

ELEKTRĪBA UN MAGNĒTISMS

Laboratorijas darbi Uzdevumi patstāvīgai risināšanai

RTU Elektrotehnikas institūts
2010

Krājumā ievietoti priekšmeta «Elektrība un magnētisms» (EuM) laboratorijas darbu apraksti, kurus RTU Elektrotehnikas teorētisko pamatu laboratorijā strādā Elektrotehnikas un enerģētikas fakultātes studenti. Darbu numerācija sākas ar 51. darbu, iepriekšējos numurus paredzot darbiem, ko šajā laboratorijā izpilda studenti, kuri apgūst citus priekšmetus – Elektrotehnikas teorētiskos pamatus (ETP), Elektrisko ķēžu teoriju u.c. Krājuma 2010.g. izdevumam pievienots arī nedaudz pārveidots 37. darbs no ETP kursa, kuru parasti strādā kopā ar citiem EuM laboratorijas darbiem.

Ievērojot to, ka EuM lekciju stundu skaits ir visai neliels, krājuma sastādītāji darbu aprakstus papildinājuši ar īsiem teorētiska rakstura paskaidrojumiem, kuriem citos apstākļos būtu vairāk uzmanības jāvelta lekcijās. Tomēr atkarībā no studenta iepriekšējās sagatavotības iespējams, ka viņam būs nepieciešams izmantot vēl arī citus literatūras avotus. Teorētiskie jautājumi, kurus lietderīgi zināt šo laboratorijas darbu izpildei, aplūkoti daudzās fizikas un elektrotehnikas mācību grāmatās; tādēļ krājuma sastādītāji konkrēto literatūras avotu nosaukšanu atstāj EuM plūsmu lektoru un laboratorijas darbu vadītāju ziņā.

Krājumā bez laboratorijas darbu aprakstiem iekļauti arī uzdevumi, kas paredzēti studentiem patstāvīgai risināšanai, apgūstot priekšmetu. Risināšanai rekomendējamus uzdevumu numurus nosaka plūsmas lektors.

Krājumu sastādījuši I.Dūmiņš, N.Nadežņikovs, J.Briedis, U.Zītars, P.Broks, A.Purviņš, U.Antonovičs. Autori pateicas I.Daudem par viņa ieguldīto lielo darbu, izgatavojot laboratorijas darbu veikšanai nepieciešamās iekārtas.

51. laboratorijas darbs.

ELEKTRISKĀ LAUKA MODEĻŠANA.

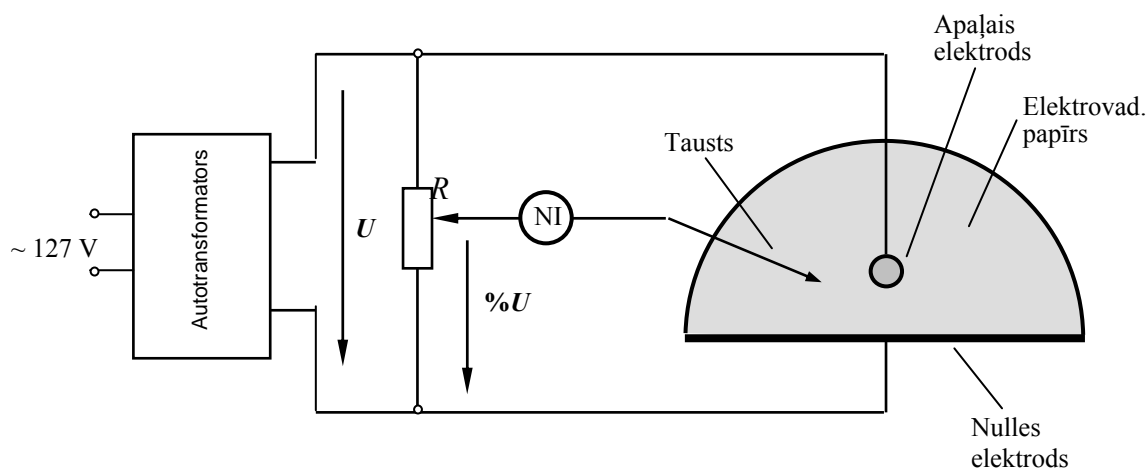
Darbā jāiegūst divu garu paralēlu elektrodu radītā elektriskā lauka aina divos gadījumos: elektrodiem ar apaļu šķērs griezumu un ar kvadrātveida šķērs griezumu. Jānosaka maksimālā elektriskā lauka intensitāte izmantotajā modelī un ar tās palīdzību jāaprēķina, cik liels būs elektriskās caursītes spriegums reālajā iekārtā, kuru veido divi elektrodi ar konkrētiem izmēriem.

