinnaline õhk-kondensaator elektrodide vahega 0,5 cm lülitatakse pingele 2 kV. Peale kondensaatori laadimist ta lülitatakse võrgust välja ja seejärgi elektrodide vahe suurendatakse kahekordseks.

Määrata kondensaatori elektrivälja energia ja väljatugevus enne ja peale elektrodide vahekauguse muutmist, kui elektrodide mõõtmed on 40×60 cm, tingimusel et laengute kadu ei esine.



Joonis 12.

5. Määrata joonisel 12 näidatud ühenduse üldine mahtuvus, kui $C_1=0,5\mu\text{F}$, $C_2=25 \cdot 10^4\text{pF}$, $C_3=0,45\mu\text{F}$ ja $C_4=0,3\mu\text{F}$.

KONTROLLTÖÖD.

(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

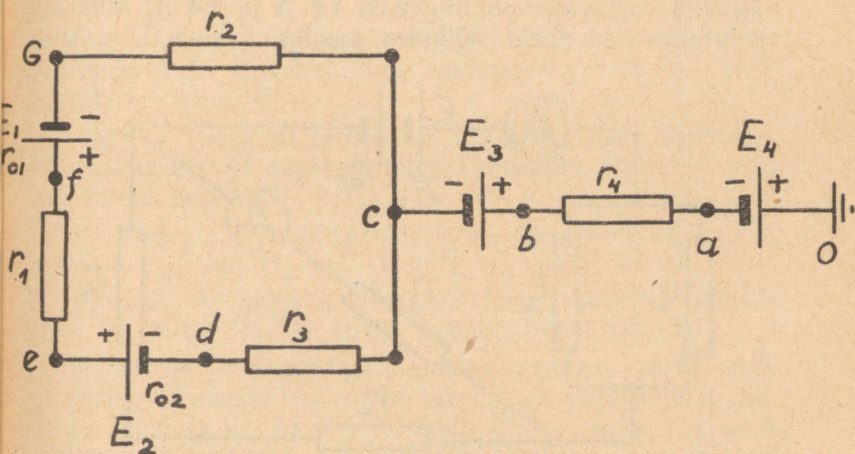
Variant 2

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 2 lõppevat numbrit).

Kontrolltöö nr. 1

1. A. N. Ladõgini (1872. a.) elektrilistes hõõglampides söepulk, pikkusega 6 cm ja läbimõõduga 2 mm, kuumeneb temperatuurini kuni 1600°C . Söe eritakistus on $70\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ja temperatuuritegur töötemperatuuril $0,0002\text{ }1/^{\circ}\text{C}$. Määrata lambi võimsus pingel korral 6 V ja tema eksploatatsiooniline maksumus tunnis, kui lampi kasutada nüüd, millal elektrienergia tariif on 40 kop/kWh.

2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm,

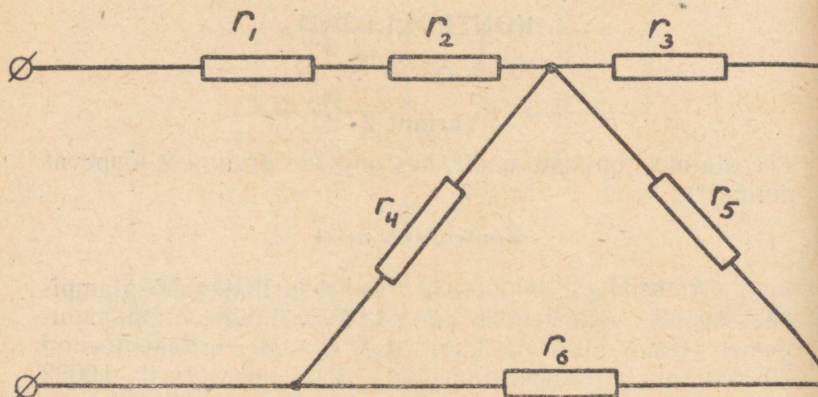


Joonis 1

kui $E_1 = E_3 = 90\text{V}$; $E_2 = E_4 = 70\text{V}$; $r_1 = 10\Omega$; $r_2 = r_3 = 18\Omega$; $r_{01} = r_{02} = 2\Omega$; $r_{03} = r_{04} = 0,5\Omega$; $r_4 = 10\Omega$.

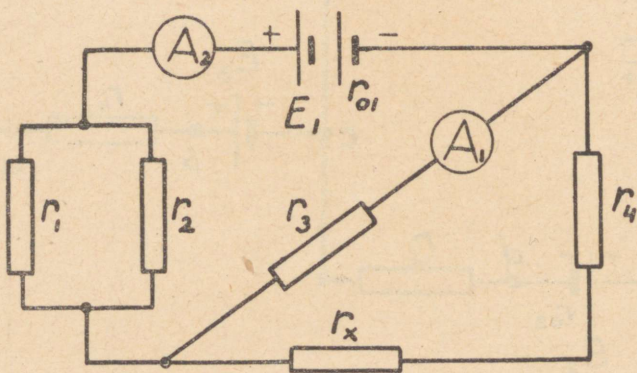
Määrata pinge U_{OG} (punktide O ja G vahel) ja näidata ta lõiguna potentsiaalide diagrammis.

3. Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1 = r_2 = r_3 = r_5 = 5,5\Omega$; $r_4 = 12\Omega$; $r_6 = 3,25\Omega$.



Joonis 2.

4. Joonisel 3 toodud skeemis ampermeetrid A_1 ja A_2 näitavad vastavalt voolutugevusi $1,6\text{A}$ ja $2,4\text{A}$. Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, takistus r_x suu-

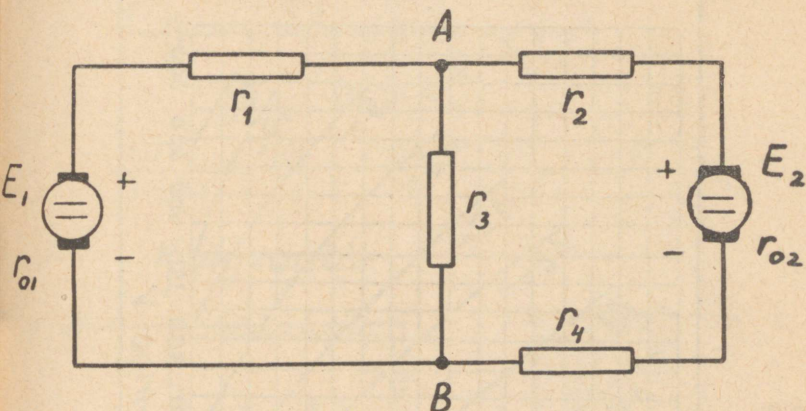


Joonis 3.

rus, vooluallika EMJ ja klemmpinge, kui $r_1=r_2=5\Omega$; $r_3=1,5\Omega$; $r_4=2\Omega$, ning vooluallika sisetakistus $r_0=0,5\Omega$. Ampermeetrite sisetakistused jätame arvestamata.

Kontrolltöö nr. 2

1. joonisel 4 näidatud skeemis $E_1=E_2=60V$; $r_1=r_4=14,5\Omega$; $r_2=10\Omega$; $r_3=80\Omega$; $r_{01}=r_{02}=0,5\Omega$.



Joonis 4.

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, pinge punktide A ja B vahel, ning kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.

Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: Kirchhoffi võrrandite abil ja superpositsiooni meetodil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.

2. Määrata trioodi karakteristika (joonis 5) järgi μ , S ja R_i , kui $U_g = -1 V$ ning $U_a = 150 V$.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

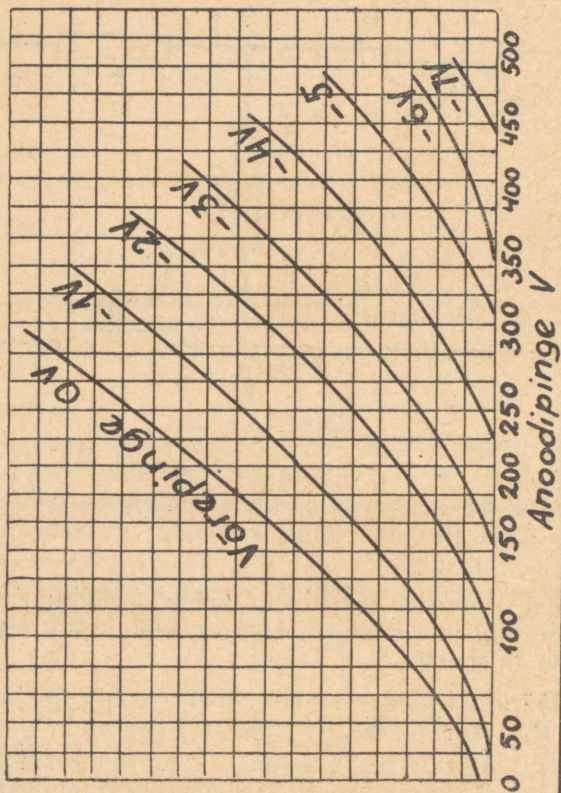
3. Kolme elektroodiga elektronlambiga, mille vool-amperekarakteristika on antud tabelis, on paralleelselt lülitatud takistus $R=30 k\Omega$. Koostada üldise voolu J graafik sõltuvalt rakendatud pingest. Elektronlambi ja takistuse lülitusskeem on näidatud joonisel 6.

MPSS

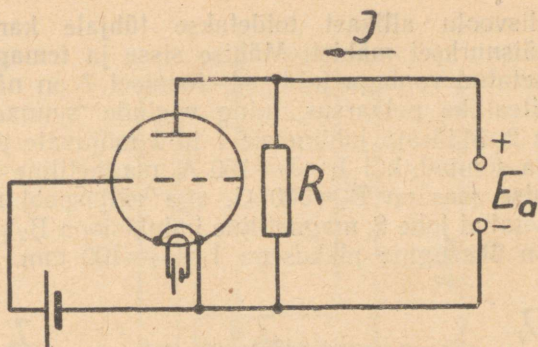
Kahetkordne triood

6H9C

Anoodi karakteristikud



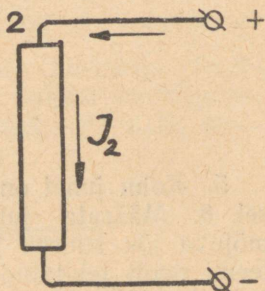
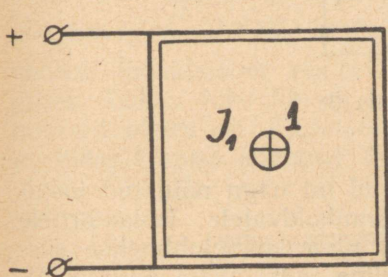
Joonis 5.



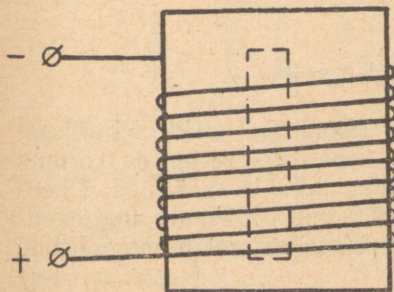
Joonis 6.

| | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| U(V) | 100 | 150 | 200 | 300 |
| J(mA) | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5,5 |

Külgvaade

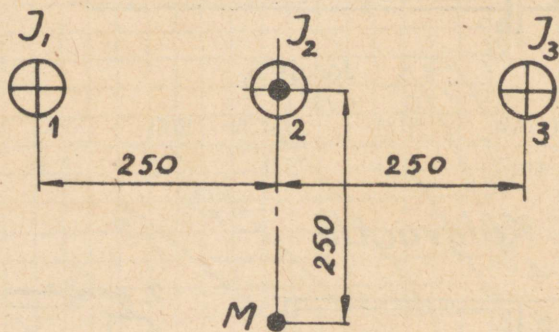


Pealtvaade



Joonis 7.

4. Alalisvoolu allikast toidetakse tühjale karkassile asetatud täisnurkset mähist. Mähise sisse ja temaga kõrvuti on asetatud vooluga juhtmed. Joonisel 7 on näidatud mähise toiteallika polaarsus, ning voolude suunad juhtmetes 1 ja 2. Määrata juhtmetele 1 ja 2 mõjuvate jõudude suurused ja suunad, kui $J_1=J_2=150$ A, magnetiline induksioon mähise sees on $B_1=500$ G, aga väljaspool mähist, kuhu on asetatud juhe 2, magnetiline induksioon $B_2=200$ G. Juhtmed on ühesuguse pikkusega $l_1=l_2=100$ mm.

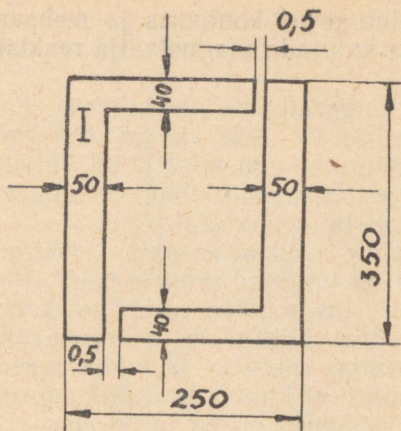


Joonis 8.

5. Kolm juhet on paigutatud nii nagu näidatud joonisel 8. Määrata juhet 3 kinnihoidvatele isolaatoritele mõjuva jõu suurus ja suund, ning kolmejuhtmelise süsteemi poolt tekitatud magnetiline induksioon punktis M, kui $J_1=1000$ A, $J_2=J_3=500$ A ja isolaatorite vaheline pikkus $l_1=l_2=l_3=25$ m. Voolude suunad ja kõik mõõtmed (mm) on näidatud joonisel 8.

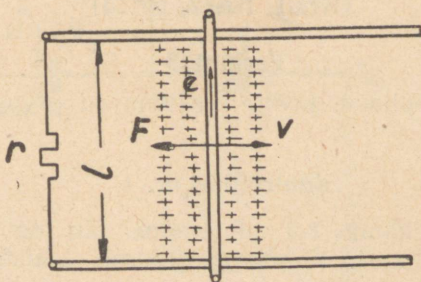
Kontrolltöö nr. 3

1. Γ -kujuline südamik on koostatud elektrotehnilisest terasest valmistatud 100 lehest, lehe paksuse juures 0,5 mm. Joonisel 9 on näidatud südamiku kuju ja mõõtmed. Ühenduskohtades õhupilu pikkus 0,5 mm. Määrata magnetitsemise ergutus, mille juures I südamikus tekib magnetiline induksioon 12000 G.



Joonis 9.

2. Ühe meetri pikkune sirge juhe liigub, ühtlases magnetväljas $B = 1,2 \cdot 10^{-4} \frac{Vs}{cm^2} = 12000 \text{ G}$ risti magnetilise induksiooni vektoriga, ühtlase kiirusega $v = 20 \text{ m/sek}$. Liikuv juhe libiseb piki kahte paljast metalljuhet, millised otstes on ühendatud takistusega $r = 0,1 \Omega$, moodustades kinnise kontuuri (joonis 10).



Joonis 10.

Liikuva juhtme ja ühendusjuhtmete takistuse võib jätta arvestamata. Jõujoonte suund on näidatud joonisel (joonise sisse).

Määrata voolutugevus kontuuris ja mehaaniline võimsus, mis on vaja kulutada magnetvälja reaktsioonjõu ületamiseks.

3. Määrata rõngasmähise induktiivsus, kui südamikute telgjoone pikkus on $l_k = 27$ cm ja ristlõige $S = 4$ cm², ning mähis keerdude arvuga $w = 400$ on ühtlaselt jaotatud südamikule, kusjuures mähis läbib voolutugevus $J = 1,2$ A. Südamik on valmistatud malmist.

4. Tasapinnaline õhkkondensaator elektrodide vahekaugusega 1 cm on lülitatud pingele 6 kV. Peale kondensaatori laadimist elektrodide vaheline kaugus suurendati 2 cm-le, välja lülitamata kondensaatorit võrgust. Määrata elektrivälja energia ja väljatugevus enne ja peale kondensaatori elektrodide vahekauguse muutmist, kui elektrodide mõõtmed on 60 ja 80 cm.

5. Kondensaatori mahtuvust võib muuta 10 kuni 200 pF-ni. Millistes piirides võib muuta mahtuvust, kui kolm sellist kondensaatorit lülitada paralleelselt?

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

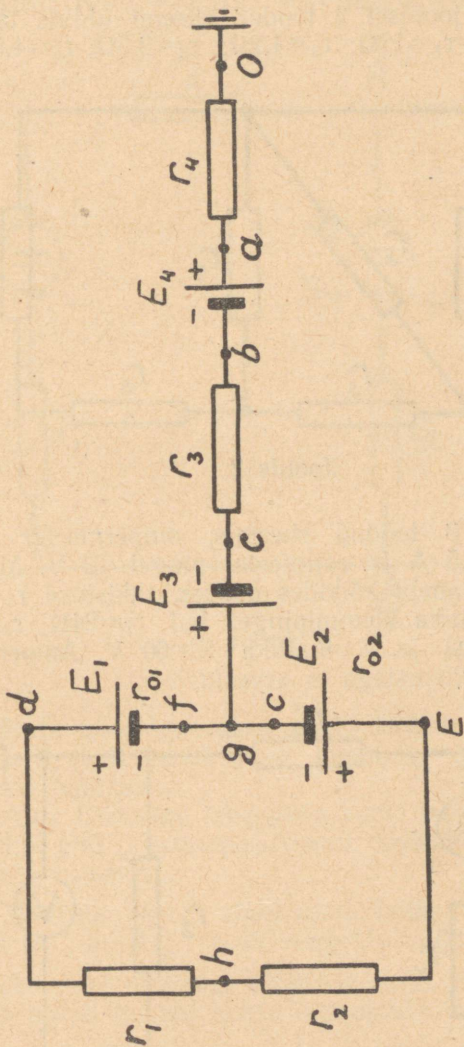
Variant 3

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 3 lõppevat numbrit).

Kontrolltöö nr. 1

1. 1 km pikkune 2-e juhtmeline liin on valmistatud alumiiniumjuhtmest. Kummagi juhtme takistus on 13Ω . Määrata juhtme ristlõige ja diameeter, samuti ka aastane energiakadu ja eralduv soojushulk liinis, kui aasta keskmine voolutugevus on 30 A ning töötundide arv 4200. Mida maksavad need kaod, kui elektrienergia maksumus on 4 kop/kWh? Alumiiniumi eritakistus võtta tabelist.

2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm,

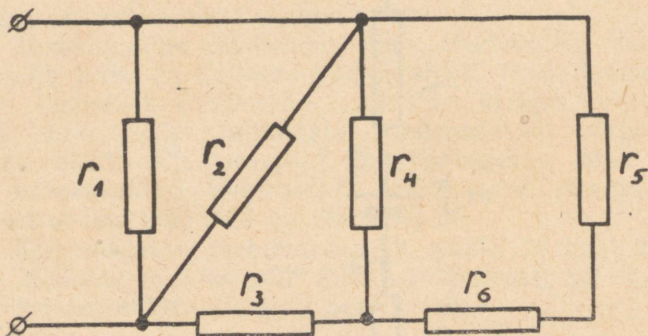


Joonis 1

kui $E_1 = E_3 = 48 \text{ V}$, $E_2 = 24 \text{ V}$, $E_4 = 60 \text{ V}$, $r_1 = 10 \Omega$, $r_2 = 28 \Omega$,
 $r_{01} = r_{02} = 1 \Omega$, $r_{03} = r_{04} = 0$, $r_3 = r_4 = 10 \Omega$.

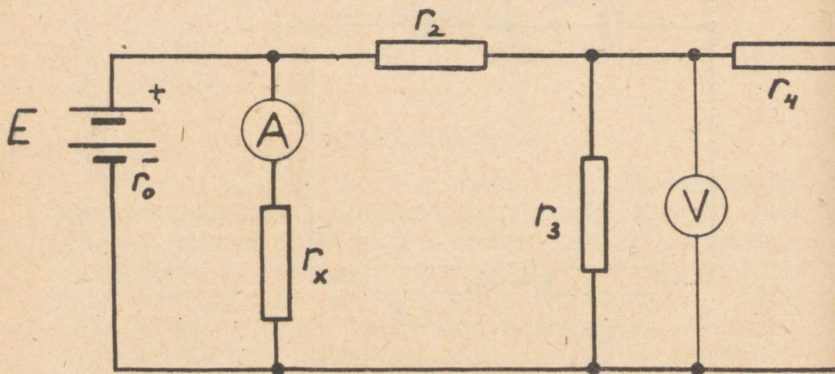
Määrata punktide O ja E vaheline pinge, ning näidata ta lõiguna potentsiaalide diagrammis.

3. Määrata joonisel 2 toodud skeemi üldine takistus, kui $r_1 = 4 \Omega$; $r_2 = r_4 = 12 \Omega$; $r_3 = 1,2 \Omega$; $r_5 = 3,5 \Omega$; $r_6 = 4,5 \Omega$.



Joonis 2.

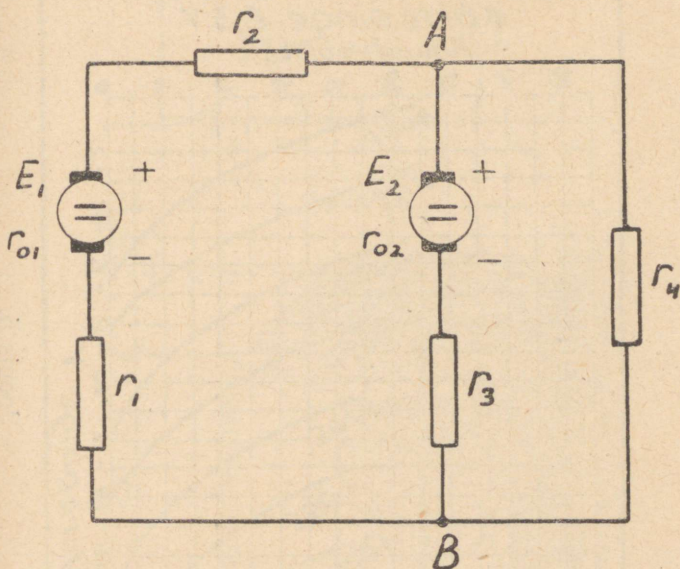
4. Joonisel 3 toodud skeemis, ampermeeter näitab voolutugevust $0,5 \text{ A}$ ja voltmeeter pinget 12 V . Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, takistuse r_x suuruse ja vooluallika klemmipinge, kui $r_2 = 24 \Omega$; $r_3 = 10 \Omega$; $r_4 = 15 \Omega$; $r_0 = 0,8 \Omega$ ja vooluallika $E = 60 \text{ V}$. Ampermeetri ja voltmeetri takistustega ei arvesta.



Joonis 3.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel näidatud skeemis $E_1 = E_2 = 120 \text{ V}$; $r_{01} = r_{02} = 0,5 \Omega$; $r_2 = r_3 = 14,5 \Omega$; $r_1 = 10 \Omega$; $r_4 = 85 \Omega$.



Joonis 4.

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, pinge punktide A ja B vahel, ning kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.

Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: Kirchhoffi võrrandite abil ja superpositsiooni meetodil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.

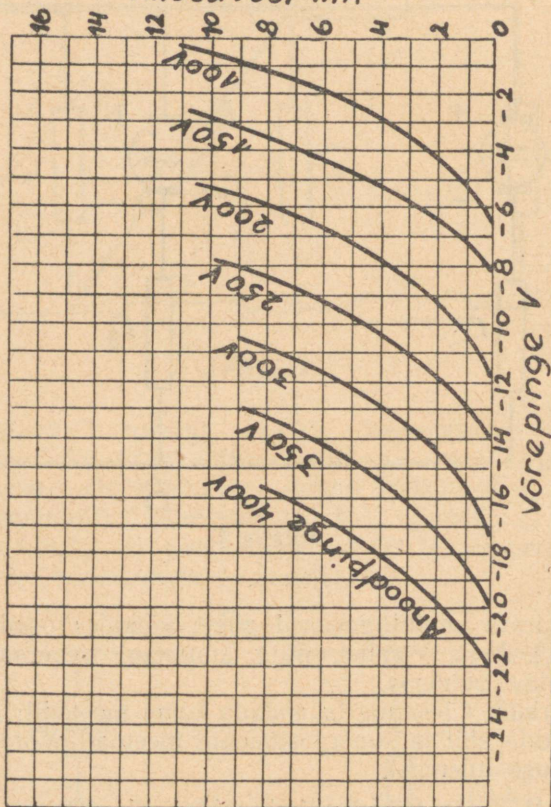
2. Määrata trioodi võrekarakteristika (joonis 5) järgi μ , S ja R_i , kui $U_g = -4 \text{ V}$ ning $U_a = 100 \text{ V}$.

Märkus: Arvustuseks koostada kaks naaberkarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

3. Kolme elektroodiga elektronlambiga, mille volt-ampere (anoodi) karakteristika on antud tabelis, on järjestikku lülitatud takistus $R_a = 35 \text{ k}\Omega$. Määrata elektron-

mpss Kahekordne triood 6H8C

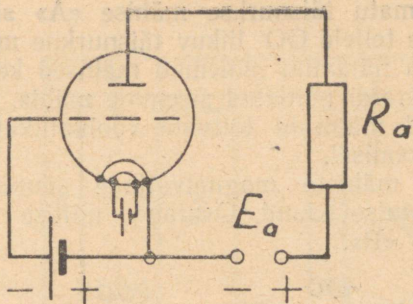
Tüüp anood-võre karakteristika
(kõikidele trioodidele)
Küttepinge 6,3V
Anoodvool mA



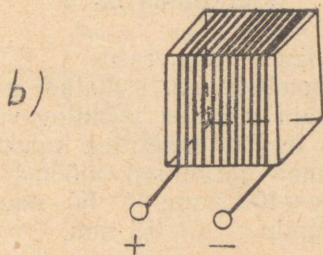
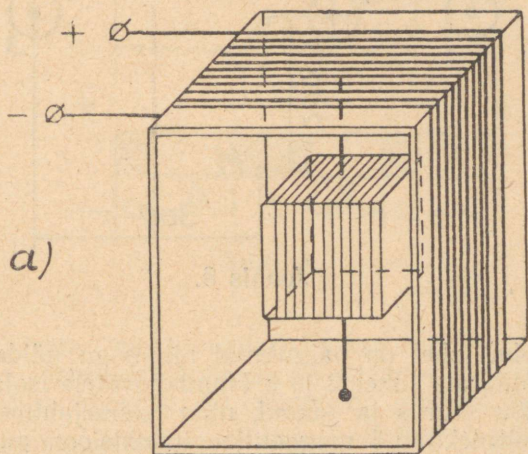
Joonis 5.

lambi anoodvool ja anoodahelas oleval takistusel R_a pinge, kui toiteallika pinge $E_a = 350$ V. Elektronlambi ja takistuse lülitusskeem on näidatud joonisel 6.

| U(V) | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
|-------|-----|-----|-----|-----|------|
| J(mA) | 0,7 | 1,3 | 2,5 | 3,5 | 5,25 |



Joonis 6

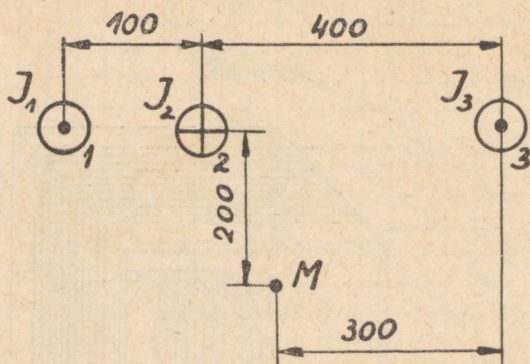


Joonis 7

4. Liikumatu täisnurkse mähise «A» sisse on asetatud liikuvale teljele OO' liikuv täisnurkne mähis «B». Joonisel 7 a on näidatud mõlemad mähised koos, aga joonisel 7 b on eraldi näidatud sisemine mähis.

Mõlemaid mähiseid toitvate vooluallikate polaarsused on toodud joonisel.

Näidata mähiste magnetväljade suunad ja määrata mähise liikumise suund. Osutage, millise lõpliku asendi võtab mähis «B».

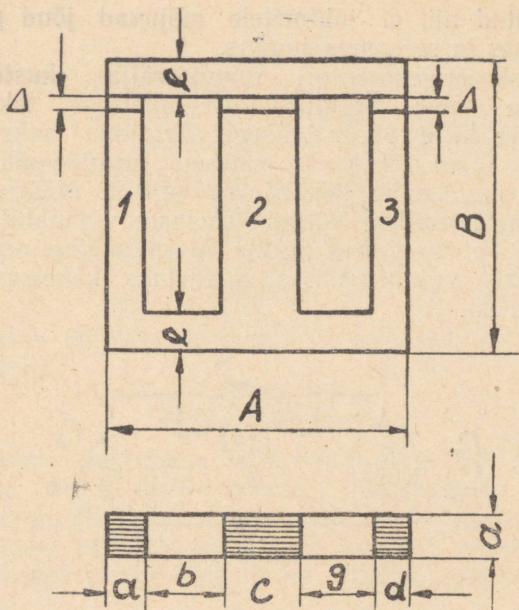


Joonis 8.

5. Kolm juhet on paigutatud nii, nagu näidatud joonisel 8. Määrata juhet 2 ja 3 kinnihoidvatele isolaatoritele mõjuva jõu suurus ja suund, ning kolmejuhtmeline süsteemi poolt tekitatud magnetiline induksioon punktis M , kui $J_1=J_2=1500$ A ja $J_3=750$ A. Isolaatorite vaheline kaugus $l_1=l_2=l_3=25$ m. Voolude suunad ja kõik mõõtmised (mm) on näidatud joonisel 8.

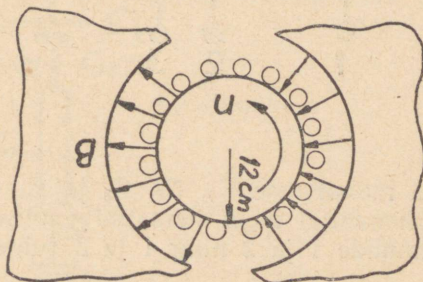
Kontrolltöö nr. 3

1. Elektrotehnilisest lehtterasest \square -kujulise südäimiku keskmisele sambale on asetatud mähis, mis omab 400 keerdu. Määrata mähises voolutugevus, mille juures keskmises sambas tekib magnetiline induksioon 14800 G, kui magnetjuht omab järgmised mõõted: $a=d=50$ mm; $b=g=100$ mm; $c=100$ mm; $l=50$ mm; $A=400$ mm; $B=350$ mm ja õhupilu $\Delta=0,5$ mm.



Joonis 9

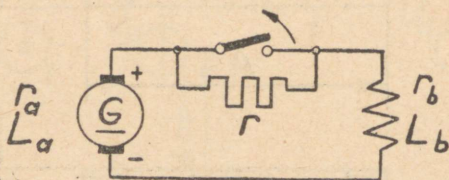
2. Määrata elektrimootori ankrü pöördemoment ja tema poolt arendatav võimsus pöörtearvul $n=1000$ p/min. Ankrümähis koosneb 80 juhtmest, millised paiknevad radiaalses magnetväljas $B=0,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V sek}}{\text{cm}^2} = 8000$ G. Iga juhtme aktiivpikkus on võrdne 20 cm ja juhtme kaugus ankruteljest 12 cm. Igas juhtmes vool tugevusega $J=30$ A



Joonis 10.

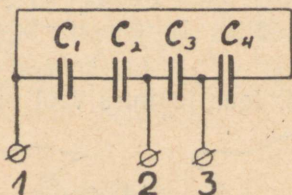
on suunatud nii, et juhtmetele mõjuvad jõud pööravad ankrut ühes ja seesamas suunas.

3. Sünkroongeneraatori magnetvälja «kustutamine» teostatakse tema ergutusmähise ahelasse takistuse r (joonis 11) kiire sisseviimisega. Ergutaja ankrut induktiivsus L_a on 99 korda väiksem ergutusmähise L_b induktiivsusest, mille takistus $r_b = 46\Omega$. Määrata takistuse suurus r , milline lülitub ahelasse vinnaklüliti väljalülitamisel, et seejuures tekkiv maksimaalne omainduktsiooni EMJ ergutusmähises ei ületaks kahekordset tööpinge suurust.



Joonis 11.

4. Tasapinnaline kondensaator peab olema arvestatud läbilöögipingele 80 kV ja mahtuvusega 20 pF. Millist paksust peab omama vilgukivist dielektrik ja kui suur peab olema kummagi kondensaatori plaadi pindala, kui $\epsilon = 6,28$ ja $E_{\text{läbilööök}} = 800 \text{ kV/cm}$.



Joonis 12.

5. Milliste mahtuvuste C_1 , C_2 , C_3 ja C_4 suhte korral, kui nad on ühendatud nagu näidatud joonisel 12, üldine mahtuvus klemmide 1 ja 2 ning 1 ja 3 suhtes tuleb ühesugune?

KONTROLLTÖÖD

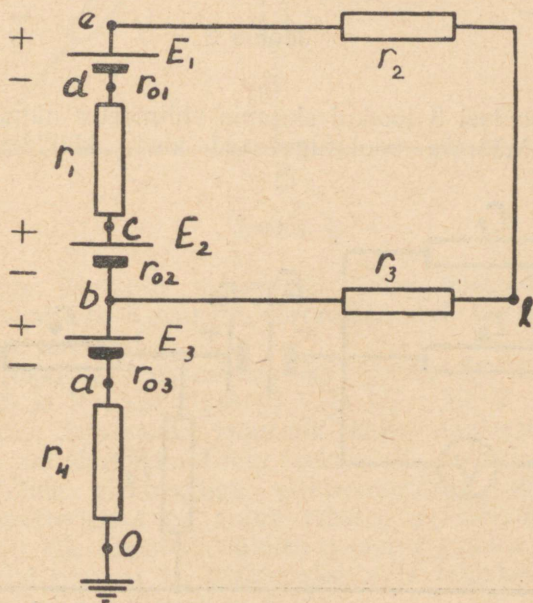
(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

Variant 4

(Teostatakse õpilaste poolt kes omavad arvuga 4 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 1

1. Elektri hõõglamp nimivõimsusega 10 W töötas nimipingel 120 V. Halva kontakti tõttu pistikus rakendus lambile pinge 80 V ja voolutugevus lambis oli 0,1 A. Kui palju soojust eraldub pistikus 1 sekundi jooksul? Mitu korda vähenes lambi hõõgniidist eralduv soojusehulk?

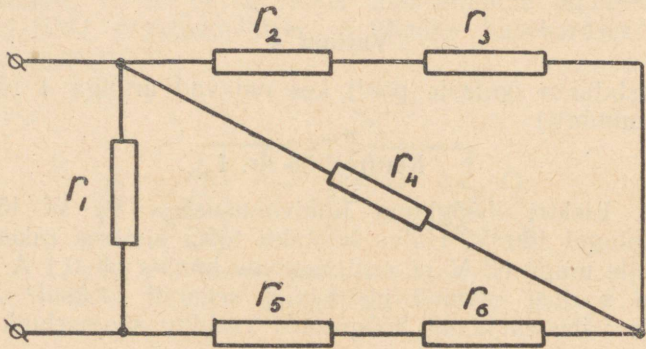


Joonis 1

2. Koostada joonisel nr. 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm, kui $E_1=E_3=24\text{V}$; $E_2=12\text{V}$; $r_1=r_2=18\Omega$; $r_3=10\Omega$; $r_{01}=r_{02}=1\Omega$; $r_4=10\Omega$; $r_{03}=2\Omega$.

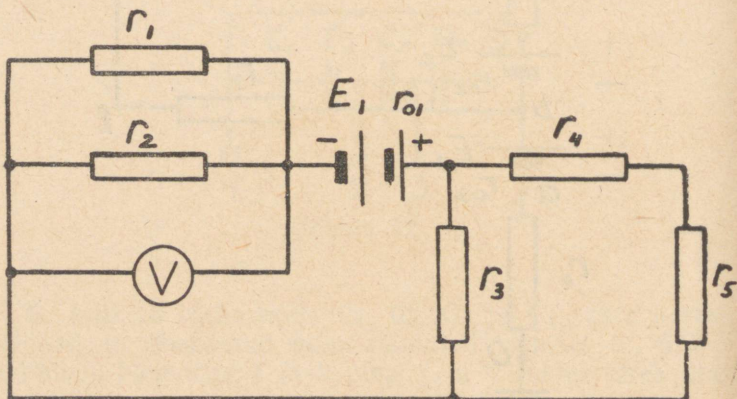
Määrata pinge U_{01} (punktide 0 ja 1 vahel), ning näidata ta diagrammis lõiguna.

3. Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1=18\Omega$; $r_2=3,5\Omega$; $r_3=5,5\Omega$; $r_4=9\Omega$; $r_5=r_6=2,25\Omega$.



Joonis 2.

4. Joonisel 3 toodud skeemis voltmeeter näitab pinget $12,5\text{V}$. Määrata voolutugevused ahela kõikides osades,



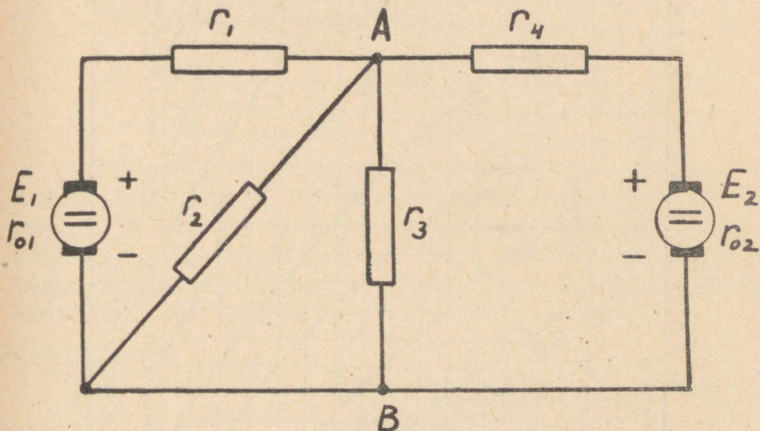
Joonis 3.

voollialika EMJ ja klemmipinge, kui $r_1=10\Omega$; $r_2=20\Omega$; $r_3=34\Omega$; $r_4=20\Omega$; $r_5=48\Omega$; $r_{01}=2\Omega$. Voltmeetri sisetakistust ei arvesta.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel toodud skeemis $E_1=110\text{ V}$; $E_2=120\text{ V}$; $r_{01}=0,8\Omega$; $r_{02}=0,5\Omega$; $r_1=13,5\Omega$; $r_2=10\Omega$; $r_3=20\Omega$; $r_4=9,5\Omega$

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, punktide A ja B vaheline pinge, ning kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.



Joonis 4.

Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: sõlm-pingemeetodil ja Kirchhoffi võrrandite abil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.

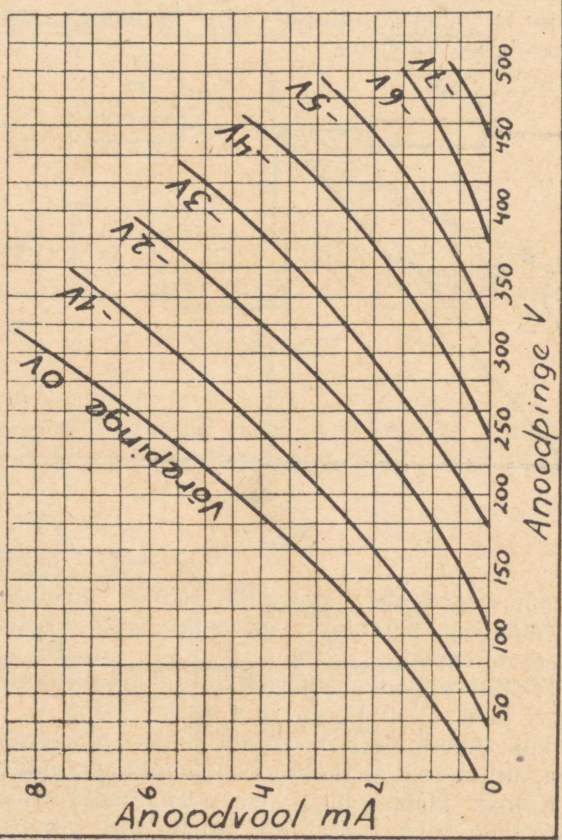
2. Trioodi anoodkarakteristika (joonis 5) järgi määrata μ , S ja R_i , kui $U_g = -1\text{ V}$ ja $U_a = 250\text{ V}$.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaber-karakteristikiat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

3. Kolme elektroodiga elektronlambiga, mille vool-ampere-karakteristika on antud tabelis, on lülitatud takistus $R=80\text{ k}\Omega$. Koostada üldise voolu J graafik sõltuvalt rakendatud pingest U . Elektronlambi ja takistuse lülitusskeem on näidatud joonisel 6.

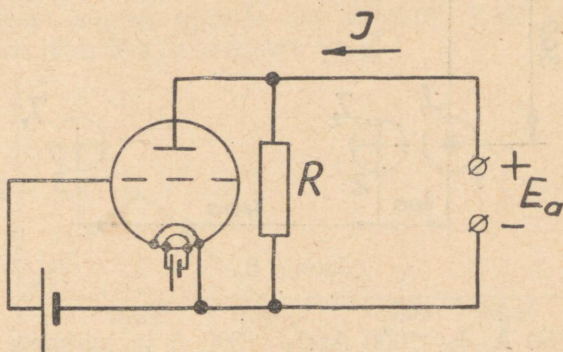
| | | |
|------|-------------------|------|
| MPSS | Kahekordne triood | 6H9C |
|------|-------------------|------|

Anood-karakteristikud



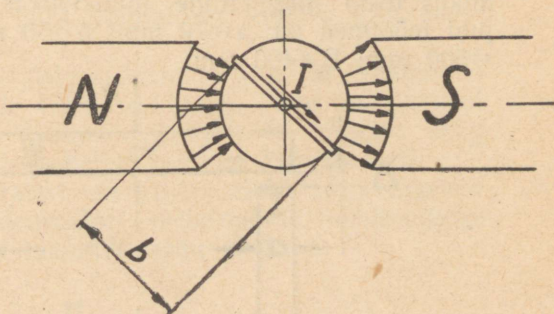
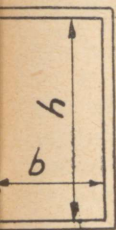
Joonis 5.

| | | | | | |
|---------|-----|------|-----|-----|-----|
| $U(V)$ | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| $J(mA)$ | 0,4 | 1,25 | 2,0 | 3,3 | 4,5 |



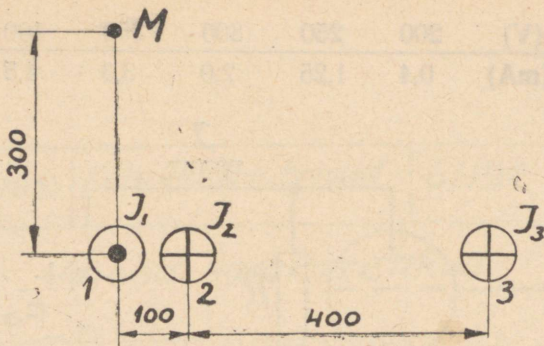
Joonis 6.

4. Magnetilise galvanomeetri raam, mis koosneb 30 keerust, on paigutatud radiaal-magnetvälja mille induktioon 3000 G. Raamis voolutugevuse korral 0,001 A raam pöörduv ligikaudu 90° nurga võrra. Määrata vedru erivastupöördemoment, kui raam omab kõrgust $h=4$ cm ja laiust $b=2$ cm (joonis 7).



Joonis 7.

5. Kolm juhet on paigutatud nii nagu näidatud joonisel 8. Määrata juhet 1 kinnihoidvatele isolaatoritele mõjuva jõu suurus ja suund, ning kolmejuhtmelise süsteemi poolt tekitatud magnetiline induktioon punktis M.

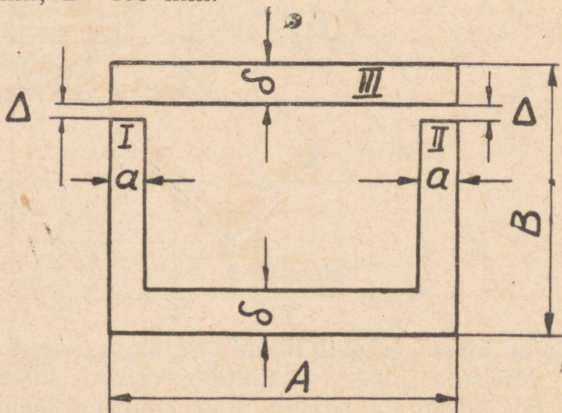


Joonis 8.

kui $J_1=750$ A; $J_2=1000$ A; $J_3=1800$ A ja juhtmete pikkused $l_1=l_2=l_3=10$ m. Voolude suunad ja kõik mõõtmed (mm) on näidatud joonisel.

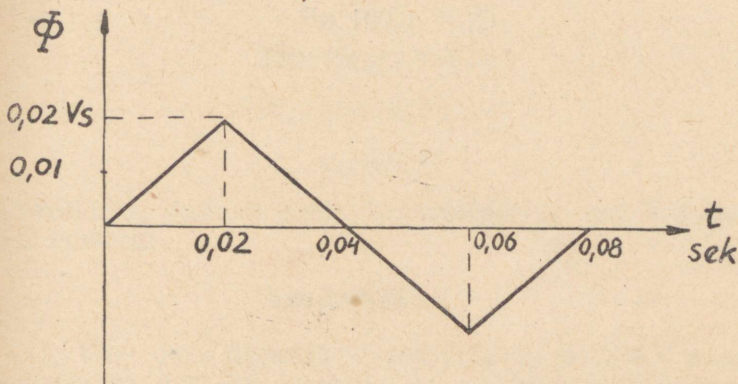
Kontrolltöö nr. 3

1. II-kujuline südamik on koostatud elektrotehnilisest lehtterasest valmistatud 200 lehest, lehepaksuse juures 0,35 mm. Joonisel 9 on näidatud südamiku kuju ja mõõtmed. Määrata magnetimise ergutus, mille juures I südamikus tekib magnetiline induksioon 12000 G. Magnetjuhi mõõtmed on: $a=70$ mm; $\delta=50$ mm; $\Delta=1$ mm; $A=500$ mm; $B=400$ mm.



Joonis 9.

2. Tasapinnalises mähises, keerdude arvuga $w=120$, muutub magnetvoog graafiku (joonis 10) kohaselt. Ehitada mähises indutseeritud EMJ graafik, kui muutuva magnetvoo suurim väärtus on $\Phi=0,02$ V sek ja igit keerdu aheldab üks ja seesama voog.



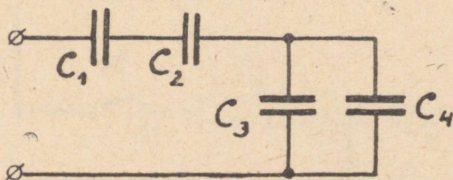
Joonis 10.

3. Kahe mähise, millele induktiivsused 1 ja 0,25 H, sidestustegur on võrdne 0,5. Voolutugevus esimeses mähises on 10 A ja teises 20 A.

Määrata mähiste kaks võimalikku magnetvälja energia suurust.

4. Tasapinnaline õhkkondensaator, mille mahtuvus 400 pF ja elektrodide vaheline kaugus 1 cm on lülitatud pingele 3 kV. Peale laadimist lülitati ta võrgust ning vähendati elektrodide vahelist kaugust kahekordselt.

Määrata kondensaatori energia ja elektrivälja tugevus enne ja peale kondensaatori elektrodide vahekauguse muutmist, oletades et laengute kadu ei esine.



Joonis 11.

5. Määrata joonisel 11 näidatud ühenduse üldine mahtuvus,

$$C_1 = 5000 \text{ pF}$$

$$C_2 = 10^4 \text{ pF}$$

$$C_3 = 0,004 \text{ } \mu\text{F}$$

$$C_4 = 0,001 \text{ } \mu\text{F}$$

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

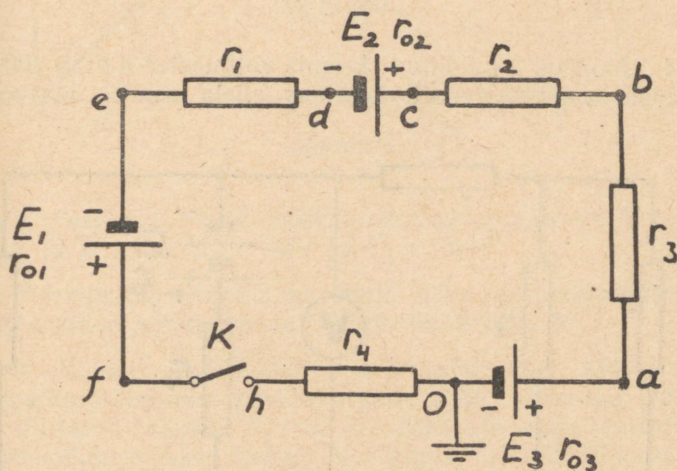
Variant 5

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 5 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 1

1. Liin, mis ühendab tarbijaid pingega 220 V ning võimsusega 4,84 kW-jaamaga, on teostatud vaskjuhtmetest ristlõikega 10 mm² ja omab pikkust 40 m. Määrata pinge jaamas (liini alguses), võimsuse kadu juhtmetes ja, liini kasutegur. Vase eritakistus võtta tabelist.