IEKĀRTAS APRAKSTS

Plakanparalēlu elektrisko lauku var pētīt ar modeli, kurā izolējošā vide (gaiss) aizvietota ar vāji elektrovadošu vidi (šajā darbā – ar vadošu papīru). Ja uz vadošā papīra novieto apaļu elektrodu (1.1.att.) un pieslēdz to sprieguma avotam, iegūst lauku, kas atbilst bezgalīgi gara uzlādēta cilindra laukam jebkurā cilindram perpendikulārā (t.i., modelim paralēlā) plaknē. Matemātiski var pierādīt (mēs šo pierādījumu šeit neapskatīsim), ka modelī, ja saglabāta tā ģeometriskā līdzība ar pētāmo konstrukciju, saglabājas arī potenciāla sadalījuma līdzība ar patieso potenciāla sadalījumu. Turklāt modelī ir pilnīgi pieļaujama kā ģeometriskā mēroga tā sprieguma mēroga maiņa.

Ar speciāliem paņēmieniem var panākt arī, ka praktiski neierobežotas telpas apgabalu var pētīt ar samērā nelielu vadošā papīra modeli. Modelis tiek izveidots no diviem slāņiem, kuru arējās malas pusloka veidā ir savā starpā elektriski savienotas. Var pierādīt, ka tā tiek tuvināti imitēta bezgalīga apkārtējā telpa.

Pētot lauku, ko rada divi vienādi paralēli elektrodi, simetrijas dēļ var pētīt tikai viena elektroda lauku, aizvietojojt abu elektrodu sistēmas simetrijas asi ar taisnu elektrodu (*nulles elektrodu*). Tad spriegums U (51.1.att.) atbilst pusei no kopējā sprieguma reālajā konstrukcijā.



51.1. att.

Lai atrastu elektriskā lauka ekvipotenciālās līnijas, var izmantot 51.1.att. parādīto shēmu. Ar potenciometru R, kurš graduēts procentos no kopējās vērtības, iestāda meklējamās ekvipotenciāles potenciālu φ (% no U). Šo potenciālu pievada mēraparāta, kuru izmanto par *nulles indikatoru* (šajā darbā – elektronstaru oscilogrāfa) vienai spaiļei. Indikators otra spaiļi pievienota adatveida elektrodam (*taustam*), kuru pārvietojojt pa modeli, atrod modelī to punktu ģeometrisku vietu, kuru potenciāls ir vienāds ar iestādīto φ vērtību - t.i., ekvipotenciālo līniju ar potenciālu φ . Pēc tam iestāda citas φ vērtības un uzņem citas ekvipotenciāles.

Ar 51.1.att. parādītās shēmas palīdzību var arī izmērīt potenciāla vērtību jebkurā modeļa punktā. Šajā nolūkā tausta galu novieto interesējošajā punktā un ar potenciometru R iestāda tādu φ vērtību, lai indikators parādītu, ka φ vērtība neatšķiras no tā punkta potenciāla, kurā novietots tausts. Tad no potenciometra skalas var nolasīt punkta potenciālu (% no U).