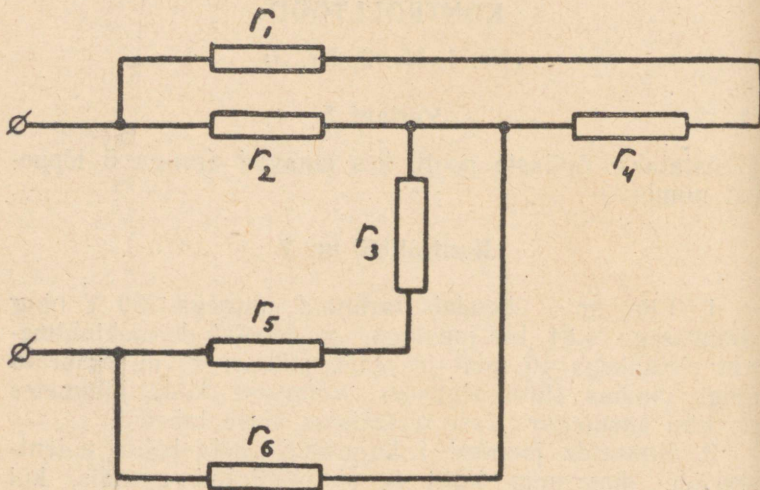
2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm lüliti K sisselülitatud asendis, kui



Joonis 1

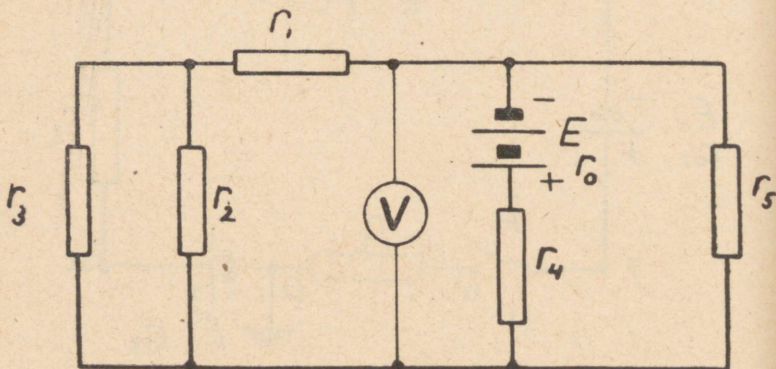
$E_1=E_2=12\text{ V}$; $E_3=30\text{ V}$; $r_1=r_2=9\Omega$; $r_3=r_4=20\Omega$; $r_{01}=r_{02}=0$; $r_{03}=2\Omega$. Määrata punktide O ja b vaheline pinge U_{ob} , ning näidata ta diagrammis lõiguna. Koostada ahela osa oabcd kohta potentsiaalide diagramm kui lüliti K on väljalülitatud asendis.

Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1=4\Omega$; $r_2=12\Omega$; $r_3=6,5\Omega$; $r_4=8\Omega$; $r_5=3,5\Omega$; $r_6=40\Omega$.



Joonis 2.

4. Joonisel 3 näidatud skeemis voltmeeter näitab 100 V. Määrata voolutugevused kõikides ahela osades ja voolu-



Joonis 3.

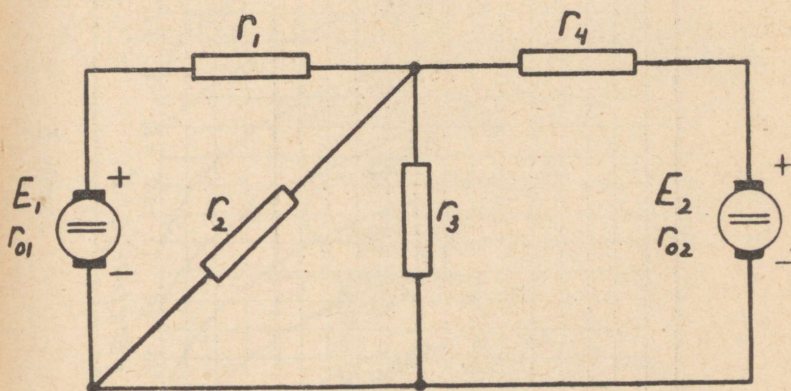
allika EMJ, kui $r_1=143,3\Omega$; $r_2=120\Omega$; $r_0=2\Omega$; $r_3=60\Omega$; $r_4=15\Omega$; $r_5=275\Omega$. Voltmeetri takistus jätta arvestamata.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel 4 toodud skeemis, $E_1=E_2=105\text{ V}$; $r_1=r_4=9,3\Omega$; $r_{01}=r_{02}=0,7\Omega$; $r_2=r_3=28\Omega$.

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, punktide A ja B vaheline pinge ning kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.

Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: Kirchhoffi seaduste abil ja sõlmpinge meetodil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.



Joonis 4.

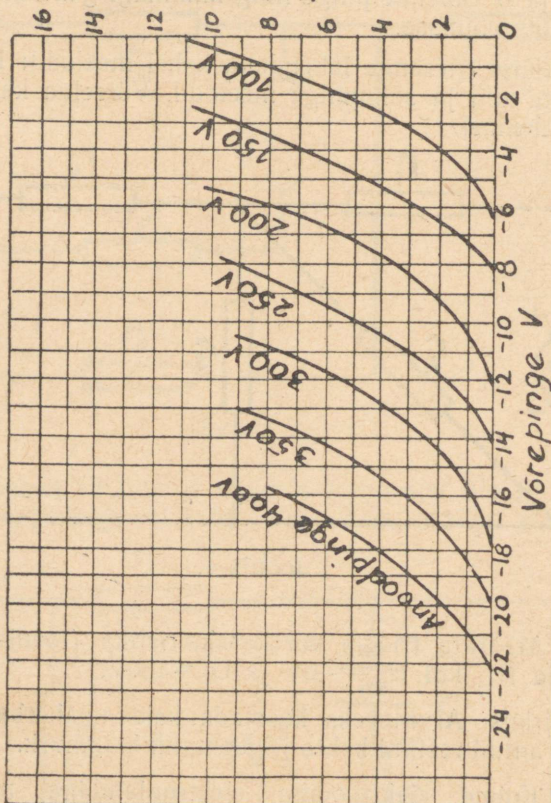
2. Määrata trioodi võrekarakteristika (joonis 5) järgi μ , S ja R_i , kui $U_g = -6\text{ V}$ ja $U_a = 150\text{ V}$.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberkarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

3. Kolme elektroodiga elektronlambiga, mille vool-amperekarakteristika (anoodkarakteristika) on antud tabelis, on lülitatud takistus $R_a = 80\text{ k}\Omega$. Määrata lambi anoodvool ja anoodahela takistusel R_a olev pinge, kui toiteallika pinge $E_a = 400\text{ V}$. Lambi ja takistuse ühendusskeem on näidatud joonisel 6.

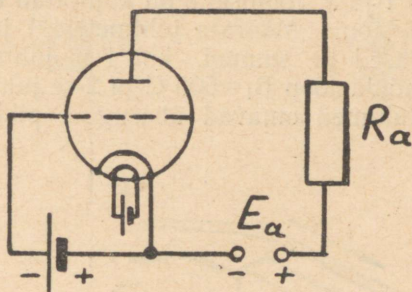
MPSS Kahekordne triood 6H8C

Tüüp anood-võre karakteristika
 (kõikidele trioodidele)
 Küttepinge 6,3V
 Anoodvool mA



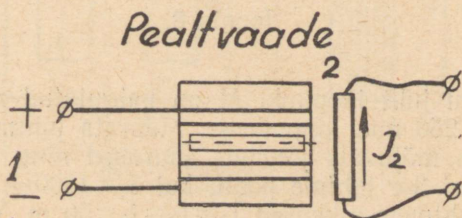
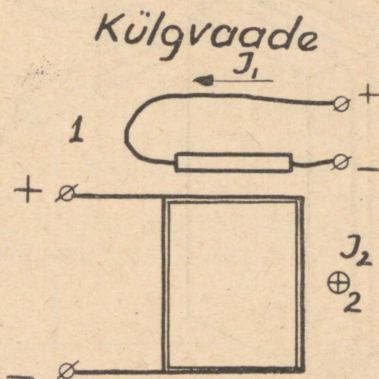
Joonis 5.

| | | | | |
|-------|------|------|------|-----|
| U (V) | 250 | 300 | 350 | 400 |
| J(mA) | 0,25 | 0,75 | 1,75 | 2,6 |



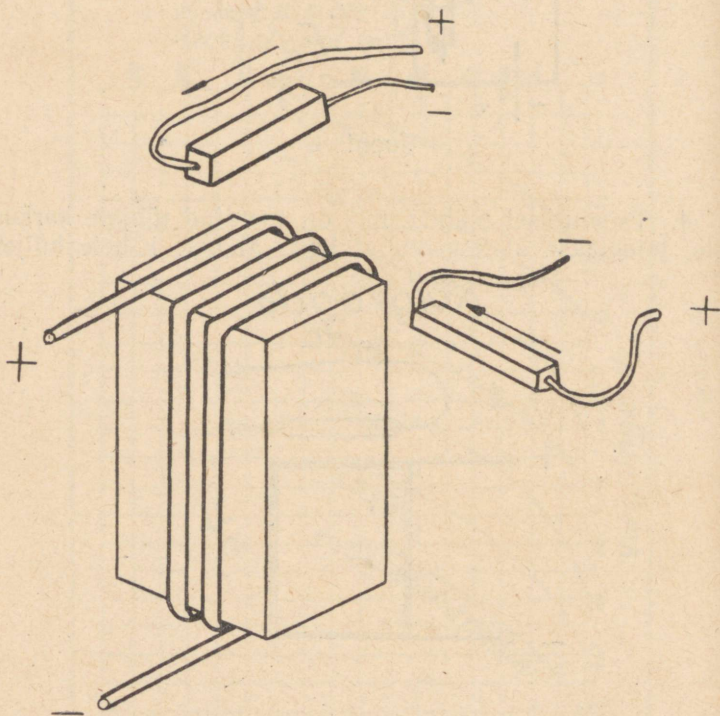
Joonis 6

4. Täisnurkset mähist, mis on asetatud tühjale karkasile, toidetakse alalisvoolu allikast. Mähise kahele küljele



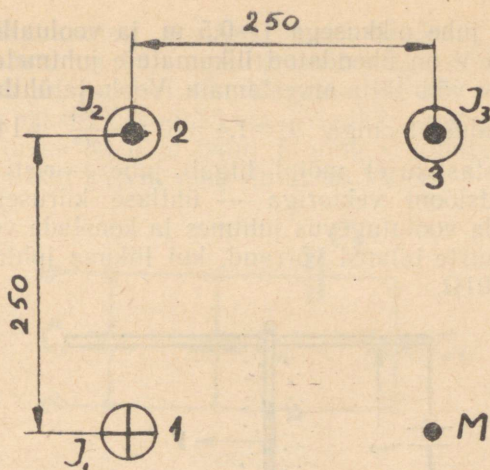
Joonis 7.

on asetatud juhtmed vooluga $J_1=J_2=200$ A. Joonisel 7 on näidatud mähise toiteallika polaarsus, ning voolude suunad juhtmetes 1 ja 2. Joonisel 8 on kujutatud aksonomeetriselt seesama joonis. Määrata juhtmetele 1 ja 2 mõjuvate jõudude suurused ja suunad, kui 1-se juhtme asukohas magnetiline induksioon $B_1=500$ G ja 2-se juhtme asukohas $B_2=200$ G. Juhtmed omavad ühesugust pikkust $l_1=l_2=100$ mm.



Joonis 8.

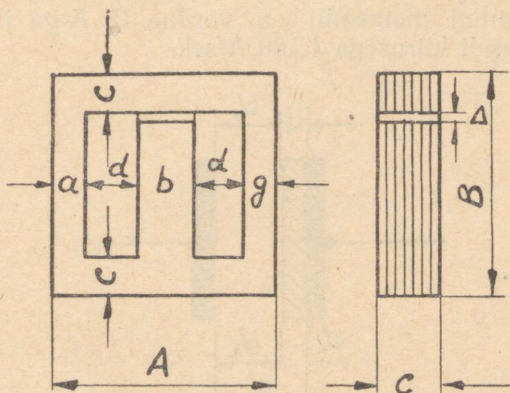
5. Kolm juht ja punkt M on paigutatud ruudu, küljepikkusega 250 mm, tippudesse. Määrata juhtmetele 2 ja 3 vastastikku mõjuvate jõudude suurused ning suunad, mis on tekitatud 3-e juhtme poolt, kui $J_1=1800$ A ja $J_2=J_3=1200$ A. Juhtmete pikkused $l_1=l_2=l_3=50$ m. Voolude suunad on näidatud joonisel 9



Joonis 9.

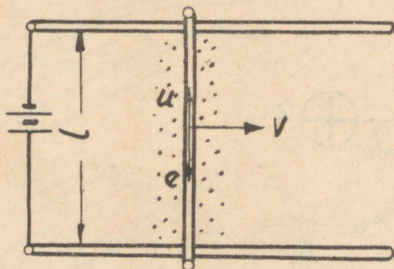
Kontrolltöö nr. 3

1. Elektrotehnilisest terasest M-kujulisele südamikule, mis on näidatud joonisel 10, on keskmisele sambale asetatud mähis. Määrata voolutugevus mähises, milline tekitab keskmises sambas magnetilise induksiooni 16 000 G, kui mähise keerdude arv on $w=600$ ja magnetjuhi mõõtmed: $a=g=60$ mm, $b=100$ mm, $d=120$ mm, $c=60$ mm, $k=240$ mm, $A=460$ mm, $B=360$ mm ja $\Delta=0,5$ mm.



Joonis 10.

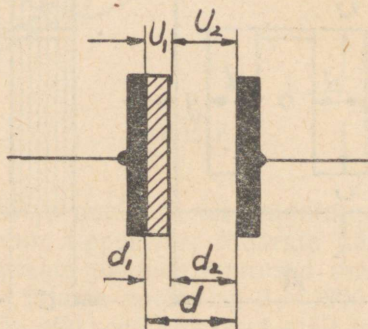
2. Sirge juhe pikkusega $l=0,5$ m, ja vooluallikas pingega $U=0,5$ V on ühendatud liikumatute juhtmetega, mille takistust võib jätta arvestamata. Voolu ja ühtlase magnetvälja, induksiooniga $B=1,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Vsek}}{\text{cm}^2} = 14\,000$ G, jõudude vastastikusel mõjul liigub juhe — risti magnetvälja induksiooni vektoriga — ühtlase kiirusega $v=50$ cm/sek. Leida voolutugevus juhtmes ja koostada vooluringi kohta võimsuste bilansi võrrand, kui liikuva juhtme takistus on $r=0,01\Omega$.



Joonis 11.

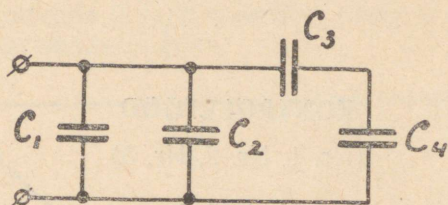
Magnetilise induksiooni voo suund on näidatud joonisel 11 punktidega (joonest välja).

3. Leida pinge mähise klemmidel, mis omab aktiivtakistust $r=8\Omega$ ja induktiivsust $L=0,06$ H, kui voolutugevus mähises antud momendil on võrdne 15 A-ga ja kasvab edasi ühtlaselt kiirusega 1 100 A/sek.



Joonis 12.

4. Tasapinnalise kondensaatori dielektrik, kummagi plaadi pindala on $31,4 \text{ cm}^2$, koosneb vilgukivist ja õhust, nagu näidatud joonisel 12. Vilgukivi paksus $d_1 = 0,2 \text{ cm}$ ja õhukihi paksus $d_2 = 0,33 \text{ cm}$. Vilgukivi suhteline dielektriline läbitavus on 6 ja õhtul 1, ning vilgukivi elektriline tugevus on 800 kV/cm ning õhtul 30 kV/cm .



Joonis 13.

Määrata kondensaatori mahtuvus ja piirpinge, millele võib kondensaatorit lülitada.

5. Määrata joonisel 13 näidatud ühenduse üldine mahtuvus, kui $C_1 = 0,6 \mu\text{F}$, $C_2 = 3 \cdot 10^5 \text{ pF}$ ja $C_3 = C_4 = 2 \cdot 10^5 \text{ pF}$.

KONTROLLTÖÖD

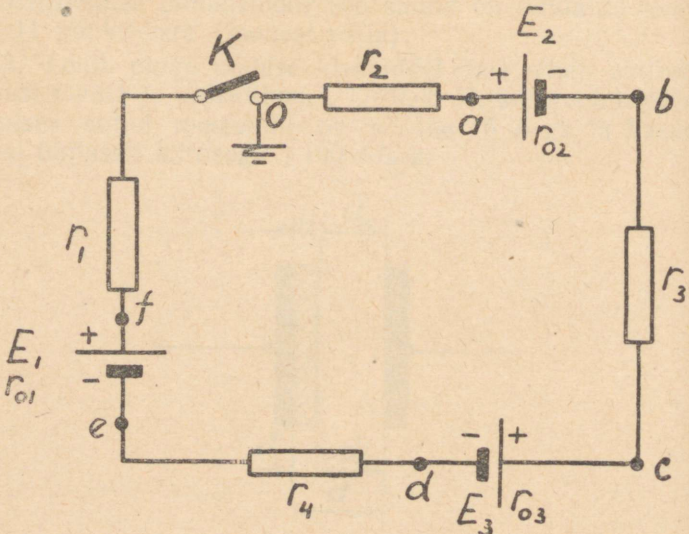
(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

Variant 6.

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 6 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö Nr. 1

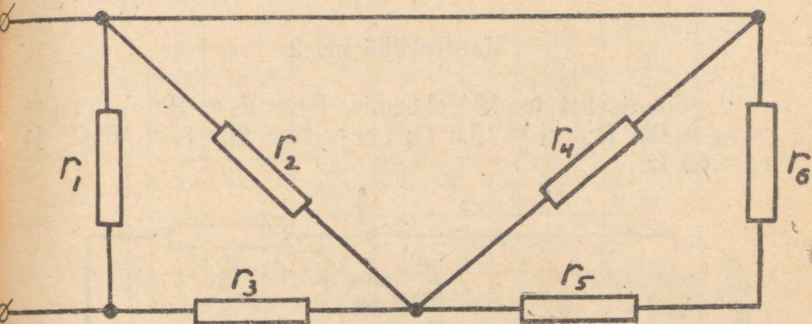
1. Tarbija, võimsusega 12,5 kW saab pingel 127 v toite generaatorist kahesoonelise 10 m pikkuse kaabli kaudu. Pinge tarbijal ei tohi olla väiksem 125 V-st. Mää-



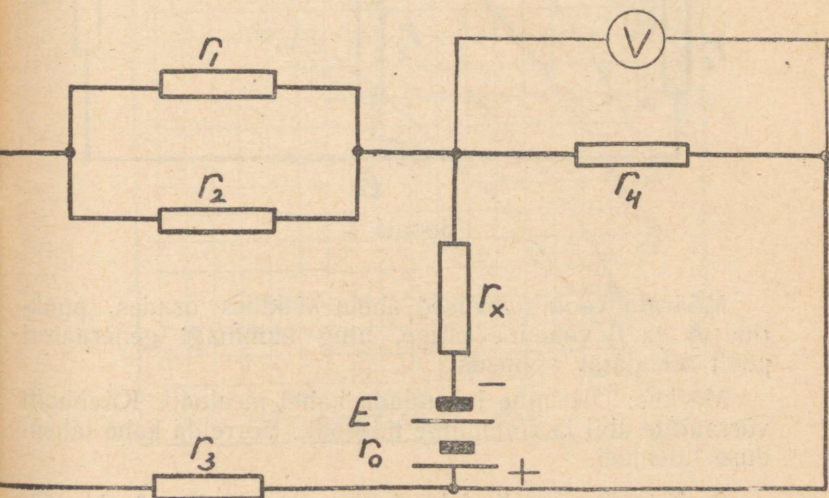
Joonis 1.

rata kaabli vasksoonte diameeter, võimsuse kadu kaablis, generaatori poolt ööpäevas toodetud elektrienergia ja toodetud elektrienergia maksumus, kui 1 kWh energiat maksab 40 kop.

2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm, kui $E_1 = 6 \text{ V}$; $E_2 = E_3 = 12 \text{ V}$; $r_1 = r_2 = 7,5 \ \Omega$; $r_3 = r_4 = 13 \ \Omega$; $r_{02} = r_{03} = 2 \ \Omega$ ja $r_{01} = 0$. Määrata punktide 0 ja b vaheline pinge U_{ob} , ning näidata ta diagrammis lõiguna.



Joonis 2.



Joonis 3.

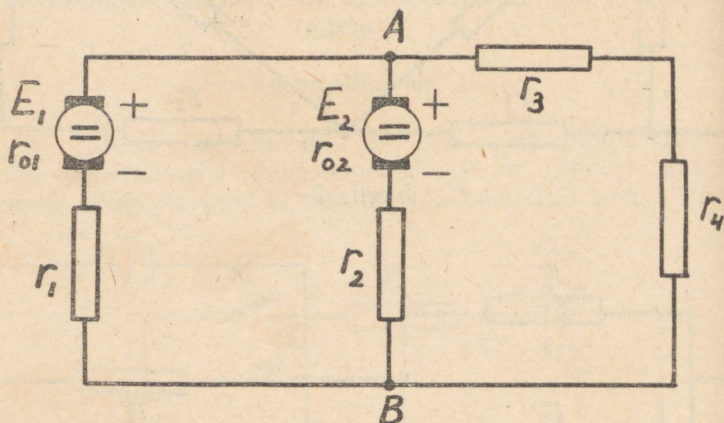
Koostada ahela osa oaabcd kohta potentsiaalide diagramm avatud lüliti K korral.

3. Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1 = r_4 = 60 \Omega$; $r_2 = r_5 = 40 \Omega$; $r_3 = 10 \Omega$; $r_6 = 80 \Omega$.

4. Joonisel 3 näidatud skeemis voltmeeter näitab 110 V. Määrata takistuse r_x suurus ja voolutugevused ahela kõikides osades, kui voolu allika EMJ suurus on $E = 127 \text{ V}$ $r_1 = 120 \Omega$; $r_2 = 60 \Omega$; $r_3 = 143,8 \Omega$; $r_4 = 275 \Omega$; $r_0 = 2 \Omega$. Voltmeetri sisetakistust ei arvesta.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel 4 toodud skeemis $E_1 = E_2 = 120 \text{ V}$; $r_{01} = r_{02} = 0,5 \Omega$; $r_1 = 13,8 \Omega$; $r_2 = 19,5 \Omega$; $r_3 = 15 \Omega$ ja $r_4 = 65 \Omega$.



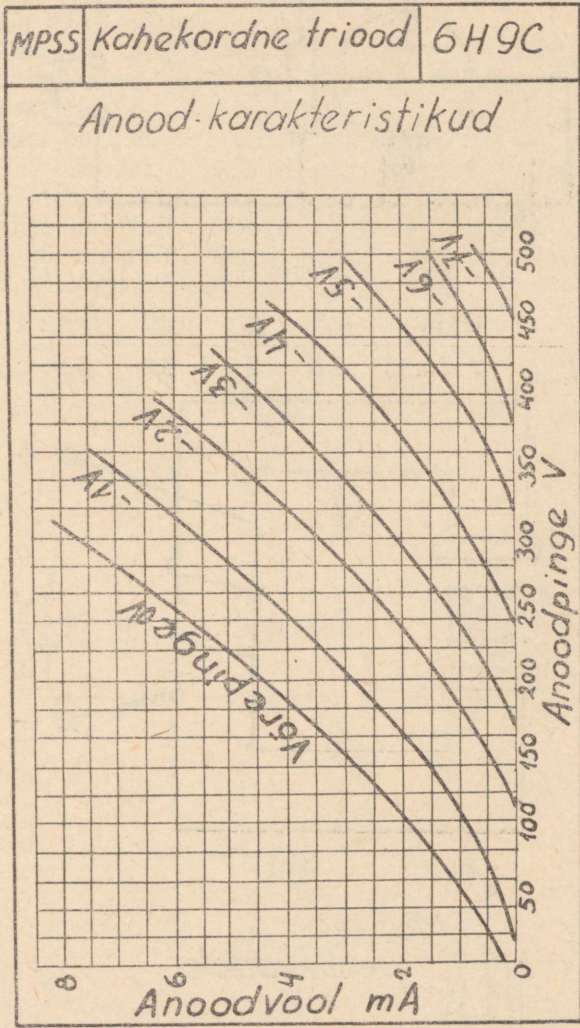
Joonis 4.

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, punktide A ja B vaheline pinge, ning kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.

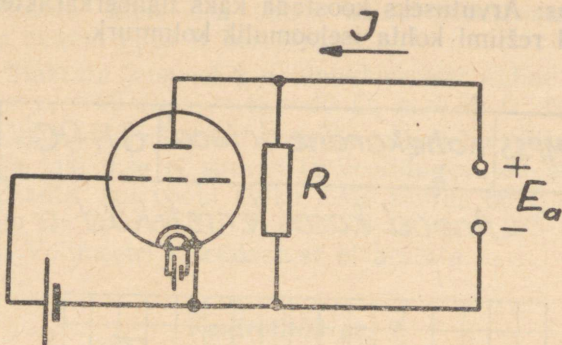
Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: Kirchhoffi võrrandite abil ja sõlmpinge meetodil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.

2. Trioodi anoodkarakteristika (joonis 5) järgi määrata μS ja R_i , kui $U_g = -3 \text{ V}$ ning $U_a = 250 \text{ V}$.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberkarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

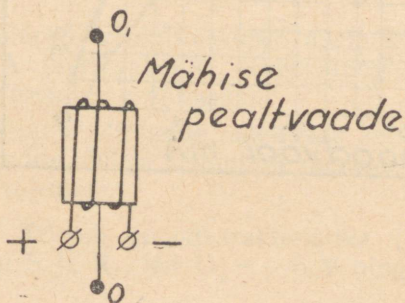
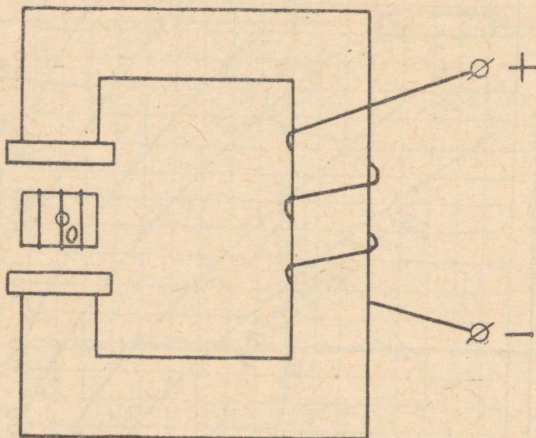


Joonis 5.



Joonis 6.

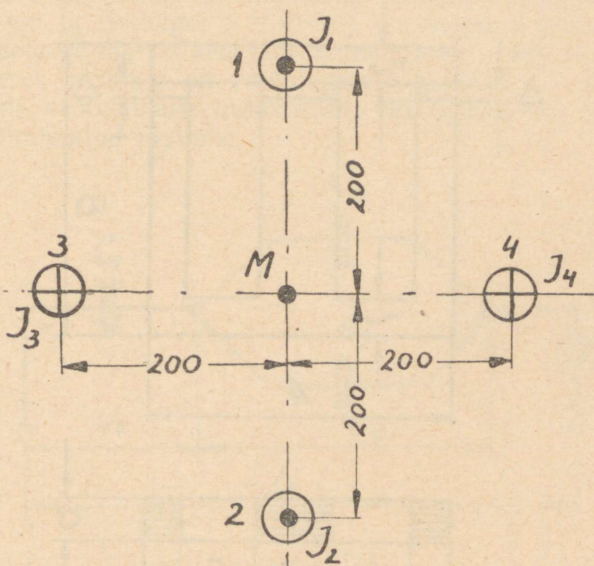
| | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| U (V) | 100 | 150 | 200 | 300 |
| J (mA) | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5,5 |



Joonis 7.

3. Kolme elektrodiga elektronlambiga, mille vool-ampere-karakteristika on antud tabelis, on lülitatud takistus $R = 60 \text{ k}\Omega$. Koostada üldise voolu J graafik sõltuvalt rakendatud pingest U . Elektronlambi ja takistuse lülitusskeem on näidatud joonisel 6.

4. Terasest magnetjuhile asetatud magnetiseerimise mähist toidetakse alalisvoolu allikast, kusjuures vooluallika polaarsus on näidatud joonisel 7. Magnetjuhi õhuvahemikku on asetatud teljele 00_1 liikuv mähis. Joonisel 7 on eraldi antud liikuva mähise pealtvaade ja näidata mähist toitva vooluallika polaarsus. Näidata magnetilise induksiooni suund liikuvast mähises ja magnetjuhis ja määrata liikuva mähise pöördumise suund. Näidata missuguse lõppasendi võtab mähis.



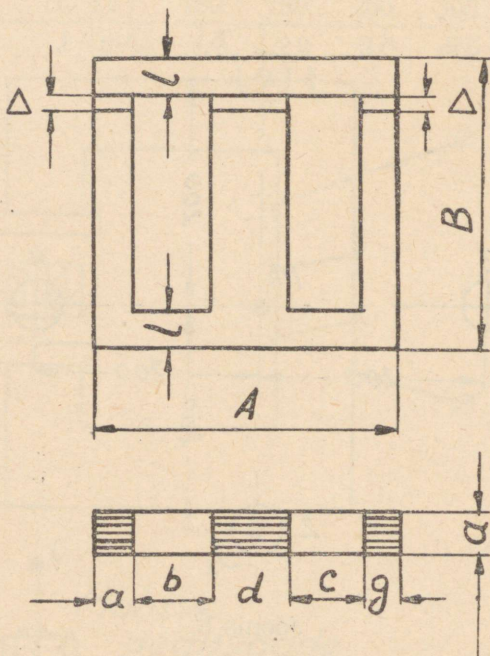
Joonis 8.

5. Neli juhet on paigutatud nii nagu joonisel 8 näidatud. Määrata juhtmetele 1 ja 2 vastastikku mõjuva jõu suurus, juhtme 1 m pikkuse kohta, ja suund — ning resulteeriva magnetilise induksiooni suurus punktis M mis

on loodud 4-ja juhtme poolt, kui $J_1 = 1200$ A; $J_2 = 600$ A; $J_3 = J_4 = 750$ A. Voolude suunad ja mõõdud on näidatud joonisel 8.

Kontrolltöö Nr. 3

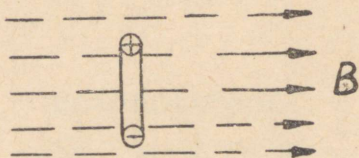
1. Elektrotehnilisest terasest III -kujulise südamikuga keskmisele sambale on paigutatud mähis, mis omab 800 keerdu. Määrata voolutugevus mähises, mille juures tekib 1 sambas magnetiline induktsioon suurusega 12000 G, kui magnetjuht omab järgmised mõõtmed: $a = g = 75$ mm; $b = c = 150$ mm; $d = 120$ mm; $l = 60$ mm; $A = 570$ mm; $B = 520$ mm; õhupilu $\Delta = 1$ mm.



Joonis 9.

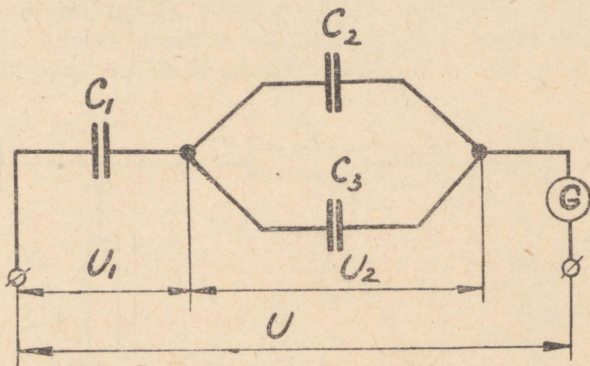
2. Ühtlasesse magnetvälja paigutatud mähise keerd võtab magnetväljas asendi, nagu joonisel 10 on näidatud.

Algasendist mähise keerd pöörduv 180° nurga võrra. Määrata sooritatud töö, kui $J = 20 \text{ A}$, $B = 5000 \text{ G}$ ja keeru poolt haaratud pindala on $S = 200 \text{ cm}^2$. Millega võrdub töö, kui mähise keerd teeb täispöörde (360°)?



Joonis 10.

3. Rõngasmähisele, mis omab keskmist pikkust $l_k = 27 \text{ cm}$ ja ristlõiget $S = 4 \text{ cm}^2$, on asetatud kaks ühtlaselt jaotatud mähist keerdude arvudega $w_1 = 400$ ja $w_2 = 250$. Esimeses mähises on voolutugevus $J_1 = 1,2 \text{ A}$. Määrata mähiste vastastikune induktiivsus. Rõngasmähise südamik on valmistatud malmist.



Joonis 11.

4. Joonisel 11 näidatud ahelas kulonimeetriga mõõdetud elektrihulk on võrdne $Q = 6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$, kui ahel on lülitatud pingele $U = 200 \text{ V}$. Esimese kondensaatori mahtuvus $C_1 = 4 \mu\text{F}$ ja teise kondensaatori mahtuvus $C_2 = 8 \mu\text{F}$. Määrata kolmanda kondensaatori mahtuvus ja iga kondensaatori elektrivälja energia.

5. Kolm kondensaatorit on lülitatud paralleelselt. Iga kondensaatori mahtuvus on $2 \mu\text{F}$. Millist mahtuvust peab omama järjestikku lülitusel iga kondensaator kolmest kondensaatorist, et nende üldine mahtuvus oleks võrdne ülal nimetatud kondensaatorite paralleellülitusega.



KONTROLLTÖÖD

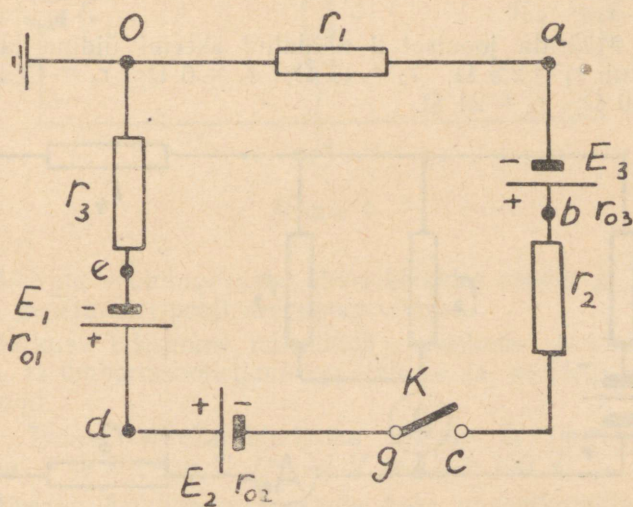
(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

Variant 7

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 7 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 1

1. Kahe juhtmeline 1,5 km pikkune liin on ehitatud vaskjuhtmetega. Iga juhtme takistus on $17,6 \Omega$. Määrata juhtme diameeter ja ristlõige, ning samuti energia kadu liinis ja aastas eralduv soojusehulk, kui aasta keskmine voolutugevus on 35 A ja töötundide arv aastas on 3800.

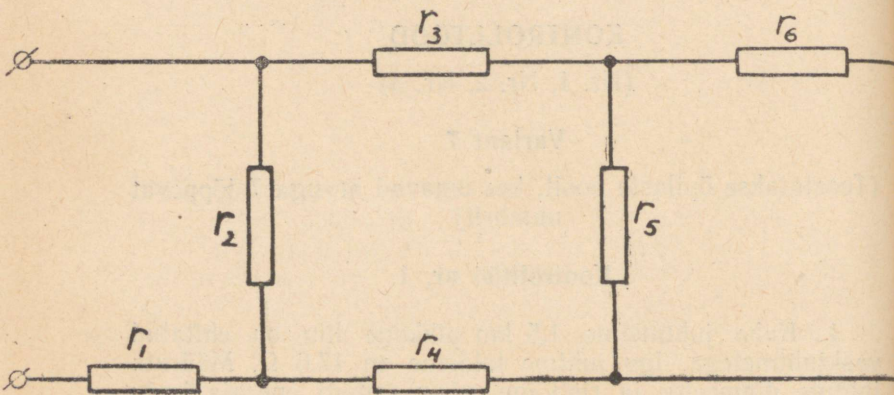


Joonis 1.

2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm, kui $E_1 = 48 \text{ V}$; $E_2 = E_3 = 30 \text{ V}$; $r_1 = r_2 = 6 \ \Omega$; $r_3 = 14 \ \Omega$; $r_{01} = 2 \ \Omega$; $r_{02} = r_{03} = 1 \ \Omega$.

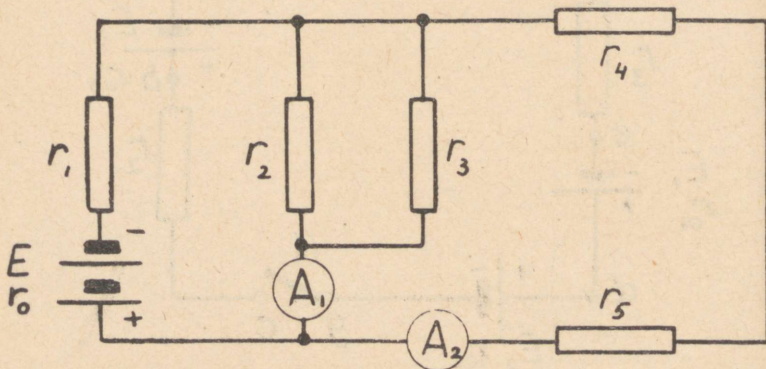
Määrata punktide a ja b vaheline pinge U_{ab} , ning näidata ta diagrammis lõiguna.

Koostada potentsiaalide diagramm ahela osa oedg kohta lüliti K avatud olukorras.



Joonis 2.

3. Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1 = 2,5 \ \Omega$; $r_2 = 45 \ \Omega$; $r_3 = 6 \ \Omega$; $r_4 = 13,3 \ \Omega$; $r_5 = 60 \ \Omega$; $r_6 = 24 \ \Omega$.

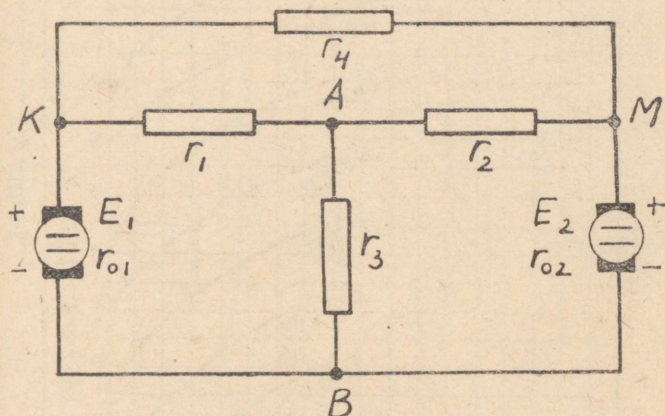


Joonis 3.

4. Joonisel 3 toodud skeemis, ampermeetrid A_1 ja A_2 näitavad vastavalt voolutugevusi 1,1 A ja 0,5 A. Määrata voolutugevused ahela kõikides osades ja vooluallika sisetakistus, kui vooluallika $E = 30$ V; $r_1 = 3$ Ω ; $r_2 = 30$ Ω ; $r_3 = 80$ Ω ; $r_4 = 20$ Ω ; $r_5 = 28$ Ω . Ampermeetrite sisetakistust ei arvesta.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel 4 toodud skeemis $E_1 = E_2 = 110$ V;
 $r_{01} = r_{02} = 1$ Ω ;
 $r_1 = r_2 = 10$ Ω
 $r_3 = r_4 = 30$ Ω .



Joonis 4.

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades ja kumagi generaatori poolt arendatav võimsus.

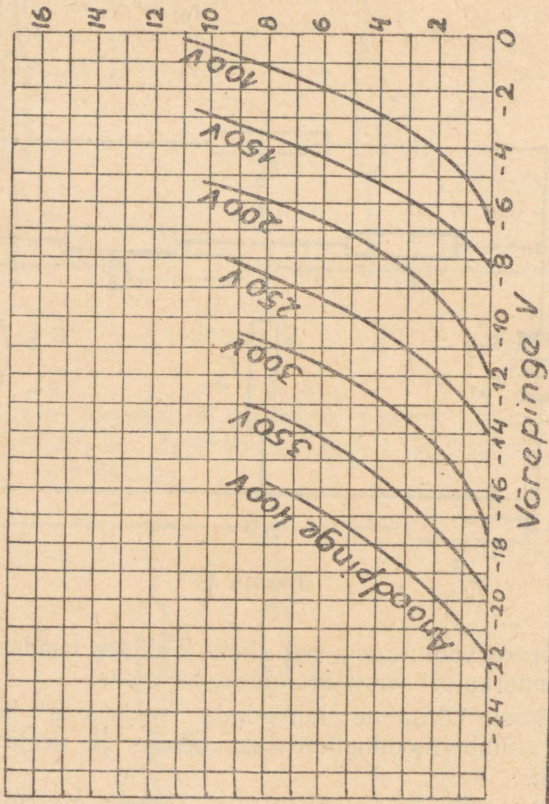
Märkus: Ülesanne lahendada takistuste kolmnurga r_1 , r_2 , r_4 ümbermoodustamisega täheks ja seejärgi muul meetodil.

2. Trioodi võrekarakteristika (joonis 5) järgi määrata μ , S ja R_i , kui $U_g = -7$ V ja $U_a = 150$ V.

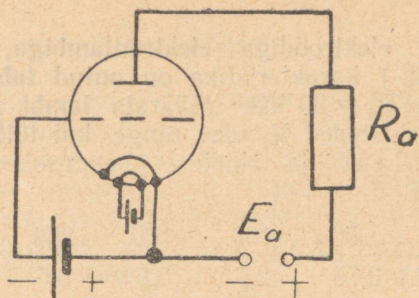
Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberkarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

MPSS Kahekordne triood 6H8C

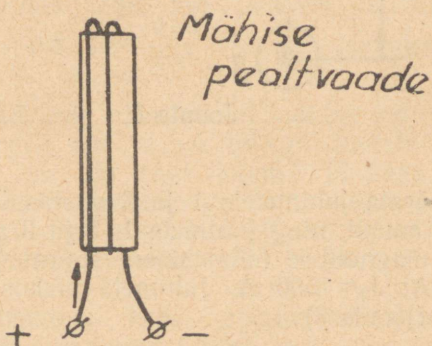
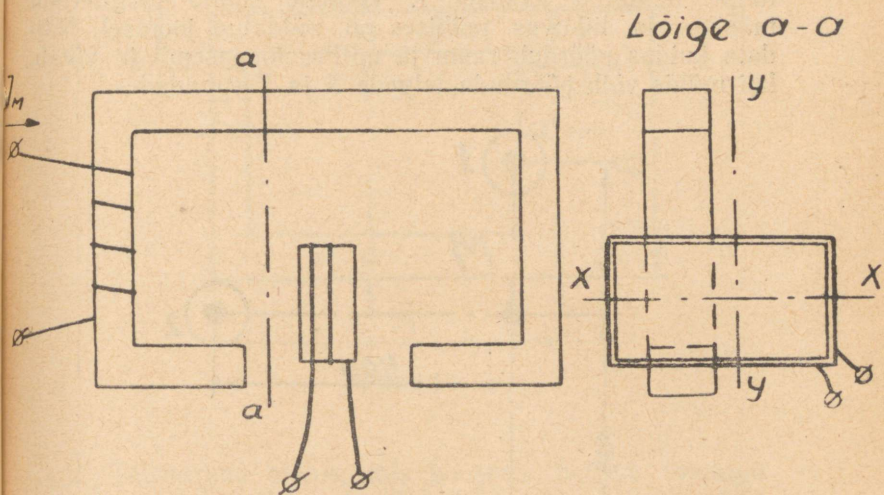
Tüüp anood-võre karakteristika
 (kõikidele trioodidele)
 Küttepinge 6,3V
 Anoodvool mA



Joonis 5.



Joonis 6.

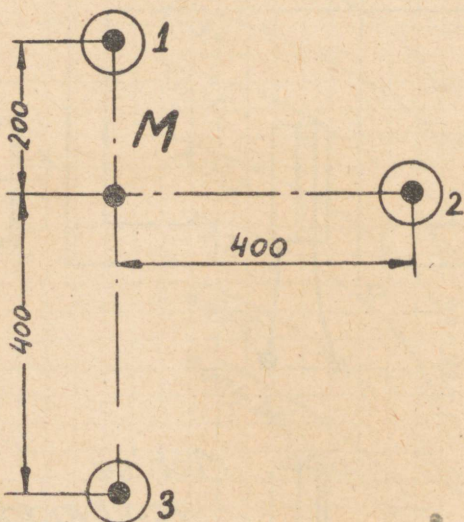


Joonis 7.

3. Kolme elektroodiga elektronlambiga, mille volt-
 amper-(anoodi-) karakteristika on antud tabelis, on lüli-
 tatud takistus $R_a = 30 \text{ k}\Omega$. Määrata lambi anoodvool ja
 anoodahela takistused R_a olev pinge, kui toiteallika pinge
 $E_a = 240 \text{ V}$. Lambi ja takistuse ühendusskeem on näida-
 tud joonisel 6.

| U(V) | 50 | 100 | 150 | 250 | 300 |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|
| J(mA) | 0,75 | 2,0 | 3,5 | 6,5 | 8,0 |

4. Liikuv mähis asetseb magnetjuhi õhuvahemikus nii,
 nagu näidatud joonisel 7. Voolude suund magnetjuhi
 mähises ja liikuvas mähises on näidatud joonisel. Näi-
 data kuidas pöörduv raam ja millise lõppasendi ta võtab,
 kui mähis võib pöörduda telgede X ja Y suundades.

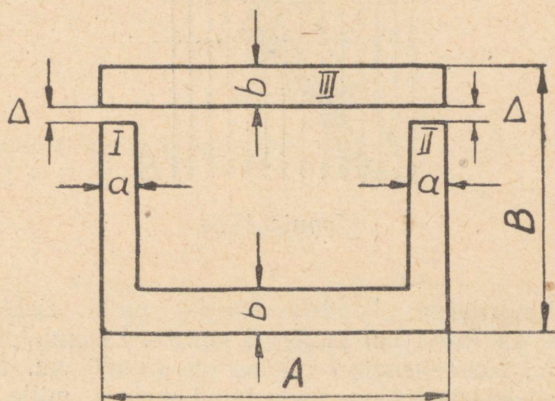


Joonis 8.

5. Määrata juhtmetele 1 ja 2 vastastikku mõjuva jõu
 suurus ja suund, ning juhtmete 1, 2 ja 3 poolt punktis M
 tekitatud magnetilise induktsiooni suurus, kui $J_1 = 750 \text{ A}$;
 $J_2 = 1000 \text{ A}$; $J_3 = 1500 \text{ A}$. Juhtmete pikkused $l_1 = l_2 = l_3 =$
 $= 20 \text{ mm}$ (joonis 8).

Kontrolltöö nr. 3

1. II-kujuline südamik on koostatud elektrotehnilisest lehtterasest valmistatud 100 lehest, lehe paksuse juures 0,5 mm. Joonisel 9 on näidatud südamiku kuju ja mõõtmed. Määrata magnetimise ergutus, mille juures II südamikus tekib magnetiline induktsioon 16 000 G. Magnetjuhi mõõtmed on: $a=60$ mm; $b=80$ mm; $\Delta=0,5$ mm; $A=400$ mm; $B=400$ mm.



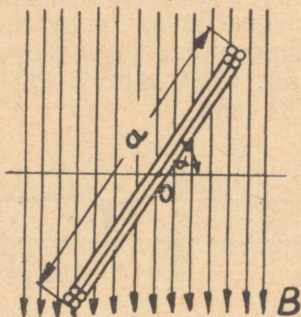
Joonis 9.

2. Täisnurkne mähis, mis koosneb neljast ühesugusest peenest traadist valmistatud keerust, pöörleb ühtlases magnetväljas — konstantse nurkkiirusega $\omega=314$ radiaani/sek — ümber telje, mis paikneb risti magnetilise induktsiooni $B=0,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{V}_{\text{sek}}}{\text{cm}^2}$ vektori suunaga (joonis 10).

Mähise küljed, mis paralleelsed joonise pinnaga, omavad pikkust $a=16$ cm ja on teljega jaotatud pooleks. Mähise küljed, mis on risti joonise pinnaga, omavad pikkust $b=32$ cm. Määrata magnetvoo Φ suurus ja indutseeritud EMJ suurused nurkade $\alpha=0^\circ; 45^\circ; 90^\circ; 180^\circ$ kohta. Saadud andmete põhjal joonestada kõverad $\Phi(\alpha)$ ja $i(\alpha)$.

3. Transformaatori kahe mähise sidestustegur on võrdne 0,95. Ühes mähises voolab vool, mis kasvab kii-

rusega 200 A/sek, mille juures teises mähises indutseerub $E_M = 0,26$ V. Määrata teise mähise induktiivsus, kui esimene mähis omab induktiivsust $L_1 = 1$ mH.



Joonis 10.

4. Silindrilisele kondensaatorile, mille elektrootide raadiused on $R_1 = 1$ cm ja $R_2 = 8$ cm, on rakendatud pinge $U = 60$ kV. Kondensaatori pikkus on $l = 100$ cm. Kondensaatori dielektrikuks on immutatud paber, mille elektriline tugevus $E_{np} = 120$ kV/cm ja dielektriline läbitavus $\epsilon_r = 3,5$. Määrata kondensaatori mahtuvus ja isolatsiooni tugevuse tagavara.

5. Kondensaator mahtuvusega $2\mu\text{F}$ laetakse võrgust pingega 110 V. Seejärgi, lülitades ta võrgust, ühendatakse ta kondensaatoriga, mille mahtuvus on teadmata. Seejuures viimane laadub pingega kuni 44 V. Määrata teise kondensaatori mahtuvus.