Pirms darba laboratorijā:

- 1) laboratorijas darba protokolā uzzīmēt sagaidāmo ekvipotenciāļu un spēka līniju ainu, kādu rada virs elektrovadošas (ekvipotenciālas) plaknes tai paralēli novietots cilindrisks elektrods (4-5 ekvipotenciāles un spēka līnijas);
- 2) darba veikšanai jā sagatavo 2 loksnes A3 formāta milimetru papīra.

LABORATORIJĀ VEICAMĀ DARBA UZDEVUMS

1. Saslēgt 51.1.attēlā parādīto shēmu, novietojot tajā apaļu (cilindrisku) elektrodu pasniedzēja norādītajā vietā. Elektroda novietojumu pēc tam vairs nedrīkst mainīt. Uz milimetru papīra mērogā 1:1 uzzīmēt elektroda novietojumu.
2. Ieslēgt shēmu un iestādīt uz elektrovadošā papīra elektroda tiešā tuvumā pasniedzēja norādīto sprieguma U vērtību (100%) attiecībā pret nulles elektrodu.
3. Uzņemt un uzzīmēt (uz milimetru papīra mērogā 1:1) 3 ekvipotenciāles, kuru potenciāli ir 0,3; 0,5; un 0,7 no sprieguma U vērtības. (Pasniedzējs var uzdot arī citas vērtības.)

4. Novērtējot attālumus starp ekvipotenciālēm, noteikt punktu uz elektroda virsmas, kurā ir vislielākā elektriskā lauka intensitāte un novilkta caur šo punktu spēka līniju, līdz tā sasniedz nulles elektrodu.

5. Izmērīt un ierakstīt tabulā potenciāla sadalījumu gar tikko novilkto spēka līniju. Potenciāls jāizmēra 4 -5 spēka līnijas punktos, galveno vērtību veidot potenciāla sadalījumam elektroda tuvumā (tuvākais punkts jāņem 0,5 cm attālumā no elektroda). Uzzīmēt iegūto potenciāla sadalījuma līkni gar spēka līniju, lai pēc līknes formas pārlicinātos, ka tajā nav kļūdu (potenciāla maiņas līknei jābūt monotonai, bez pārliekuma punktiem, tai jāmainās straujāk cilindriskā elektroda apkārtnē, bet lēnāk – nulles elektroda tuvumā; neskaidrību gadījumā mērījumi jāatkārto).



51.2. att.

6. Atkārtot 1.-5. p. norādītās darbības, aizvietojot cilindrisko elektrodu ar kvadrātveida šķērsriezuma elektrodu, kurš jānovieto *ar šķautni pret nulles elektrodu* (51.2. att.) tādā pat attālumā no tā kā iepriekšējais elektrods.

PĒC DARBA LABORATORIJĀ VEICAMĀS UZDEVUMS

7. Darbā iegūtajā ekvipotenciāļu ainā iezīmēt arī aptuvenu spēka līniju ainu abiem elektrodu veidiem. Katrā no šiem gadījumiem jāiezīmē 10 - 12 spēka līnijas, aptverot visu elektroda perimetru. Spēka līnijas jāzīmē biežāk tur, kur lauka intensitāte ir lielāka, retāk – kur tā ir mazāka.

8. Izmantojot 5.p. iegūto potenciāla sadalījuma līkni gar spēka līniju, noteikt elektriskā lauka intensitātes maksimālo vērtību E_m uz elektroda virsmas modelī abiem elektrodu veidiem.

9. Pētāmās reālās iekārtas apaļā elektroda diametru (un tāpat arī kvadrāta diagonāles garumu) $2r_o$ izvēlēties atkarībā no studenta apliecības numura, aprēķinot to no izteiksmes $2r_o = 0,02 \cdot mn + 0,2$ (cm), kur mn ir skaitlis, ko veido studenta apliecības numura pēdējie divi cipari (pēc pasniedzēja norādījuma r_o var būt arī cita vērtība). Noteikt lineārā mēroga koeficientu

$$m_l = r_{o \text{ mod}} / r_o,$$

kur $r_{o \text{ mod}}$ ir apaļā elektroda rādiuss (un kvadrāta pusdiagonāles garums) modelī.