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

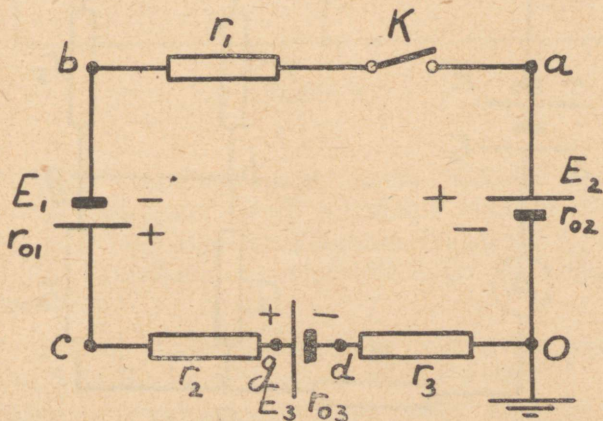
Variant 8

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 8 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö 1

1. Vee kuumutamiseks paagis kasutatakse elektri-ahju, mille vool pingel 120 V juures on 10 A. Vee kuumutamisel kulutati 60 kcal soojust, kusjuures kuumutamine kestis 4,5 min. Määrata ahju kasutegur. Kui palju aega vajatakse vee kuumendamiseks, kui võrgu pingel väheneb 20% -ti?

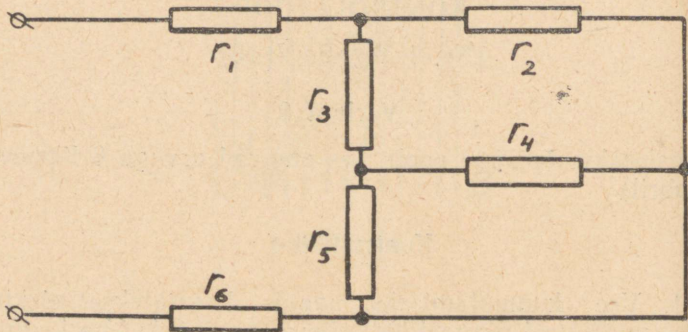
2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm lüliti K sisselülitatud asendis, kui



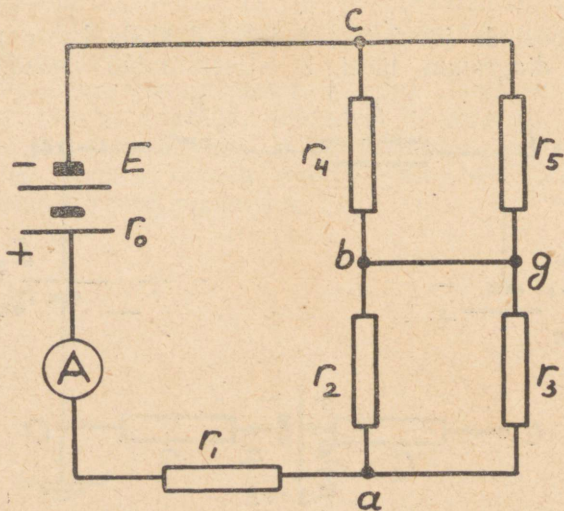
Joonis 1.

$E_1 = E_2 = 24 \text{ V}$; $E_3 = 12 \text{ V}$; $r_1 = r_2 = r_3 = 23 \Omega$; $r_{01} = r_{02} = r_{03} = 1 \Omega$.
 Määrata pinge U_{ab} ja näidata ta diagrammis lõiguna. Koostada potentsiaalide diagramm ahela osa goa kohta, kui lüliti K on avatud.

3. Määrata joonisel 2 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1 = 45 \Omega$; $r_2 = 22 \Omega$; $r_3 = 7,6 \Omega$; $r_4 = 24 \Omega$; $r_5 = 36 \Omega$; $r_6 = 4,5 \Omega$.



Joonis 2.



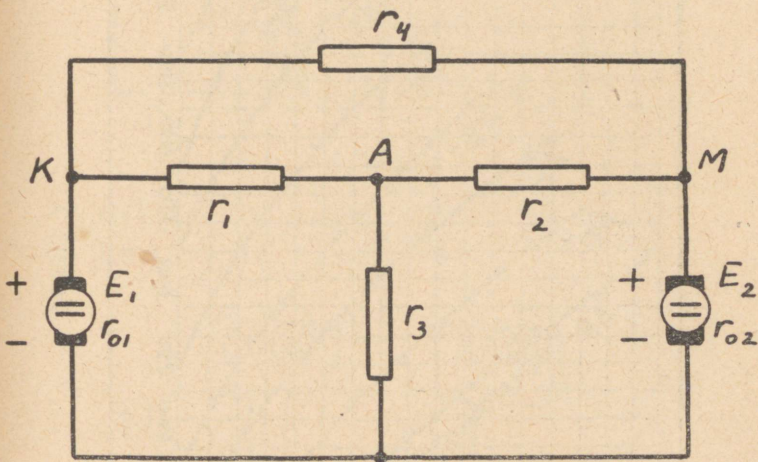
Joonis 3.

4. Joonisel 3 toodud skeemis, ampermeeter näitab voolutugevust 2 A. Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, vooluallika EMJ ja tema klemmipinge, kui $r_1=2,9\Omega$; $r_2=2\Omega$; $r_3=8\Omega$; $r_4=6\Omega$; $r_5=2\Omega$ ja vooluallika sisetakistus $r_0=0,2\Omega$.

Ampermeetri sisetakistust ei arvesta.

Kontrolltöö nr. 2

1. Joonisel 4 toodud skeemis $E_1=E_2=110$ V; $r_{01}=r_{02}=1\Omega$; $r_1=r_2=10\Omega$; $r_3=r_4=30\Omega$.



Joonis 4.

Määrata voolutugevused ahela kõikides osades ja kummagi generaatori poolt arendatav võimsus.

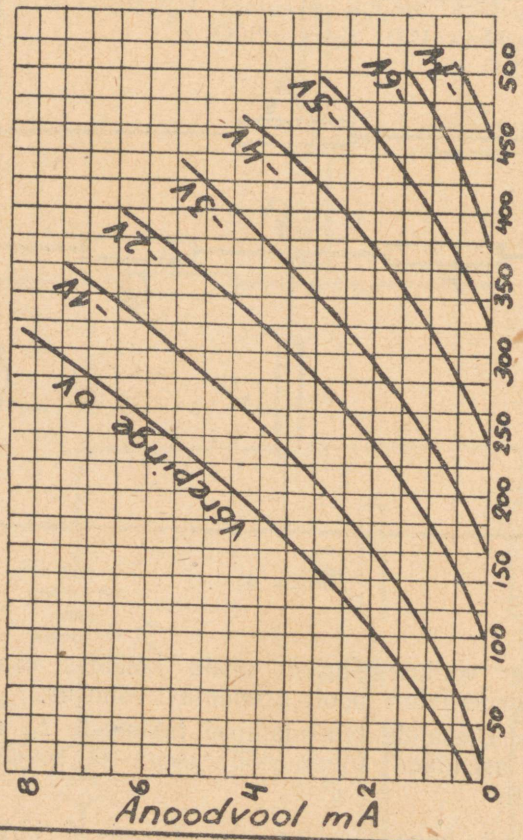
Märkus: Ülesande lahendamisel takistuste r_1 , r_2 ja r_3 tähtlülitus asendada kolmnurklülitusega ja seejärgi teisel meetodil.

2. Trioodi anoodarakteristika (joonis 5 järgi määrata μ , S ja R_1 , kui $U_g = -4$ V ja $U_a = 300$ V.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

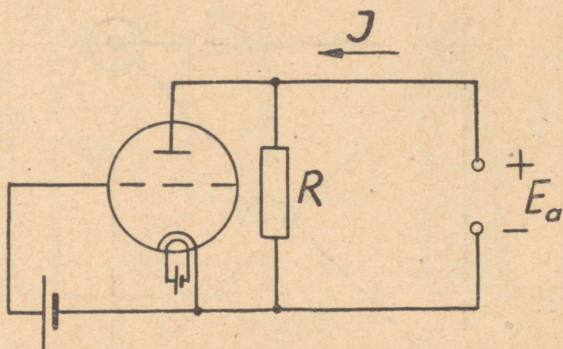
MPSS Kahekordne triood 6H9C

Anood - karakteristikud



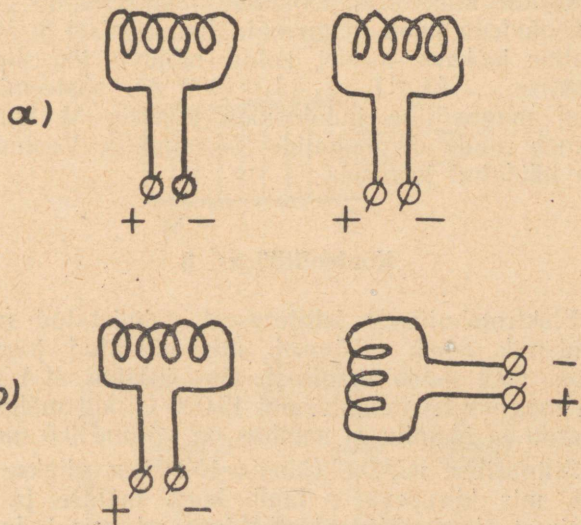
Joonis 5.

3. Paralleelselt kolme elektroodiga elektronlambiga, mille volt-amperekarakteristika on antud tabelis, on lülitatud takistus $R_a = 100 \text{ k}\Omega$. Koostada üldise voolu J graafik sõltuvalt rakendatud pingest U . Elektronlambi ja takistuse lülitusskeem on näidatud joonisel 6.



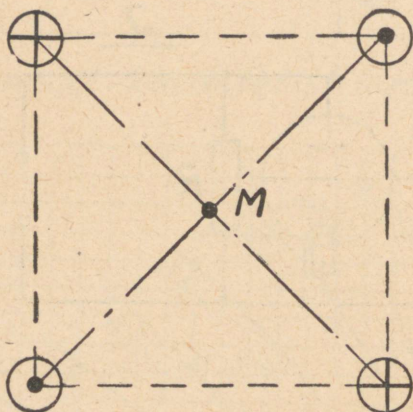
Joonis 6.

| | | | | | |
|--------|-----|------|-----|-----|-----|
| U (V) | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| J (mA) | 0,4 | 1,25 | 2,0 | 3,3 | 4,5 |



Joonis 7.

4. Määrata solenoidmähiste vahel mõjuvate jõudude suunad kahel juhul, mis näidatud joonistel 7a ja 7b, kui arvestada, et voolud on solenoidides suunatud vastavalt joonisel näidatud vooluallikate polaarsusele.



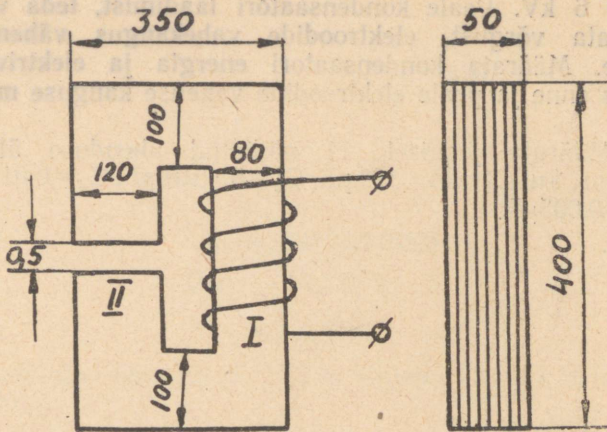
Joonis 8.

5. Ruudu, külgedega 250 mm, tippudesse on paigutatud 4 vooludega juhet, nagu näidatud joonisel 8. Määrata iga juhtme jooksva meetri kohta mõjuva jõu suurus ja 4-juhtmeline ($J_1=J_2=J_3=J_4=1000$ A) süsteemi poolt tekitatud magnetiline induksioon punktis M, kui punkt M paikneb ruudu diagonaalide lõikepunktis. Voolude suunad on näidatud joonisel.

Kontrolltöö nr. 3

1. Elektrotehnilisest lehtterasest valmistatud magnetjuhi südamik omab mõõtmed, mis näidatud joonisel 9. Kui suur vool tuleb mähisest läbi juhtida, et I sambas tagada magnetilist induksiooni 13000 G, kui mähis omab 500 keerdu ja õhupilu II sambas on võrdne 0,5 mm?

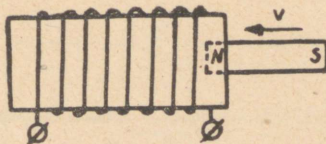
2. Silindrilise mähise (joonis 10) sisse viiakse alalismagnet, mis kiirusega v läbib kogu mähise ja väljub tema teisest otsast. Määrata EMJ suund, mis indutseerub mähises alalismagneti erinevate asendite juures.



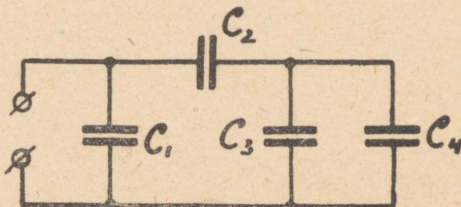
Joonis 9.

3. Rõngasmähise südamik (mitteferromagnetilisest materjalist) omab ristlõiget $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ ja keskmist diameetrit 40 cm . Südamikul on kaks mähist keerdude arvudega vastavalt 1000 ja 2000. Määrata mähise vastastikune induktiivsus.

4. Tasapinnaline õhk-kondensaator, mille mahtuvus on 240 pF ja elektroodide vahekaugus 2 cm , on lülitatud



Joonis 10.



Joonis 11.

pingele 6 kV. Peale kondensaatori laadimist, teda välja lülitamata võrgust, elektrodide vahekaugus vähendati 1 cm-le. Määrata kondensaatori energia ja elektrivälja tugevus enne ja peale elektrodide vahelise kauguse muutmist.

5. Määrata joonisel 11 näidatud ühenduse üldine mahtuvus, kui $C_1=25 \cdot 10^3$ pF, $C_2=5 \cdot 10^4$ pF, $C_3=0,015\mu\text{F}$. ja $C_4=0,005\mu\text{F}$.

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

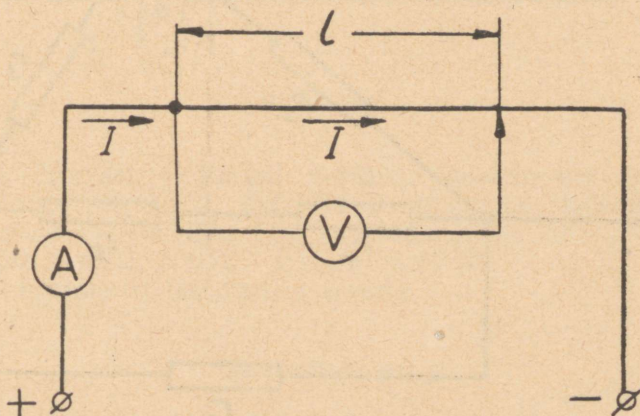
Variant 9

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 9 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 1

1. Tükk juhet diameetriga 1 mm viidi vooluallika ahelasse. Voltmeetri näidud, libiseva kontakti ümberpaigutamisel, muutusid tabeli kohaselt:

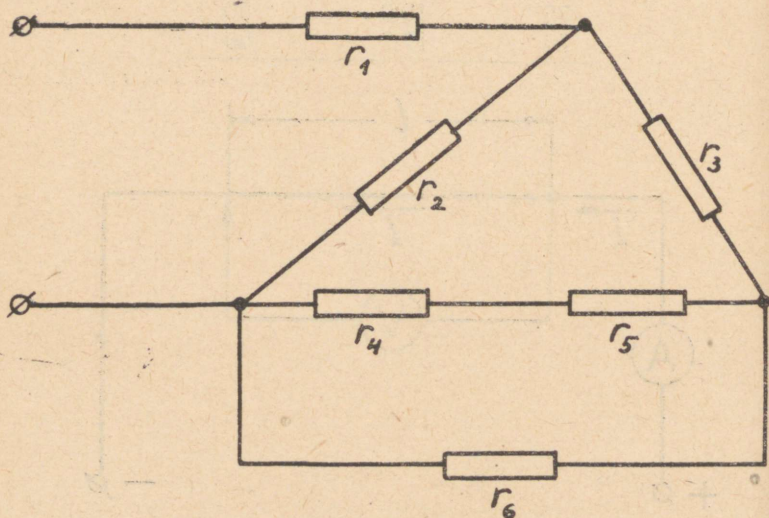
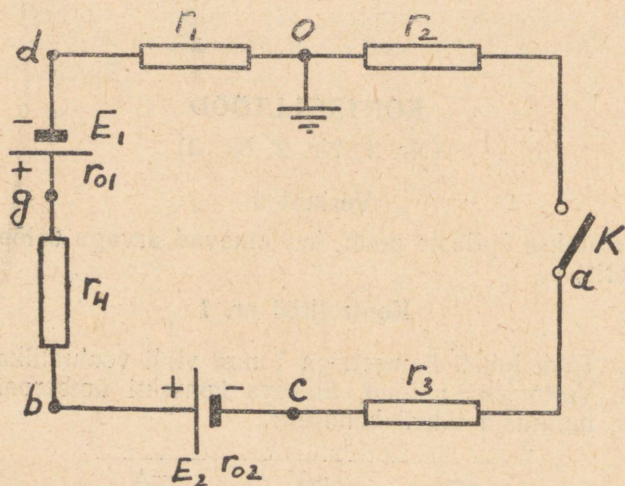
| cm | mV | mA |
|----|------|----|
| 80 | 20,5 | 50 |
| 75 | 19,0 | 50 |
| 70 | 17,7 | 50 |



Joonis 1.

Arvestamata voltmeetrit läbivat voolu, leida juhtme eritakistus, kui mõõtmised teostati temperatuuril 20°C .

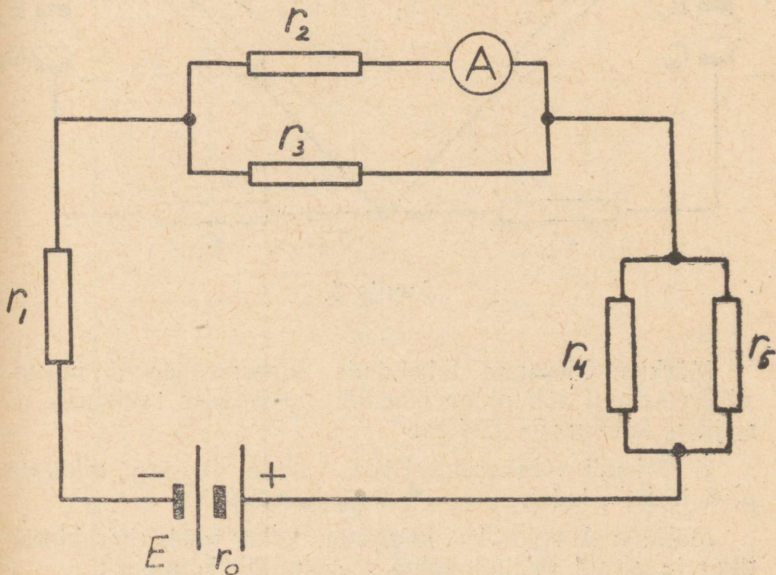
Määrata juhtme mõõteosas tekkinud energiakulu, kui iga mõõtmine — teostatud kolmest mõõtmisest — kestis 10 minutit.



Joonis 3.

2. Koostada joonisel 2 kujutatud ahela kohta potentsiaalide diagramm suletud lüliti k korral, kui $E_1=24\text{V}$; $E_2=12\text{ V}$; $r_1=r_2=7,5\Omega$; $r_3=r_4=3,75\Omega$; $r_{01}=r_{02}=0,75\Omega$. Määrata pinge U_{ab} ja näidata ta diagrammis lõiguna. Koostada potentsiaalide diagramm ahela osa odgb kohta avatud lüliti K korral.

3. Määrata joonisel 3 näidatud skeemi üldine takistus, kui $r_1=4\Omega$; $r_2=22\Omega$; $r_3=7,6\Omega$ $r_4=8\Omega$; $r_5=16\Omega$; $r_6=36\Omega$.



Joonis 4.

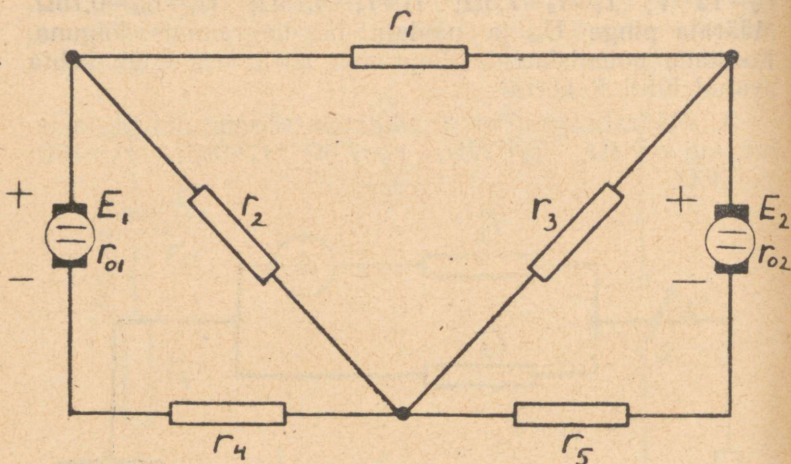
4. Joonisel 4 toodud skeemis, ampermeeter näitab voolutugevust $0,5\text{ A}$. Määrata voolutugevus ahela kõikides osades, vooluallika EMJ ja klemmpinge, kui $r_1=0,6\Omega$; $r_2=6\Omega$; $r_3=2\Omega$; $r_4=1\Omega$; $r_5=4\Omega$; $r_0=0,2\Omega$.

Ampermeetri takistust ei arvesta.

Kontrolltöö nr. 2

1. Määrata ahela kõikides osades voolutugevused ja kummagi generaatori poolt arendatav võimsus, kui

$E_1 = E_2 = 120 \text{ V}$; $r_{01} = r_{02} = 0,4 \Omega$; $r_1 = 30 \Omega$; $r_2 = r_3 = 10 \Omega$; $r_4 = r_5 = 30 \Omega$ (joonis 5).



Joonis 5.

Märkus: Ülesanne lahendada superpositsiooni meetodil ja samuti sõlmpinge meetodil, asendades takistuste r_1 , r_2 ja r_3 kolmnurga tähega.

2. Trioodi võrekarakteristika (joonis 6) järgi määrata μ , S ja R_i , kui $U_g = -9 \text{ V}$ ja $U_a = 200 \text{ V}$.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberkarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

3. Järjestikku kolme elektroodiga elektronlambiga, mille volt-amper-(anood-)arakteristika on antud tabelis, on lülitatud takistus $R_a = 50 \text{ k}\Omega$. Määrata lambi anoodvool $E = 350 \text{ V}$. Lambi ja takistuse ühndusskeem on näidatud ja anoodahela takistusel R_a olev pinge, kui toiteallika joonisel 7.

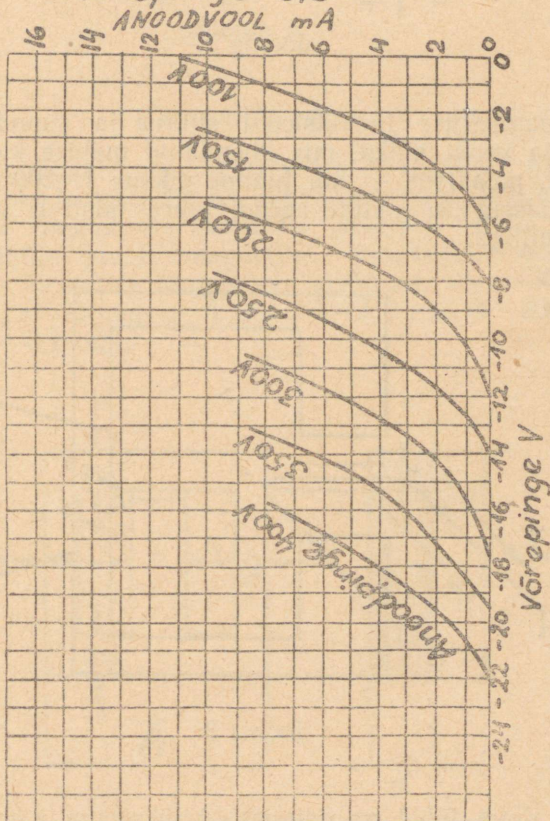
| | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|------|
| $U(\text{V})$ | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| $J(\text{mA})$ | 0,7 | 1,3 | 2,5 | 3,5 | 5,25 |

4. Magnetjuhi õhuvahemikku on paigutatud juhe, milles voolutugevus $J = 400 \text{ mA}$. Juhtmele mõjub jõud, joonisel 8 näidatud suunas, suurusega $F = 0,096 \text{ N}$. Mää-

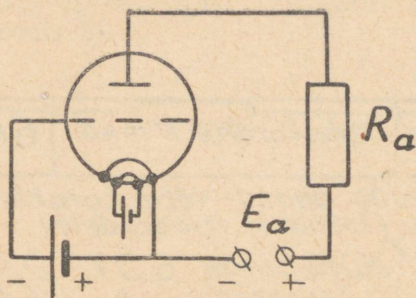
| | | |
|------|-------------------|------|
| MPSS | Kahekordne triood | 6H8C |
|------|-------------------|------|

Tüüp anood-võre karakteristika
(kõikidele trioodidele)

Küttepinge 6.3V

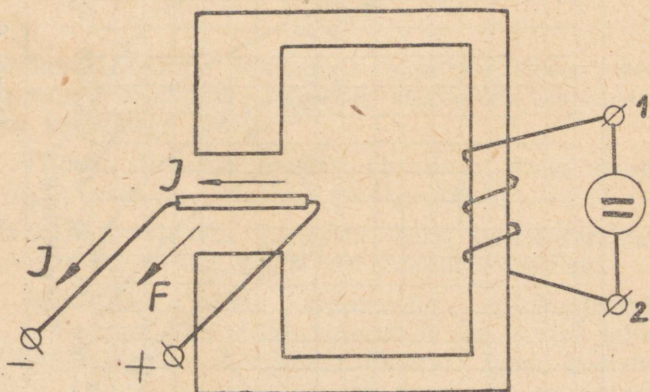


Joonis 6.



Joonis 7.

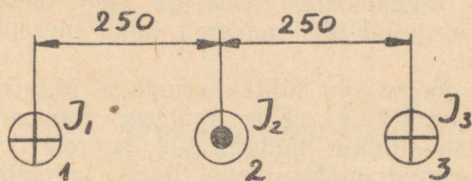
rata magnetilise induksiooni suurus ja suund magnetjuhis ja voolu allika, mis ühendatud mähise klemmidega 1 ja 2, polaarsus — kui juhtme pikkus $l=200$ mm. Näidata missuguse juhtme asendi juures jõud F saab võrdseks nulliga.



Joonis 8.

5. Kolm juhet on paigutatud nii, nagu näidatud joonisel 9. Määrata juhtmeid 1 ja 2 kinnihoidvatele isolaatoritele mõjuva resulteeriva jõu suurus ning suund ja kolmejuhtmeline süsteemi poolt tekitatud magnetiline induksioon juhtme 3 asukohas, kui $J_1=1000$ A, $J_2=J_3=500$ A.

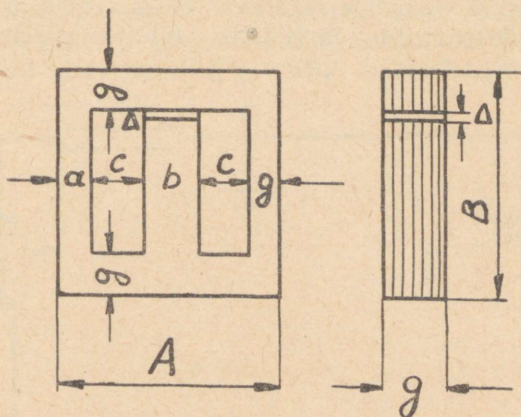
Kõikidel juhtmetel isolaatorite vaheline kaugus on $l_1=l_2=l_3=25$ m. Juhtmete vahelised kaugused ja voolude suunad on näidatud joonisel.



Joonis 9.

Kontrolltöö nr. 3

1. Elektrotehnilisest lehtterasest M-kujulisel südami-
kul, näidatud joonisel 10, on mähis, mis omab 500 keerdu,
paigutatud keskmisele sambale. Määrata voolutugevus
mähises, mille juures magnetiline induksioon paremas
sambas on 13 000 G. Magnetjuhi mõõtmed: $a=g=30$ mm;
 $b=50$ mm; $c=70$ mm; $g=30$ mm; $A=250$ mm; $B=200$ mm;
õhupilu $\Delta=0,2$ mm.



Joonis 10.

2. Täisnurkses mähises, mis on paigutatud ühtlases
magnetväljas magnetilise induksiooni vektoriga paral-

leelsesse tasapinda, on muutumata tugevusega vool J . Mähis pöörduv 10° nurga võrra. Määrata, millise nurga võrra peaks pöörduma mähis, kui ta oleks paigutatud magnetilise induktsiooni vektoriga risti olevasse tasapinda, et sooritatud tööd mõlemil juhul oleksid ühesugused.

3. Kahe järjestikku lülitatud mähise üldine induktiivsus on võrdne $0,78$ H. Ühes mähises* voolusuuna muutmisel, mähiste üldine induktiivsus suureneb $1,22$ H-ni. Määrata kummagi mähise induktiivsus ja mähiste vastuinduktiivsus, kui mähiste mõõtmed on ühesugused ja mähiste keerdude arvude suhe on $w_2=2w_1$.

4. Tasapinnalise õhk-kondensaatori elektrodidele on rakendatud pinge 70 kV. Määrata elektrivälja tugevus kondensaatori dielektrikus ja tugevuse tagavara, kui elektrodide vaheline kaugus on $2,5$ cm ja õhu elektriline tugevus $E_{np} = 30$ kV/cm. Kuidas muutub tugevuse tagavara, kui antud kondensaatorisse paigutada leht pappi ($\epsilon_r = 4$, $E_{np} = 120$ kV/cm) paksusega 5 mm paralleelselt tema elektrodidega?

5. Neli kondensaatorit igaüks $2\mu\text{F}$ on lülitatud järjestikku. Millist mahtuvust peab omama iga kondensaator neljast ühesugusest kondensaatorist, nende paralleellülituse korral, et üldine mahtuvus oleks võrdne ülal nimetatud kondensaatorite järjestikku lülituse üldise mahtuvusega?

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3)

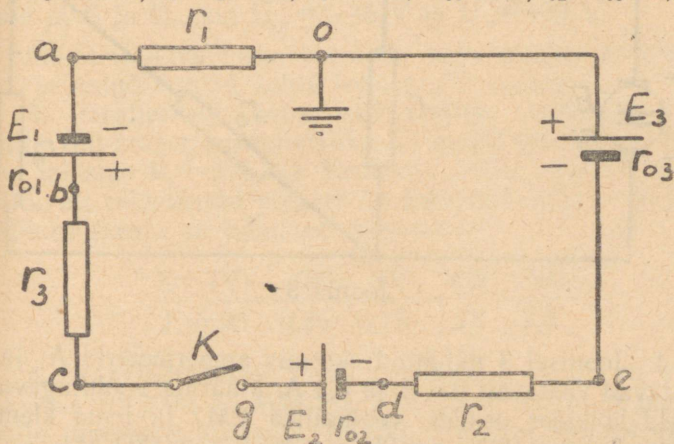
(Variant 10)

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 10 lõp-
pevat numbrit)

Kontrolltöö Nr. 1

1. Millega võrdub pingelang ja võimsusekadu 90 m pikkuses terasrööpas ($\rho = 0,21 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$ temperatuuril $\Theta = 20^\circ\text{C}$), kui kaal on 44,5 kg/m, erikaal 7,9 kg/dm³ ja rööbast läbiv voolutugevus $J = 150 \text{ A}$. Määrata, millistes piirides muutub rööpa takistus talvel ja suvel, kui õhu-temperatuur muutub $\Theta_1 = -40^\circ\text{C}$ kuni $\Theta_2 = +40^\circ\text{C}$.

2. Koostada joonisel 1 kujutatud ahela kohta potent-
siaalide diagramm suletud lüliti K korral, kui $E = 24 \text{ V}$;
 $E_2 = E_3 = 12 \text{ V}$; $r_1 = r_2 = 9 \Omega$; $r_3 = 40 \Omega$; $r_{01} = 1 \Omega$; $r_{02} = r_{03} = 0,5 \Omega$.

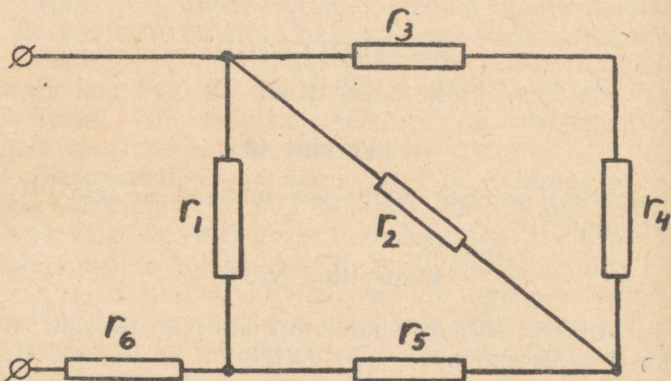


Joonis 1.

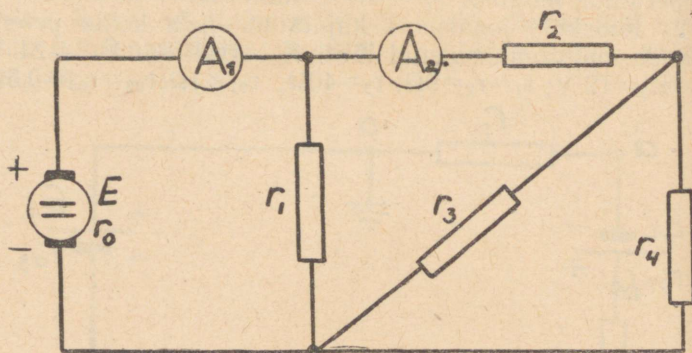
Määrata pinge (potentsiaalide erinevus) U_{be} ja näidata ta lõiguna potentsiaalide diagrammis.

Koostada potentsiaalide diagramm ahela osa oedg kohta, kui lüliti K on avatud.

3. Määrata joonisel 2 näitatud skeemi üldine takistus, kui $r_1=22\Omega$; $r_2=36\Omega$; $r_3=8\Omega$; $r_4=16\Omega$; $r_5=7,6\Omega$; $r_6=4\Omega$.



Joonis 2.



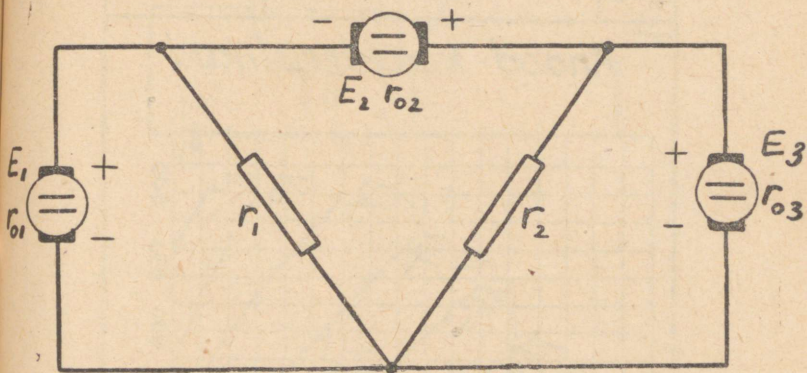
Joonis 3.

4. Joonisel 3 näidatud skeemis ampermeetrid A_1 ja A_2 näitavad vastavalt $0,5\text{ A}$ ja $0,3\text{ A}$. Määrata voolutugevused ahela kõikides osades, vooluallika EMJ ja tema klemmi-pinge, kui $r_1=12\Omega$; $r_3=2\Omega$; $r_4=4\Omega$ ja $r_0=0,2\Omega$.

Ampermeetrite takistusi ei arvesta.

Kontrolltöö nr. 2

1. Määrata voolutugevused ahela kõikides osades ja kummagi generaatori poolt arendatav võimsus, kui $E_1 = E_2 = 150 \text{ V}$; $E_2 = 110 \text{ V}$; $r_{01} = r_{03} = 0$; $r_{02} = 2 \Omega$; $r_1 = r_2 = 10 \Omega$ (joonis 4).



Joonis 4.

Märkus: Ülesanne lahendada kahel meetodil: Kirchhoffi seaduste abil ja superpositsiooni meetodil. Võrrelda kahe lahenduse tulemusi.

2. Triodi anoodarakteristika (joonis 5) järgi määrata μ , S ja R_i , kui $U_g = -5 \text{ V}$ ja $U_a = 400 \text{ V}$.

Märkus: Arvutuseks koostada kaks naaberarakteristikat ja antud režiimi kohta iseloomulik kolmnurk.

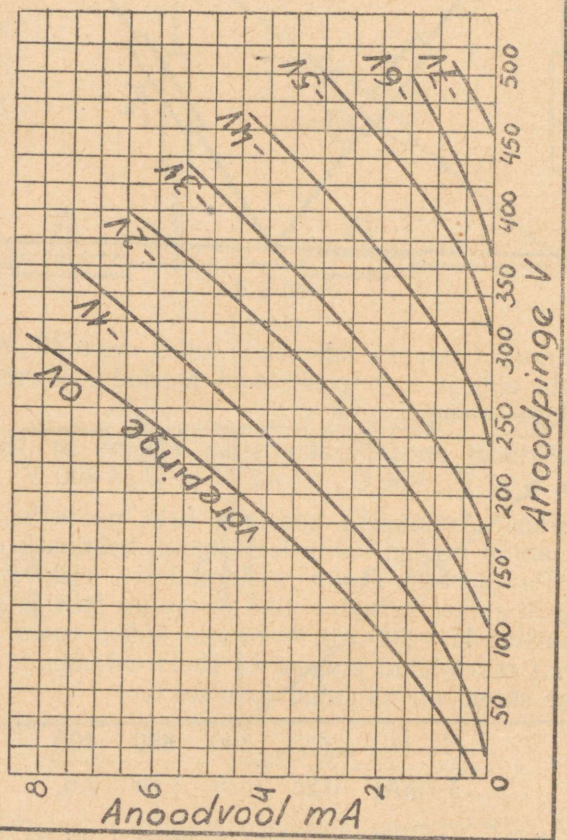
3. Paralleelselt kolm elektroodiga elektronlambiga, mille volt-amper karakteristika on antud tabelis, on lülitatud takistus $R = 200 \text{ k}\Omega$. Koostada üldise voolu J graafik sõltuvalt rakendatud pingest U . Elektronlambi ja takistuse lülituse skeem on näidatud joonisel 6.

| | | | | |
|------------------|------|------|------|-----|
| $U \text{ (V)}$ | 250 | 300 | 350 | 400 |
| $J \text{ (mA)}$ | 0,25 | 0,75 | 1,75 | 2,6 |

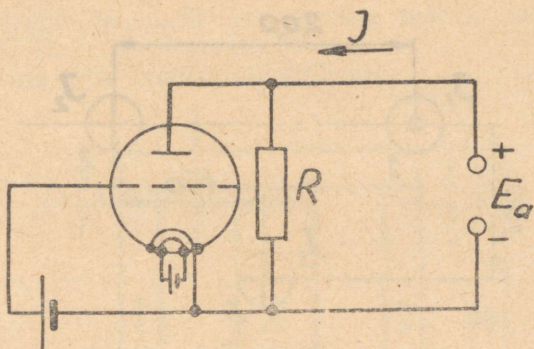
4. Kahejuhtmelises liinis (juhtmed 1 ja 2) on voolutugevus $J = 2000 \text{ A}$. Määrata liini poolt tekitatud magnetvälja tugevus punktis M . Näidake millises suunas hakkab liikuma jonisel 7 toodud juhe 3, mis paikneb punktis M .

MPSS Kahekordne triood 6H9C

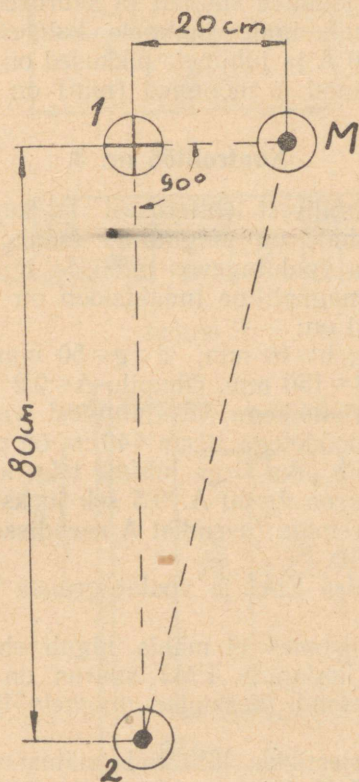
Anood-karakteristikud



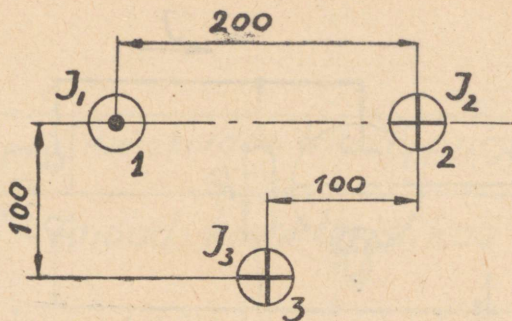
Joonis 5.



Joonis 6.



Joonis 7.



Joonis 8.

5. Määrata jõudude suunad ja suurused mis mõjuvad, joonisel näidatud, igale juhtmele kolmest juhtmest, kui $J_1=J_2=J_3=1500 \text{ A}$ ja juhtmete pikkused on $l_1=l_2=l_3=50$.
Voolude suunad ja mõõtmed (mm) on näidatud joonisel 8.

Kontrolltöö nr. 3

1. Elektrotehnilisest lehtterasest \square -kujulise südamiku keskmisele sambale on paigutatud mähis, mis omab 200 kerdu. Määrata voolutugevus mähises, mille juures keskmises sambas magnetiline induksioon on 16000 G. Magnetjuhi mõõtmed on:

$a=c=25 \text{ mm}$; $b=40 \text{ mm}$; $d=g=50 \text{ mm}$; $l=25 \text{ mm}$;
 $A=190 \text{ mm}$; $B=150 \text{ mm}$. Õhupilu $\Delta=0,2 \text{ mm}$ (joonis 9).

2. 10 mm^2 ristlõikega vaskjuhtmest valmistatud täisnurkne mähis mõõdetega $10 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$ on paigutatud tasapinda, mida läbib pika sirge juhtme telg, kusjuures voolutugevus juhtmes on $J=50 \text{ A}$. 0,5 sek jooksul mähis liigub 10 cm võrra paremale (asendist A asendisse B), nagu näidatud joonisel 10.

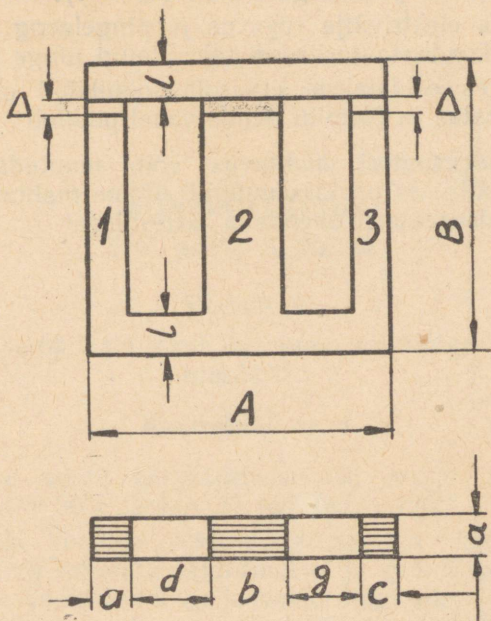
Leida keskmise EMJ ja voolutugevuse suurused mähises.

Märkus: arvestades et mähis liigub ebaühtlases magnetväljas, siis keskmine EMJ suurus on vaja määrata mähise kahe asendi keskmise magnetvälja induksiooni järgi.

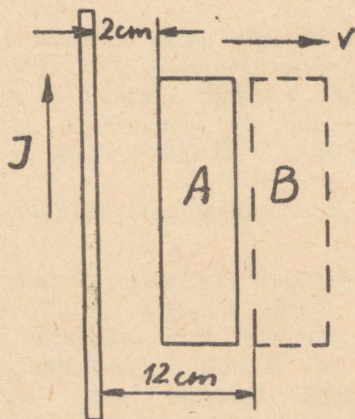
3. Kaks järjestikku lülitatud mähist omavad üldist induktiivsust 1,2 H. Voolu suuna muutmisel ühes mähises, mähiste üldine induktiivsus vähenes kuni 0,6 H. Mähiste

sidestustegur on 0,33 ja esimese mähise induktiivsus $L_1 = 0,45 \text{ H}$.

Määrata teise mähise induktiivsus.



Joonis 9.



Joonis 10.

4. Tasapinnalise kondensaatori elektrootide vahele on paigutatud üks paberikiht paksusega 2 mm ($\epsilon_r = 2$) ning teine paberikiht paksusega 8 mm ($\epsilon_r = 4$).

Määrata elektrivälja tugevus ja pingelaeng kummaski kihis, kui kondensaatorile on rakendatud pinge 9 kV.

Seejuures eeldatakse, et isolatsioonikihid on tihedalt üksteise vastas ja õhupilu nende vahel puudub.

5. Kondensaatori mahtuvus võib muutuda 10 kuni 200 pF. Millistes piirides muutub üldine mahtuvus, kui 3 sellist kondensaatorit ühendada järjestikku?

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 1

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 1 lõppevat numbrit).

Kontrolltöö nr. 4

1. Kahe voolu hetkväärtused on antud võrrandiga $i_1 = \sin(\omega t + 30^\circ)$ ja $i_2 = 12 \sin(\omega t - 120^\circ)$.

Koostada voolude vektordiagramm ja hetkväärtuste kõverad, ning määrata vektoriaalsel ja graafilisel liitmisel summaarne vool. Graafiku ja vektordiagrammi järgi määrata summaarse voolu amplituudväärtus ning algfaas.

Määrata ajaline nihe voolu i_1 ja i_2 positiivsete amplituudväärtuste vahel.

2. Ahelat, mis koosneb järjestikku lülitatud R, L ja C, toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel $U = 280$ V. Kujundada skeem ja määrata ahelas voolutugevus, pingelang induktiivusel, mahtuvusel ja aktiivtakistusel, ning kogu ahelas $\cos \varphi$, kui $R = 400 \Omega$, $C = 40 \mu\text{F}$, $L = 1,6$ H ja $f = 40$ Hz.

Koostada mõõtkavas vektordiagramm ja takistuste kolmnurk.

3. Hargnev ahel, mis koosneb kolmest paralleelharust toidetakse vahelduvvoolu võrgust pingel 220 V ja sagedusel $f = 50$ Hz. Esimene haru koosneb järjestikku lülitatud aktiivtakistustest $r_1 = 1000 \Omega$ ja induktiivsusest $L = 3,2$ H; teine haru koosneb ühest mahtuvusest $C = 6,4 \mu\text{F}$; kolmas haru koosneb ühest aktiivtakistusest $r_2 = 500 \Omega$.

Kujundada ahela skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevused harudes; aktiivne, reaktiivne ja näivvõimsus kogu ahela ning paralleelharude kohta ja mahtuvuse suurus, mille juures tekib vooluresonants.

Koostada mõõtkavas kogu ahela kohta vektordiagramm ja juhtivuste kolmnurk esimese paralleelharu kohta.

Kontrolltöö nr. 5

1. Ahela klemmidel oleva pinge kompleksarv on $(60+j100)$ V. Voolu kompleksarv on $(6+j2)$ A. Määrata voolu ja pinge aktiiv- ning reaktiivkomponendid. Arvutada näiv-, aktiiv- ja reaktiivvõimsused.

2. Kolm mähist, igaüks takistusega $r=6\Omega$ ja $x=8\Omega$, on ühendatud kolmnurka ning ühendatud kolmefaasilisse ahelasse liinipingel 220 V. Arvutada faasivoolud, liinivoolud ja võimsus.

3. Keerdvoolu kolme juhtmelisse ahelasse on lülitatud tähtlülitusesse kolm takistust $Z_A = (j6+2)\Omega$; $Z_B = 10\Omega$ ja $Z_C = (2-j6)\Omega$.

Liinipinge on 380 V. Arvutada: nullpunkti nihkumine, pinged iga takistuse klemmidel ja voolutugevused liini juhtmetes. Koostada mõõtkavas topograafiline diagramm.

Kontrolltöö nr. 6

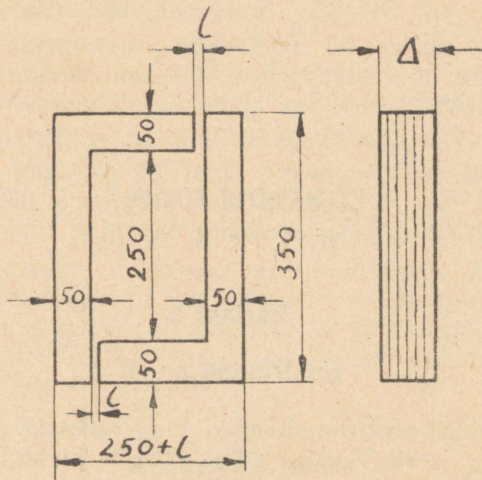
1. Aktiivtakistus, suurusega $r=20\Omega$, on ühendatud võrku pingega $u = \sqrt{2} \cdot 220 \sin \omega t + \sqrt{2} \cdot 100 \cdot \sin(3\omega t + \frac{\pi}{6}) + \sqrt{2} \cdot 40 \sin(5\omega t + \frac{\pi}{4})$ V.

Määrata voolu ja pinge efektiivväärtused. Arvutada aktiivvõimsus.

2. Kolmefaasise generaatoriga, mille mähistes indutseerub sümmeetriline, kuid mittesiinuseline emj, mis sisaldab esimest ja kolmandat harmoonilist, on ühendatud ühtlane koormus. Vool liinijuhtmetes võrdub 4,1 A ja nulljuhtmetes 2,7 A. Määrata voolu 1-se ja 3-da harmoonilise efektiivväärtused.