Izmantojot šo koeficientu un attālumu modelī d_{mod} no elektroda centra līdz nulles elektrodam, noteikt, kādam attālumam $2d$ starp elektrodu centriem reālajā konstrukcijā atbilst izmantotais modelis. (Šeit jāatceras, ka attālums līdz nulles elektrodam atbilst tikai pusei no kopējā attāluma.)

10. Izmantojot lineārā mēroga koeficientu m_l un 8.p. noteikto E_m vērtību, aprēķināt maksimālo lauka intensitāti reālajā iekārtā

$$E_{\text{max}} = m_l E_m.$$

abiem elektrodu veidiem. (Šī sakarība izriet no apsvēruma, ka dotas potenciālu starpības gadījumā lauka intensitāte ir apgriezti proporcionāla attālumam starp apskatāmajiem punktiem.)

11. Aprēķināt sprieguma U_c vērtību, kādu pieslēdzot starp diviem vienādiem paralēliem gariem elektrodiem (ar doto $2r_o$ un aprēķināto $2d$ vērtību), sākas gaisa jonizācija un elektriskā caursite abiem elektrodu veidiem.

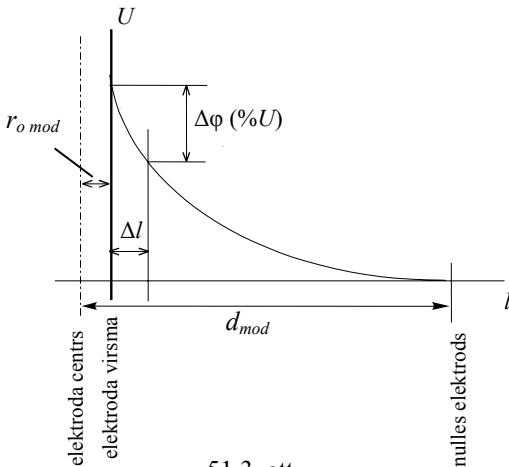
12. Darba secinājumos analizēt iegūto rezultātu līdzību un atšķirības abiem pētītajiem elektrodiem.

Paskaidrojumi 8.p. veikšanai. Ja ir iegūta potenciāla maiņas līkne gar spēka līniju $\varphi = \varphi(l)$, tad elektriskā lauka intensitātes lielumu var atrast kā atvasinājumu: $E = d\varphi/dl$, jeb tuvināti $E = \Delta\varphi/\Delta l$. Vislielākā elektriskā lauka intensitāte E_m , protams, ir uz elektroda virsmas. Tāpēc E_m vērtību tuvināti var noteikt, izmantojot līknes $\varphi(l)$ vistuvāk elektrodam esošo mērījuma punktu. Tad $\Delta l = 0,5$ cm, bet $\Delta\varphi$ iegūst no līknes kā parādīts 1.3. attēlā.

Paskaidrojumi 11. p. veikšanai. Gaisa jonizācija un elektriskā caursite sākas, elektriskā lauka intensitātei gaisā kādā punktā sasniedzot vērtību $E_c = 31$ kV/cm. (Šī vērtība var nedaudz mainīties atkarībā no gaisa spiediena, mitruma, temperatūras u.c. apstākļiem.) Tātad mūsu uzdevums ir – noteikt, cik lielam jābūt spriegumam starp elektrodiem, lai elektriskā lauka intensitātes maksimālā vērtība reālajos apstākļos sasniegtu E_c . Tā kā gadījumā, kad spriegums starp elektrodiem bija $2U$ (modelī mēs izmantojam tikai pusi no šī sprieguma – līdz elektrodu simetrijas asij), ieguvām 10.p. noteikto E_{max} vērtību, tad caursites sprieguma U_c vērtība nosakāma no proporcijas $U_c/(2U) = E_c/E_{\text{max}}$ t.i., $U_c = 2U \cdot E_c/E_{\text{max}}$