3. Elektrotehnilisest lehtterasest südamikule on paigutatud mähis, mis ühendatud vahelduvvoolu võrguga

pingel $U=220$ V ja sagedusel $f=50\text{Hz}$. Südamiku mähust 11% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta.



Joonis

Määrata voolutugevus mähises, võimsusetegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel: mähise keerdude arv $w=208$, õhupilu pikkus on $l=0,5$ mm ja paketi paksus $\Delta=90$ mm.

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 2

Kontrolltöö nr. 4

1. Vahelduv-elektromotoorsed jõud omavad amplituudväärtusi $E_{1m} = 10 \text{ V}$, $E_{2m} = E_{3m} = 5 \text{ V}$ ja algfaase $\varphi_1 = -30^\circ$, $\varphi_2 = 120^\circ$ ja $\varphi_3 = -150^\circ$.

Koostada vektordiagramm ja antud emj-de hetkväärtuste võrrandid, ning vektoriaalsel ja graafilisel liitmisel määrata summaarne emj. Graafiku ja vektordiagrammi järgi määrata summaarse emj amplituudväärtus ning algfaas.

2. Ahelat, mis koosneb järjestikku lülitatud $R = 100\Omega$, $L = 100 \text{ mH}$ ja $C = 1,6\mu\text{F}$, toidetakse vahelduvvoolu generaatorist pingel 110 V ja sagedusel 400 Hz .

Kujundada skeem ja määrata ahelas voolutugevus, pingelangud induktiivsusel, mahtuvusel ning aktiivtakistusel ja võimsustegur.

3. Vahelduvvoolu allikas pingega $U = 120 \text{ V}$ ja sagedusega $f = 400 \text{ Hz}$ toidab hargnevat ahelat, mis koosneb kolmest paralleelharust. Esimeses harus on järjestikku lülitatud aktiivtakistus $r_1 = 800\Omega$, ja mahtuvus $C = 0,4\mu\text{F}$, teises harus üks induktiivsus $L = 200 \text{ mH}$ ja kolmandas harus üks aktiivtakistus $r_2 = 1000\Omega$.

Kujundada skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevused harudes, aktiiv, reaktiiv ja näivvõimsus igas harus ning kogu ahela kohta ja samuti induktiivsuse suurus, mille juures tekib vooluresonants.

Kontrolltöö nr. 5

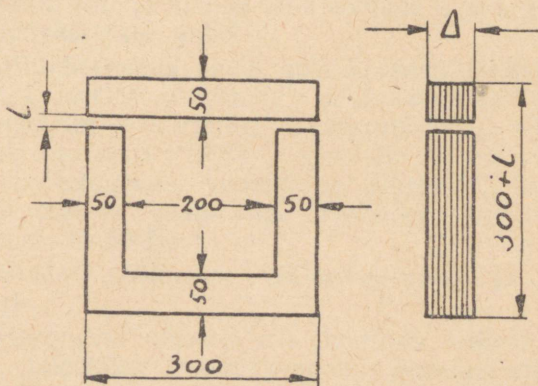
1. Näivtakistused $Z_1 = j4\Omega$ ja $Z_2 = 4\Omega$ on ühendatud paralleelselt. Näivtakistused $Z_3 = 2\Omega$ ja $Z_4 = -j3\Omega$ on samuti ühendatud paralleelselt. Üksteisega need ahela osad on lülitatud järjestikku. Klemmidel on pinge 60 V. Arvutada voolutugevused ahela kõikides osades.

2. Kolm mähist, igaüks näivtakistusega $Z = 20\Omega$, on ühendatud tähte ja lülitatud keerdvoolu ahelasse, mille liinipinge 380 V. Ühes faasis tekkis lühis. Arvutada faasi ja liini voolud. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

3. Keerdvoolu ahelasse, mille liinipinge 220 V, on lülitatud kolmnurka kolm gruppi hõõglampe. Lampide grupi võimsus faasis AB on 1440 W, faasis BC 880 W ja faasis CA 2200 W. Arvutada faasi ja liinivoolud. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

Kontrolltöö nr. 6

1. Mähise, mille $r = 10\Omega$ ja $L = 30$ mH, klemmidele on rakendatud mittesinuseline pinge $u = \sqrt{2} \cdot 120 \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{4}) + \sqrt{2} \cdot 60 \cdot \sin 3\omega t$. Kirjutage välja mittesinuseline voolu võrrand. Koostage mõõtkavas graafik $u(t)$ ja $i(t)$. Esimese harmoonilise sagedus on 50 Hz.



Joonis

2. Kolmefaasise generaatoriga, mille mähistes indutseerub sümmeetriline, kuid mittesiinuseline emj, mis sisaldab esimest ja kolmast harmoonilist, on ühendatud sümmeetriline koormus. Näivtakistus igas faasis esimesele harmoonilisele on $(8+j2)\Omega$. Faasis A emj võrrand on $e_A = 180 \sin \omega t + 36 \sin 3 \omega t$ (V). Arvutada voolu efektiivväärtus nulljuhtmes.

3. Elektrotehnilisest lehtterasest südamikule (vt. joonis), on paigutatud mähis, mis ühendatud vahelduvvoolu võrguga pingel $U=220$ V ja sagedusel $f=50$ Hz. Südamikule mahust 12% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta.

Määrata mähise keerdude arv ja võimsusetegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistele andmetele:

| | |
|------------------------|-----------------|
| magnetiline induksioon | $B=12000$ G, |
| õhupilu pikkus | $l=0,4$ mm ja |
| paketi paksus | $\Delta=60$ mm. |

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 3

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 3 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 4

1. Kahe voolu hetkväärtused on antud võrranditega:
 $i_1 = 10 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ ja $i_2 = 5 \sin(\omega t - 30^\circ)$.

Koostada voolude vektordiagramm ja hetkväärtuste kõverad, ning määrata vektoriaalsel ja graafilisel liitmisel summaarne vool. Vektordiagrammi ja graafiku järgi määrata summaarse voolu ($i_1 + i_2$) amplituudväärtus ning alfaas.

Määrata samuti ajaline nihe voolude i_1 ja i_2 positiivsete amplituudväärtuste vahel.

2. Mittehargneva ahela, mis koosneb järjestikku lülitatud r , L ja C -st, pingelang aktiivtakistusel $U_a = 20$ V, aga pingelang reaktiivsetel elementidel $U_L = U_C = 80$ V; aktiivtakistus on $r = 100 \Omega$. Kujundada skeem ja määrata ahelas voolutugevus, vooluallika pinge U , aga samuti induktiivsuse ja mahtuvuse suurused, kui vooluallika sagedus on $f = 50$ Hz.

Koostada mõõtkavas vektordiagramm ja takistuste kolmnurk.

3. Hargnevat ahelat, mis koosneb kahest paralleelharust, toidetakse vahelduvvoolu generaatorist pingel $U = 110$ V ja sagedusel $f = 200$ Hz. Esimene haru koosneb järjestikku lülitatud $L_1 = 400$ mH, $C = 0,8$ μ F ja

$r_1=500 \Omega$. Teine haru koosneb järjestikku lülitatud $L_2=800 \text{ mH}$ ja $r_2=1000\Omega$.

Kujundada ahela skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevus harudes, aga samuti aktiivse, reaktiivse ja näivvõimsuse kogu ahela ja iga paralleelharu kohta. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

Korrata üldise voolutugevuse ja harude voolutugevuste arvutust, ning koostada vektordiagramm juhu kohta, kui esimeses harus on lühistatud induktiivsus ja aktiivtakistus.

Kujundada ahela skeemid kahe nimetatud juhu kohta.

Kontrolltöö nr. 5

1. Näivvõimsuse kompleksarv on $(100+j 2000) \text{ VA}$. Klemmidel oleva pinge kompleksarv on $(100+j 80) \text{ V}$. Määrata voolu aktiiv ja reaktiiv komponendid.

2. Kolm näivtakistust Z_A , Z_B ja Z_C on ühendatud tähte ja lülitatud kolmefaasilise voolu kolmejuhtmehelisse ahelasse, mille liinipinge 380 V . Nullpunkti nihkumine osutus võrdseks $\frac{1}{4} U_A$ -ga. Faasi näivvõimsuste kompleksarvud on $S_A=(800+j 600) \text{ VA}$, $S_B=1400 \text{ VA}$ ja $S_C=-j 1000 \text{ VA}$. Arvutada faasi voolud. Koostada topograafiline diagramm.

3. Kolmnurka ühendatud tarbija iga faasi takistus on $Z=20\Omega$. Tarbija ühendati keerdvoolu võrku sümmeetrilistele liinipingetele 220 V . Arvutada faasi ning liinivoolud ja võimsus igas faasis ja kogu ahela kohta, kui faasiinhe faasipinge ja faasivoolude vahel on 35° .

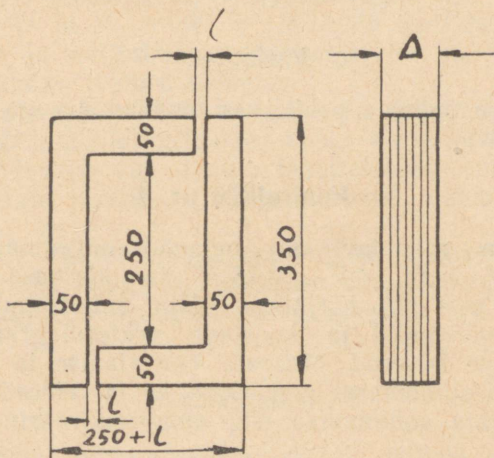
Kontrolltöö nr. 6

1. Mähise klemmidele, mille näivtakistus esimesele harmoonilisele on $(5+j5)\Omega$, on rakendatud mitte-sinuseline pinge $u=282 \sin(\omega t + \frac{\pi}{4}) + 70,7 \sin 3\omega t \text{ (V)}$. Arvutada voolu ning pinge efektiivväärtused ja aktiivvõimsus.

2. Kolmefaasise generaatori mähistes indutseerub sümmeetriline, kuid mittesinuseline emj. Faasis A on emj võrrand $e_A=141 \sin\omega t + 70,7 \sin 3\omega t$.

Arvutada liinipinge efektiivväärtus mähiste ühendamisel tähte ja kolmnurka. Millega võrdub, mähiste ühendamisel kolmnurka, tasandusvool, kui faasimähise takistus on $0,75\Omega$?

3. Elektrotehnilisest lehtterasest südamikule (vt. joonis) on paigutatud mähis, mis on ühendatud vahelduv-Südamiku (magnetjuhi) mahust 11% moodustab isolaa-voolu võrguga pingel $U=220\text{ V}$ ja sagedusel $f=50\text{ Hz}$. Südamiku (magnetjuhi) mahust 11% moodustab isolat-sioon. Mähise takistust ei arvesta.



Joonis

Määrata voolutugevus mähises, võimsustegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

| | |
|---------------------|--------------------------|
| mähise keerdude arv | $\omega = 178,$ |
| õhupilu pikkus | $l = 0,3\text{ mm}$ |
| ja paketi paksus | $\Delta = 90\text{ mm}.$ |

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 4

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 4 lõppevat numbrit).

Kontrolltöö nr. 4

1. Kolm vahelduv emj omavad maksimaalväärtusi $E_{1m} = 15 \text{ V}$, $E_{2m} = E_{3m} = 15 \text{ V}$ ja algfaase $\varphi_1 = 30^\circ$, $\varphi_2 = 75^\circ$ ja $\varphi_3 = 165^\circ$. Kirjutage välja antud emj-de **hetkväärtuste** võrrandid ja koostage vektordiagramm ning hetkväärtuste kõverad. Määrata vektoriaalse ja graafilise liitmise teel summaarne emj. Graafiku ja vektordiagrammi järgi määrata summaarse emj amplituudväärtus ja algfaas.

2. Mittehargnevat ahelat, millesse järjestikku on lülitatud aktiivtakistus $r = 10 \Omega$, mahtuvus $C = 100 \mu\text{F}$ ja kaks induktiivsust $L_1 = 30 \text{ mH}$ ja $L_2 = 20 \text{ mH}$, toidetakse vahelduvvoolu allikast, mille pingeline $U = 120 \text{ V}$ ja sagedus $f = 50 \text{ Hz}$.

Kujundada skeem ja määrata ahela voolutugevus, ning pingelangud aktiivtakistusel, mahtuvusel ja induktiivsusel.

Määrata sagedus, mille juures tekib pingete resonants. Koostada vektordiagramm ja takistuste kolmnurk.

3. Hargnev ahel koosneb kolmest paralleelharust. Esimene haru koosneb ühest induktiivsusest $L_1 = 3,2 \text{ H}$; teine haru koosneb järjestikku lülitatud aktiivtakistusest $r = 1000 \Omega$ ja induktiivsusest $L = 1,6 \text{ H}$; kolmas haru koosneb ühest mahtuvusest $C = 1,6 \mu\text{F}$. Ahelat toidetakse pingega $U = 120 \text{ V}$ sagedusel $f = 50 \text{ Hz}$.

Kujundada skeem ja määrata üldine voolutugevus ning voolutugevused harudes, aga samuti ka aktiivne, reaktiivne ja näivvõimsus kogu ahela ja iga ahela haru kohta. Koostada kogu ahela kohta vektordiagramm ja juhtivuste kolmnurk 2-se haru kohta.

Kontrolltöö nr. 5

1. Kolmefaasilise voolu neljajuhtmelisse ahela ($Z_0=0$) on lülitatud tähtlülitusesse hõõglambid: $P_A=480$ W; $P_B=1200$ W ja $P_C=960$ W. Määrata voolutugevus liinijuhtmetes ja nulljuhtmes. Liinipinge on 380 V. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

2. Kolm võrdset 30Ω takistust on ühendatud kolmnurka ja lülitatud kolmefaasise voolu ahelasse liinipingel 380 V. Kuidas on vaja muuta faasitakistuse suurust selleks, et nende lülitamisel tähte liinivool jääks muutmatuks?

3. Ahela aktiivtakistus on 8Ω ja induktiivtakistus 6Ω . Klemmidel pinge kompleksarv on $(100+j 180)$ V. Arvutada aktiiv, reaktiiv ja näivvõimsused.

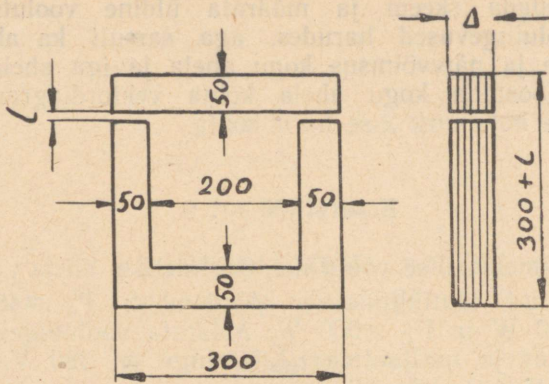
Kontrolltöö nr. 6

1 Määrata mittehargnevas ahelas, millele on rakendatud mittesiinuline pinge

$u = 282 \sin \omega t + 70,7 \sin 3 \omega t + 28,2 \sin 5 \omega t$ (V), vooluvuse efektiivväärtus, aktiivvõimsus ja võimsustegur kui $r=60 \Omega$, $\omega L=10 \Omega$ ja $\frac{1}{\omega C}=90 \Omega$.

2. Kolmefaasise generaatori mähistes indutseerub sümmeetriline, kuid mittesiinuline emj, mis sisaldab 1-st, 3-ndat, 5-ndat ja 7-ndat harmoonilist. Emj-de efektiivväärtused vastavalt on võrdsed: 220 V; 30 V; 10 V; 4 V. Määrata faasipinge ja liinipinge efektiivväärtused. Arvutada mitu korda on liinipinge suurem faasipingest.

3. Elektrotehnilisest lehtterasest südamikule (vt. joonis) on paigutatud mähis, mis ühendatud vahelduvvoolu võrguga pingel $U=220$ V ja sagedusel $f=50$ Hz. Südamikule mahust 12% moodustab isolatsiooni. Mähiste takistust mitte arvestada.



Joonis.

Määrata mähise keerdude arv ja võimsusetegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

| | |
|------------------------|----------------------------|
| magnetiline induksioon | $B = 1400 \text{ G}$, |
| õhupilu pikkus | $\bar{l} = 0,5 \text{ mm}$ |
| ja paketi paksus | $\Delta = 80 \text{ mm}$. |

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 5

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 5 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö

1. Kahe voolu hetkväärtused on määratud järgmiste võrranditega:

$$i_1 = 20 \sin(\omega t - 150) \text{ A ja } i_2 = 30 \sin(\omega t + 30^\circ) \text{ A.}$$

Koostada vektordiagramm ja hetkväärtuste graafikud. Graafilisel ja vektoriaalsel liitmisel määrata summaarne vool ($i_1 + i_2$).

Vektordiagrammi ja graafiku järgi määrata summaarse voolu amplituudväärtus ja algfaas.

2. Mittehargnevat ahelat, mis koosneb järjestikku lülitatud aktiivtakistusest $r = 150 \Omega$, induktiivsusest L ja kahest mahtuvusest C_1 ning C_2 — kumbki $10 \mu\text{F}$, toidetakse vahelduvvoolu allikast vahelduvpingel $U = 110 \text{ V}$ ja sagedusel $f = 100 \text{ Hz}$.

Kujundada ahela skeem ja määrata ahelas voolutugevus, pingelang aktiivtakistusel, induktiivsusel ja kummalgi mahtuvusel, ning samuti induktiivsuse suurus, millal ahelas tekib pingeresonants.

3. Kahest paralleelharust koosnevat hargnevat ahelat toidetakse vahelduvvoolu allikast pingele $U = 120 \text{ V}$ ja sagedusel $f = 50 \text{ Hz}$. Esimene haru sisaldab järjestikku lülitatud aktiivtakistust $r_2 = 500 \Omega$ ja induktiivsust $L = 1,6 \text{ H}$. Teine haru sisaldab järjestikku lülitatud aktiivtakistust $r_2 = 500 \Omega$ ja mahtuvust $C = 0,8 \mu\text{F}$.

Kujundada ahela skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevused harudes, samuti ka aktiivne, reaktiivne ja näivvõimsus kogu ahela ja iga haru kohta. Koostada juhtivuste kolmnurk esimese haru kohta. Korrata voolude arvutust, kui mahtuvus $C=1,6 \mu\text{F}$.

Koostada mõõtkavas iga juhu kohta vektordiagramm.

Kontrolltöö nr. 5

1. Pinge kompleksarv on $120 e^{-j\frac{\pi}{2}} \text{ V}$. Voolu kompleksarv on $10 e^{j\frac{\pi}{4}} \text{ A}$. Arvutada voolu ja pinge aktiiv ning reaktiiv komponendid.

2. Kolmefaasise voolu neljajuhtmelisse ahelasse ($Z_0=0$) on lülitatud hõõglambid tähte. Liinipinge on 220 V. Voolutugevus faasis A on $J_A=100 \text{ A}$; voolutugevus faasis B on $J_B=50 \text{ A}$; voolutugevus nulljuhtmes on 50 A ja langeb faasi vooluga J_A . Määrata voolutugevus faasis C. Arvutada iga faasi võimsus. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

3. Koostada, kolmefaasilise voolu ahelasse lülitatud kolmest takistusest koosneva kolmnurklülituse korral, faasi ja liinivoolude vektordiagramm, kui $Z_{AB}=\omega L$;

$$Z_{BC}=\frac{1}{\omega C}; \quad Z_{CA}=\infty, \text{ kusjuures } \omega L=\frac{1}{\omega C}.$$

Kontrolltöö nr. 6

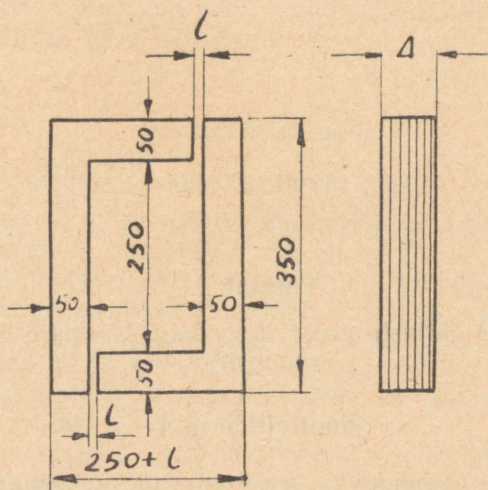
1. Aktiivtakistus $r=10\Omega$ on lülitatud võrku pingel

$$u = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{3}) + \sqrt{2} \cdot 80 \cdot \sin 3\omega t + \\ + \sqrt{2} \cdot 30 \cdot \sin(5\omega t - \frac{\pi}{4}).$$

Arvutada voolu ja pinge efektiivväärtused. Koostada graafikud $i(t)$ ja $u(t)$.

2. Kolmefaasise generaatoriga, mille mähistes indutseerub sümmeetriline, kuid mittesiinuseline emj — sisaldades esimest ja kolmandat harmoonilist, on ühendatud ühtlane koormus. Generaatori mähised ja koormus on ühenda-

tud tähte. Voolutugevus liinijuhtmetes on 6 A ja nulljuhtmes 3 A. Määrata esimese ja kolmanda harmoonilise efektiivväärtused.



Joonis

3. Elektrotehnilisest terasest südamikul (vt. joonis), millele paigutatud mähis, on lülitatud vahelduvvoolu võrku pingel $U=220\text{ V}$ ja sagedusel $f=50\text{ Hz}$. Südamikü magnetjuhi mahust 11% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta. Määrata voolutugevus mähises ja võimsuse-egur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

mähise keerdude arv on $\omega=278$,
 õhupilu pikkus on $l=0,2\text{ mm}$
 ja paketi paksus $\Delta=45\text{ mm}$.

Kontrolltööd

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 6

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 6 lõppevat numbrit).

Kontrolltöö nr.4

1. Kolm vahelduvat emj omavad maksimaalväärtusi $E_{1m} = 15 \text{ V}$, $E_{2m} = 30 \text{ V}$ ja $E_{3m} = 10 \text{ V}$ ja algaase $\psi_1 = -30^\circ$, $\psi_2 = -120^\circ$, $\psi_3 = -135^\circ$. Kirjutada välja emj-de hetkväärtuste võrrandid ja koostada nende vektordiagramm ning hetkväärtuste kõverad.

Määrata vektoriaalsel ja graafilisel liitmisel summaarne emj. Graafiku ja vektordiagrammi järgi määrata summaarse emj maksimaalne väärtus ning algaas.

2. Mittehargnev ahel koosneb järjestikku lülitatud r , L ja C -st, kusjuures induktiivsus on $L = 2 \text{ H}$. Ahelat toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel $U = 100 \text{ V}$ ja sagedusel $f = 50 \text{ Hz}$. Voolutugevus ahelas on $J = 0,5 \text{ A}$. Kujundada ahela skeem ja määrata mahtuvuse suurus C , ning pingelangud aktiivtakistusel, induktiivsusel ja mahtuvusel, kui ahelas on tekkinud pingeresonants. Koostada vektordiagramm ja takistuste kolmnurk.

3. Kolmest paralleelharust koosnevat hargnevat ahelat toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel $U = 100 \text{ V}$ ja sagedusel $f = 1000 \text{ Hz}$. Esimene haru koosneb ühest induktiivsusest $L_1 = 80 \text{ mH}$, teine haru järjestikku lülitatud induktiivsusest $L_2 = 80 \text{ mH}$ ja mahuvusest $C = 0,16 \text{ } \mu\text{F}$, kolmas haru ühest aktiivtakistusest $r = 1000 \text{ } \Omega$.

Kujundada ahela skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevused paralleelharudes, aga samuti aktiiv, reaktiiv ja näivvõimsus kogu ahela ja iga haru kohta.

Koostada vektordiagramm kogu ahela kohta ja juhtivuste kolmnurk teise haru kohta.

Kontrolltöö nr. 5

1. Näivvõimsuse kompleksarv on $2000 e^{j\frac{\pi}{6}}$ VA. Pinge kompleksarv on $j 120$ V. Arvutada voolu kompleksarv, ning määrata ta aktiiv ning reaktiivkomponendid.

2. Kolmefaasise voolu neljajuhtmelisesse ahela on lülitatud kolm gruppi hõõglampe tähte. Lampide võimsus, mis on lülitatud faasi A moodustab 880 W; faasis B 330 W ja faasis C 660 W. Arvutada voolud liinijuhtmetes ja voolutugevus nulljuhtmes. Koostada mõõtkavas vektordiagramm. Liinipinge on 380 V.

3. Kolm võrdset 10Ω -st takistust on ühendatud tähte ja lülitatud kolmefaasise voolu ahelasse liinipingel 220 V.

Arvutada mitu korda suureneb liini vool, kui needsamad takistused ümber ühendada kolmnurka.

Kontrolltöö nr. 6

1. Mähise kelmmidele, mille takistus $r = 8 \Omega$ ja induktiivsus $L = 70$ mH, on rakendatud pinge:

$$u = \sqrt{2} \cdot 120 \cdot \sin \omega t + \sqrt{2} \cdot 80 \cdot \sin (3\omega t + \frac{\pi}{4}).$$

Kirjutada mittesiinuselise voolu võrrand. Arvutada voolutugevuse efektiivväärtus ja aktiivvõimsus.