Aprēķina piemērs. Pieņemsim, ka elektroda diametrs modelī bija $2r_{o \text{ mod}} = 15$ mm, tā centra attālums no nulles elektroda – $d_{\text{mod}} = 10$ cm, bet elektroda diametrs reālajā iekārtā ir $2r_o = 10$ mm. Tad attāluma mēroga koeficients ir $m_l = 1,5$. Tā kā arī $d_{\text{mod}}/d = m_l$, tad attālums starp elektrodu centriem reālajā iekārtā ir $2d = 2d_{\text{mod}}/m_l = 13,3$ cm. Ja no līknes, līdzīgas kā 51.3.att., iegūts, piemēram, $E_m = \Delta\varphi/\Delta l = 0,4U$ V/cm, tad reālajā iekārtā būs $E_{\text{max}} = m_l \cdot E_m = 0,6U$ V/cm. T.i., $U_c = 2 \cdot U \cdot 31 \cdot 10^3 / 0,6U \approx 103\ 000$ V.

Kā redzams, tad U_c vērtība konkrētajā iekārtā, protams, nav atkarīga no modelī izmantotās sprieguma U vērtības.



51.3. att.

52. laboratorijas darbs.

SPOLES MAGNĒTISKĀ LAUKA PĒTĪŠANA.

Darbā jāizmēra magnētiskā lauka indukcija dažādos punktos spoles apkārtnē, pa kuru plūst strāva, un iegūtā lauka aina jāattēlo grafiski. Tuvināti jāaprēķina magnētiskā lauka indukcijas līnijas integrālis pa kontūru, kurš aptver spoli un, izmantojot pilnās strāvas likumu, jānosaka spoles vijumu skaits. Jānovēro, kādu ietekmi uz lauka ainu un spolē plūstošo maiņstrāvu izraisa feromagnētiska materiāla serdes ievietošana spolē.

IEKĀRTAS APRAKSTS

Magnētiskā lauka indukciju – vektoru \mathbf{B} – kādā telpas punktā var noteikt ar dažādiem paņēmieniem. Laikā nemainīgu indukciju visērtāk var izmērīt, izmantojot Holla efektu – ievietojot pētāmajā laukā pusvadītāja plāksnīti, kurā radīsies indukcijai \mathbf{B} perpendikulāri vērsts, tai proporcionāls elektriskais lauks, izraisot Holla EDS rašanos. Šo elektrodzinējspēku var tieši izmērīt, bet mērinstrumentu, zinot attiecīgo proporcionalitātes koeficientu, var graduēt tieši indukcijas vienībās (T).

Otra, t.s., balistiskā metode izmanto to, ka lauka ieslēgšanas brīdī (piemēram, ieslēdzot spoles strāvu) magnētiskā lauka indukcija tikai pakāpeniski (parasti dažu milisekunžu laikā) pieaug no nulles līdz vērtībai, ko nosaka spoles strāva. Ja telpas punktā, kurā gribam izmērīt indukciju, ir novietota neliela mērspolīte, ieslēgšanas (vai arī izslēgšanas) brīdī tajā atbilstoši Faradeja likumam inducējas EDS. Pieslēdzot mērspolīti galvanometram, var izmērīt lādiņa daudzumu, kāds inducētā EDS ietekmē izplūda caur instrumentu, bet no tā var noteikt arī indukcijas B vērtību.