Esimese harmoonilise sagedus on 50 Hz.

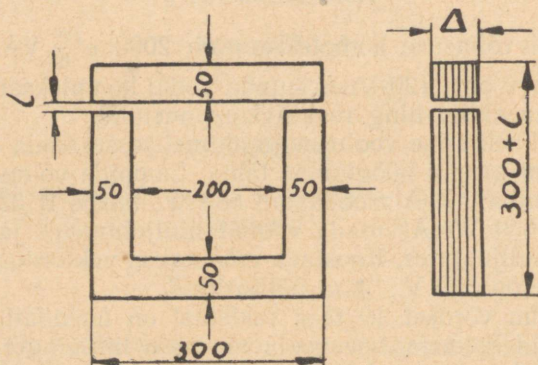
2. Kolmefaasise generaatoriga, mille mähised on ühendatud tähte, ühendatakse ühtlane koormus, mis samuti on ühendatud tähte. Nulljuhet ei ole. Generaatori mähises A indutseerub faasi emj

$$e_A = 170 \sin \omega t + 40 \sin 3 \omega t.$$

Tarbija faasitakistused esimesele harmoonilisele on $(16 + j 4) \Omega$.

Arvutada liinivoolud ja nullpunkti nihe. (Pinge nullpunktide vahel).

3. Elektrotehnilisest lehtterasest südamikule (vt. joonis) on paigutatud mähis, mis lülitatud vahelduvvoolu võrku pingel $U = 220$ V. ja sagedusel $f = 50$ Hz. Südamiku (magnetjuhi) mahust 12% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta.



Joonis.

Määrata mähise keerdude arv ja võimsustegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

| | |
|------------------------|-------------------|
| magnetiline induksioon | $B = 16000$ G |
| õhupilu pikkus | $l = 1,0$ mm |
| ja paketi paksus | $\Delta = 80$ mm. |

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 7

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 1 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 4

1. Kahe voolu hetkväärtused on antud võrranditega:
 $i_1 = 10 \sin(\omega t + 120^\circ)$ A ja $i_2 = 20 \sin(\omega t - 90^\circ)$ A.

Koostada vektordiagramm ja hetkväärtuste graafikud.

Koostada summaarse voolu ($i_1 + i_2$) vektor ja graafik, ning määrata vektordiagrammi ja graafiku järgi summaarse voolu maksimaalväärtus ja algfaas.

Määrta ajaline nihe voolude i_1 ja i_2 nullväärtuste vahel.

2. Mittehargnevat ahelat, mis koosneb järjestikku lülitatud akiivtakistusest $r = 50 \Omega$, induktiivsusest $L = 0,14$ H ja mahtuvusest C , toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel $U = 110$ V ja sagedusel $f = 200$ Hz.

Ahelas tekkis pingeresonants. Kujundada skeem ja määrata voolutugevus ahelas, pingelaeng induktiivsusel, mahtuvusel ja aktiivtakistusel, aga samuti mahtuvuse C suurus.

Koostada vektordiagramm ja takistuste kolmnurk.

3. Hargnevat ahelat, mis koosneb kolmest paralleelharust, toidetakse vahelduvvoolu võrgust pingel $U = 220$ V ja sagedusel $f = 50$ Hz. Esimene haru sisaldab aktiivtakistust $r_1 = 300$ ja mahtuvust $C_1 = 8 \mu\text{F}$; teine haru sisaldab aktiivtakistust $r_2 = 600 \Omega$ ja mahtuvust $C_2 = 4 \mu\text{F}$; kolmas haru sisaldab üht induktiivsust $L = 3,2$ H.

Kujundada skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevused harudes, aga samuti näiv, aktiivne ja reaktiivne võimsus kogu ahela ning iga haru kohta.

Koostada vektordiagramm kogu ahela kohta ja juhtivuste kolmnurk esimese haru kohta.

Kontrolltöö nr. 5

1. Paralleelselt on lülitatud kaks näivtakistust $Z_1 = 4\Omega$ ja $Z_2 = j6\Omega$, millega järjestikku on lülitatud näivtakistus $Z_3 = j2\Omega$. Selle ahela klemmidel on rakendatud pinge 220 V. Arvutada voolutugevused kõikides harudes ja võimsuse kompleksarv.

2. Kolmefaasise voolu ahelasse on lülitatud kolm takistust kolmnurk ühendusse: $Z_{AB} = (6 - j6)\Omega$; $Z_{BC} = 8\Omega$ ja $Z_{CA} = (4 + j10)\Omega$. Liinipinge on 220 V. Arvutada faasi ja liini voolud. Leida iga takistuse võimsuse kompleksarv. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

3. Millise kolme aktiivtakistuse, millised on ühendatud tähte ilma nulljuhtmeta, suhte juures faasipinged kahes ühesuguselt koormatud faasides on nihutatud üksteisest 90° nurga võrra?

Kontrolltöö nr. 6

1. Ahela klemmidel pinge muutub seaduse järgi

$$u = 141 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right) + 28,2 \sin\left(3\omega t + \frac{\pi}{4}\right) + 14,1 \sin\left(5\omega t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ V.}$$

Vool samas osas on

$$i = 7,07 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{12}\right) + 1,41 \sin\left(3\omega t + \frac{\pi}{10}\right) + 0,107 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{9}\right) \text{ A.}$$

Arvutada voolu ja pinge efektiivväärtused, aktiivne võimsus ning võimsustegur.

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 8

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 8 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 4

1. Kolm vahelduvat emj omavad maksimaalväärtusi $E_{1m} = 5 \text{ V}$, $E_{2m} = 10 \text{ V}$ ja $E_{3m} = 20 \text{ V}$, ning algaase $\varphi_1 = 60^\circ$, $\varphi_2 = 135^\circ$ ja $\varphi_3 = -60^\circ$.

Kirjutada välja emj-de hetkväärtuste võrrandid ja koostada nende graafikud ja vektordiagramm.

Teostada 3-e emj graafiline ning vektoriaalne liitmine ja määrata graafiku ning vektordiagrammi järgi summaarse emj maksimaalväärtus ning algaas.

2. Mittehargnevat ahelat, mis koosneb järjestikku lülitatud $r = 200 \Omega$, $L = 0,24 \text{ H}$ ja $C = 1 \mu\text{F}$, toidetakse vahelduvvoolu toiteallikast pingel $U = 110 \text{ V}$ sagedusel $f = 300 \text{ Hz}$.

Kujundada skeem ja määrata ahelas voolutugevus, pingelang aktiivtakistusel, induktiivsusel ja mahtuvusel.

Koostada vektordiagramm ja takistuste kolmnurk.

3. Kahest paralleelharust koosnevat hargnevat ahelat toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel $U = 120 \text{ V}$ ja sagedusel $f = 50 \text{ Hz}$.

Esinene haru koosneb järjestikku lülitatud $r_1 = 300 \Omega$, $L_1 = 1,27 \text{ H}$ ja $C_1 = 8 \mu\text{F}$, teine haru koosneb järjestikku lülitatud $r_2 = 300 \Omega$ ja $C_2 = 8 \mu\text{F}$.

Kujundada ahela skeem ja määrata üldine voolutugevus ning voolutugevused harudes, aga samuti aktiivne, reaktiivne ja näivvõimsus kogu ahela ja iga haru kohta.

Korrata voolude arvutust juhul, kui esimeses harus on lülitatud takistus r_1 ja mahtuvus C_1 .

Koostada vektordiagrammid mõlemi juhu kohta.

Koostada teise haru kohta juhtivuste kolmnurk.

Kontrolltöö nr. 5

1. Elektriahel koosneb kolmest näivtakistusest $Z_1 = j 10 \Omega$, $Z_2 = 6 \Omega$ ja $Z_3 = 4 \Omega$.

Näivtakistused Z_1 ja Z_2 on ühendatud paralleelselt, aga Z_3 nendega järjestikku. Voolutugevus kolmandas takistuses on 12 A.

Määrata pinge ahela klemmidel ja võimsuse kompleksarvud ahela iga osa kohta.

2. Tähte ühendatud ja sümmeetrilisele liinipingele 380 V lülitatud energiatarbija kõikide faaside takistus on 20 Ω . Iga faasi võimsustegur on 0,85.

Arvutada faasi ja liinivoolud, võimsus iga faasi ja kogu ahela kohta.

3. Koostada mõõtkavas voolude diagramm ahela kohta, mis koosneb kolmest kolmnurka ühendatud takistusest nende lülitamisel sümmeetrilistele emj-dele, kui

$$Z_A = r, Z_B = 2 r \text{ ja } Z_C = r + j3r.$$

Kontrolltöö nr. 6

1. Mittesiinuseline pinge

$$u = \sqrt{2} \cdot 210 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) + \sqrt{2} \cdot 50 \cdot \sin 3 \omega t \text{ (V)}$$

on lülitatud mähise, mille näivtakistus esimesele harmoonilisele on $(10 + j10) \Omega$, klemmidele.

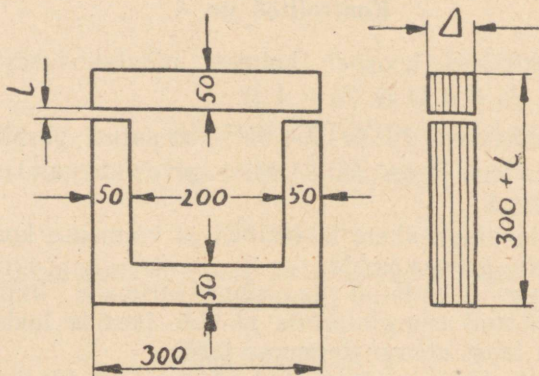
Arvutada voolu ja pinge efektiivväärtused, aktiivvõimsus ja võimsuse tegur.

2. Kolmefaasise generaatori mähistes indutseerub sümmeetriline, kuid mittesiinuseline emj. Faasis A emj väljendub võrrandiga

$$e_A = 200 \sin \omega t + 60 \sin 3 \omega t \text{ (V)}$$

Arvutada liinipinge efektiivväärtused mähiste ühendamisel tähte ja kolmnurka, kui faasimähise takistus on 0,5.

3. Elektrotehnilisest terasest südamikule (vt. joonis) on paigutatud mähis, mis on lülitatud vahelduvvoolu võrku pingel $U=220$ V ja sagedusel $f=50$ Hz. Südamiku (magnetjuhi) mahust 12% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta.



Määrata mähise keerdude arv ja võimsustegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

magnetiline induksioon
 õhupilu pikkus
 paketi paksus

$B=10000$ G
 $l=0,2$ mm ja
 $\Delta=50$ mm.

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 9

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 9 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 4

1. Kahe voolu hetkväärtused on antud võrranditega:
 $i_1 = 15 \sin(\omega t - 30^\circ)$ ja $i_2 = 7,5 \sin(\omega t + 80^\circ)$.

Koostada vektordiagramm ja hetkväärtuste kõverad, ning määrata vektoriaalsel ja graafilisel liitmisel summaarne vool. Graafiku ja vektordiagrammi järgi määrata summaarse voolu maksimaalväärtus ning algfaas.

Määrata ajaline nihe voolude i_1 ja i_2 nullväärtuste vahel.

2. Mittehargnev ahel koosneb järjestikku ühendatud r , L ja C -st, kusjuures pingelang aktiivtakistusel $U_a = 50$ V aga induktiivsusel $U_L = 120$ V. Ahelas tekkis pingeresonants.

Kujundada skeem ja määrata vooluallika pinge, voolutugevus ahelas, aga samuti ka induktiivsus ja mahtuvus, kui $R = 100 \Omega$ ning vooluallika sagedus on $f = 50$ Hz.

3. Kolmest paralleelharust koosnevat hargnevat ahelat toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel 100 V ja sagedusel $f = 1000$ Hz.

Esimesse harusse on lülitatud üks induktiivsus $L_1 = 80$ mH, teise harusse mahtuvus $C = 0,16 \mu\text{F}$ ja kolmandasse harusse järjestikku induktiivsus $L_2 = 160$ mH ja aktiivtakistus $r = 1000 \Omega$.

Kujundada skeem ja määrata üldine voolutugevus ning voolutugevused paralleelharudes, aga samuti aktiivne,

reaktiivne ja näivvõimsus iga haru ning kogu ahela kohta.

Koostada mõõtkavas vektordiagramm kogu ahela kohta ja juhtivuste kolmnurk kolmanda haru kohta.

Kontrolltöö nr. 5

1. Aktiivvõimsus on 6000 W, reaktiivvõimsus on 3000 VAR ja voolu kompleksarv on $(20 + j 20)$ A.

Määrata pinge kompleksarv ja pinge aktiiv ning reaktiiv komponendid.

2. Kolm võrdset aktiivtakistust on ühendatud tähte ilma nulljuhtmeta. Faasis B tekkis lühis.

Arvutada juhtmete B ja C liinivoolude suhe.

3. Kolmefaasilisse ahelasse, liinipingega 220 V, on lülitatud elektrilised hõõglambid kolmnurka. Juhtmete A ja B vahele ühendatud lampide üldine võimsus on 2200 W, juhtmete B ja C vahel 1100 W ja juhtmete C ja A vahel 4400 W.

Määrata faasi ja liinivoolud. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

Kontrolltöö nr. 6

1. Arvutada voolutugevuse efektiivväärtus, aktiivvõimsus, ja võimsustegur mittehargnevas elektriahelas, kui takistused $r=20 \Omega$, $\omega L=20 \Omega$ ja $\frac{1}{\omega C}=180 \Omega$.

Pinge klemmidel on

$$u = \sqrt{2} \cdot 200 \sin \omega t + \sqrt{2} \cdot 60 \sin 3 \omega t.$$

2. Kolmefaasise generaatori faasipinge sisaldab esimest ja kolmandat harmoonilist. Mähiste lülitamisel tähte on mõõdetud voltmeetriga faasi ja liinipinged.

Näidud vastavalt on võrdsed 125 V ja 280 V.

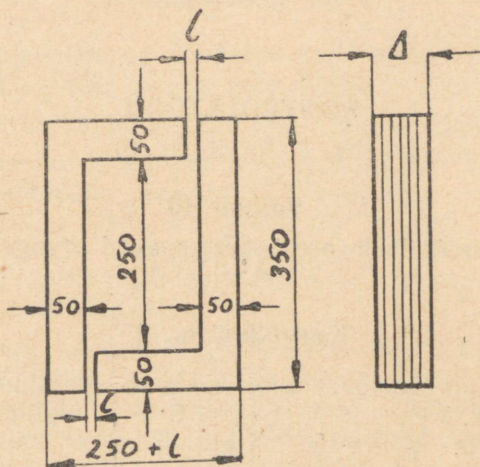
Arvutada harmooniliste amplituudid.

3. Elektrotehnilisest terasest südamikul (vt. joonis) on paigutatud mähis, mis on lülitatud vahelduvvoolu võrku pingel $U=220$ V ja sagedusel $f=50$ Hz. Südamiku (magnetjuhi) mahust 11% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta.

Määrata voolutugevus mähises ja võimsusetegur, koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

mähise keerdude arv on
 õhupilu pikkus
 paketi paksus

$\omega = 208$,
 $l = 0,5$ mm;
 $\Delta = 45$ mm.



Joonis

KONTROLLTÖÖD

(Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6)

Variant 10

(Teostatakse õpilaste poolt, kes omavad arvuga 10 lõppevat numbrit)

Kontrolltöö nr. 4

1. Kolm vahelduvat emj omavad maksimaalväärtusi $E_{1m} = 10$ V, $E_{2m} = 15$ V, $E_{3m} = 7,5$ V ja algfaase $\psi_1 = 60^\circ$, $\varphi_2 = -45^\circ$ ja $\varphi_3 = -150^\circ$. Koostada antud emj-de vektordiagramm ning hetkväärtuste kõverad ja määrata vektoriaalsel ja graafilisel liitmisel summaarne emj. Graafiku ja vektordiagrammi järgi määrata summaarse emj maksimaalväärtus ning algfaas.

2. Mittehargnevat ahelat, mis koosneb järjestikku lülitatud aktiivtakistusest $r = 400 \Omega$, induktiivsusest $L = 1,6$ H ja mahtuvusest $C = 10 \mu\text{F}$, toidetakse vahelduvvoolu allikast pingel $U = 280$ V ja sagedusel $f = 40$ Hz.

Määrata voolutugevus, võimsusetegur ja pingelangud aktiivtakistusel, induktiivsusel ning mahtuvusel. Koostada mõõtkavas vektordiagramm.

Korrata kõiki arvutusi juhul, kui mahtuvus on lühistatud.

3. Vahelduvvoolu allikas pingega $U = 120$ V ja sagedusega $f = 50$ Hz toidab kahest paralleelharust koosnevat hargnevat ahelat. Esimene haru sisaldab ühe induktiivsuse $L = 1,6$ H, aga teine haru järjestikku lülitatud aktiivtakistust $r = 500 \Omega$ ja mahtuvust $C = 3,2 \mu\text{F}$.

Kujundada skeem ja määrata üldine voolutugevus ja voolutugevused harudes, aga samuti ka aktiivvõimsuse,

reaktiivvõimsuse ning näivvõimsuse iga haru ja kogu ahela kohta.

Koostada mõõtkavas vektordiagramm kogu ahela kohta ja teise haru kohta juhtivuste kolmnurk.

Kontrolltöö nr. 5

1. Järjestikku on ühedatud kaks mähist $Z_1 = 6 + j 30 \Omega$ ja $Z_2 = 24 + j 10 \Omega$. Pinge klemmidel on 120 V. Arvutada voolutugevus ja pinge kummagi mähise klemmidel.

2. Keerdvoolu võrgus liinipinge on 220 V. Võrgus on elektrihoõglambid ühendatud kolmnurka võimsustega: faasis AB — 2200 W, faasis BC — 550 W ja faasis CA — 1000 W. Liinijuhtmes C põles läbi sulavkaitse. Määrata faasipinged ja liinivoolud (lampide takistust lugeda muutumatuna).

3. Kolm võrdset aktiivtakistust on ühendatud tähte ilma nulljuhtmeta. Faasis A tekkis katkestus ja tema takistus suurenes kuni lõpmatuseni. Arvutada liinijuhtmes B liinivoolude, enne juhtmete takistust ($r_A = r_B = r_C$) ja juhtme katkestusel $R_A = \infty$, suhe.

Kontrolltöö nr. 6

1. Kondensaatori, mille takistus esimesele harmoonilisel on 30 Ω , klemmidele on rakendatud pinge

$$u = \sqrt{2} \cdot 100 \sin \omega t + \sqrt{2} \cdot 60 \sin 3\omega t \text{ (V)}.$$

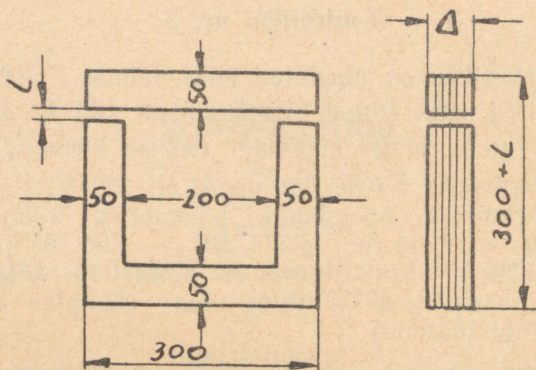
Koostada voolu võrrand. Saadud andmetel koostada mõõtkavas graafikud $u(t)$ ja $i(t)$.

Arvutada voolu ja pinge efektiivväärtused.

2. Kolmefaasise generaatori, mille mähised on ühendatud tähte, faasipinge sisaldab esimest harmoonilist, mille amplituudväärtus on $\sqrt{2} \cdot 125$ V ja kolmanda harmoonilist amplituudväärtusega $\sqrt{2} \cdot 51$ V.

Kui suur on voolutugevus tühijooksul. Kuidas muutub voolutugevus, kui ühel mähisel vahetada klemmid. Mähiste näivtakistus on $(1,3 + j 2,8) \Omega$.

3. Elektrotehnilisest terasest südamikule (vt. joonis) on paigutatud mähis, mis on lülitatud vahelduvvoolu võrku pingel $U=220\text{ V}$ sagedusel $f=50\text{ Hz}$. Südamiku (magnetjuhi) mahust 12% moodustab isolatsioon. Mähise takistust ei arvesta.



Joonis

Määrata mähise keerdude arv ja võimsustegur; koostada mõõtkavas vektordiagramm järgmistel andmetel:

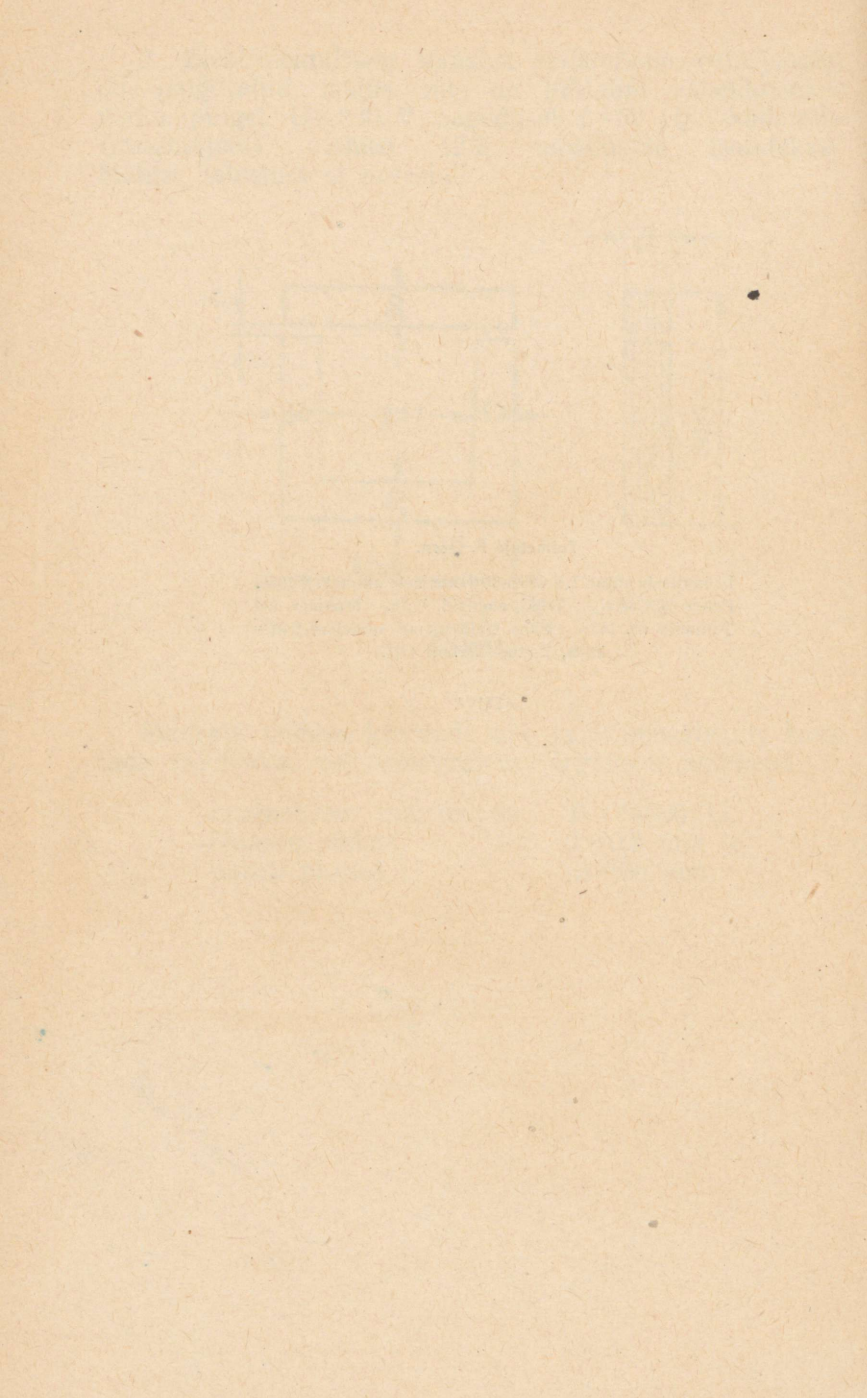
magnetiline induktsioon
õhupilu pikkus
paketi paksus

$B=14000\text{ G}$,
 $l=0,5\text{ mm}$ ja
 $\Delta=60\text{ mm}$.

Toimetaja F. Qorn.

Ladumisele antud 7.V 1959. Trükkimisele antud 7.X 1959.
Paber 54×84 ¹/₁₆. Trükipoognaid 10,75. Trükiarv 400
Tellimise nr. 1321. Hans Heidemanni nimeline trüki-
koda, Tartu, Ülikooli 17|19.

TASUTA



Trükivigu

| Lehekülg | Rida | On | Peab olema |
|----------|--------|-----------|------------|
| 169 | 6. alt | tähte | kolmnurka |
| 169 | 6. alt | faaspinge | faaspinge |
| 169 | 5. alt | kolmanda | kolmandat |

Lk. 81 joonis 10 on ümberpööratud asendis.

Tellimise nr. 1321

Tasuta

A-22881

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00376754 0