Šajā darbā izmantots vienkāršāks paņēmiens – spoli, kuras magnētisko lauku gribam pētīt, baro ar sinusoidālu maiņstrāvu. Līdz to arī apkārtējā telpā magnētiskā lauka indukcija \mathbf{B} sinusoidāli mainās laikā. Telpas punktā, kurā gribam izmērīt indukciju, jānovieto neliela mērspolīte. Tajā atbilstoši Faradeja likumam nepārtraukti inducējas elektrodzinējspēks, kura amplitūdas (vai efektīvo) vērtību var izmērīt ar voltmetru, kuram ir liela iekšējā pretestība (darbā izmanto t.s. lampu voltmetru). Zinot mērspolītes parametrus – vijumu skaitu, tās aptvērto šķērsriezuma laukumu kā arī izmantotās maiņstrāvas frekvenci, no izmērītā sprieguma var iegūt arī indukcijas vērtību. (Precīzāk – tā būs mērspolītes **šķērsriezuma laukumam perpendikulāri vērstās** magnētiskā lauka indukcijas vektora komponentes vidējā vērtība pa šo laukumu. Taču tā kā mērspolītes izmēri salīdzinājumā ar spoli, kuras lauks jāpēta, ir mazi, tad varam pieņemt, ka ir izmērīta laukumam perpendikulārā indukcijas komponente punktā, kurā atradās mērspolītes centrs.

Maiņstrāvas izmantošana var izraisīt parādības, kādu nav līdzstrāvas magnētiskajā laukā – virpuļstrāvu rašanos masīvos vadošos ķermeņos, virsmas efektu vados u.c. parādības, kuras ietekmē arī lauka ainu. Tāpēc ar maiņstrāvas palīdzību pētītais spoles magnētiskais lauks var nebūt pilnīgi identisks līdzstrāvas laukam. Tomēr, ja pētāmajā konstrukcijā nav feromagnētisku vai masīvu vadošu ķermeņu un izmantotās maiņstrāvas frekvence f nav sevišķi liela (šajā darbā $f=50$ Hz), tad varam pieņemt, ka iegūtās indukcijas vērtības atbilst tādai līdzstrāvas vērtībai, kādu parāda ar pētāmo spoli virknē ieslēgts maiņstrāvas ampērmetrs.

Izmantotā paņēmiena trūkums ir tas, ka nav iespējams noteikt izmērītās \mathbf{B} vektora komponentes vērsumu. Tā, piemēram, ja mērspolītes ass ir novietota paralēli x -asij (spolītes šķērsriezuma laukums ir perpendikulārs šai asij), tad tiks izmērīta B_x komponente, taču nebūs iespējams noteikt, vai tā ir vērsta x -ass pozitīvajā virzienā vai pretēji tam. (Patiesībā jau indukcijas vektors maina virzienu 100 reizi sekundē.) Tāpēc, izdarot mērījumus, jāpieraksta tikai vektora komponenti B_x un B_y mērspolītē inducēto spriegumu skaitliskās vērtības. Vēlāk, zīmējot lauka ainu, pirmā vektora vērsumu var pieņemt patvaļīgi (tas atbilst strāvas plūšanas virziena izvēlei pētāmajā spolē), bet turpmāko vektoru vērsums jāiezīmē, vadoties no loģiskiem apsvērumiem.

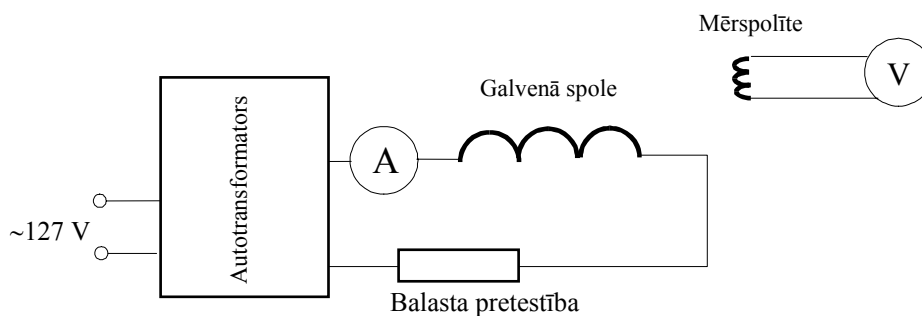
Ievērojot konstrukcijas simetriju, mērījumus pietiek izdarīt tikai *vienai ceturtdaļai* no pētāmā lauka.

Pirms darba laboratorijā:

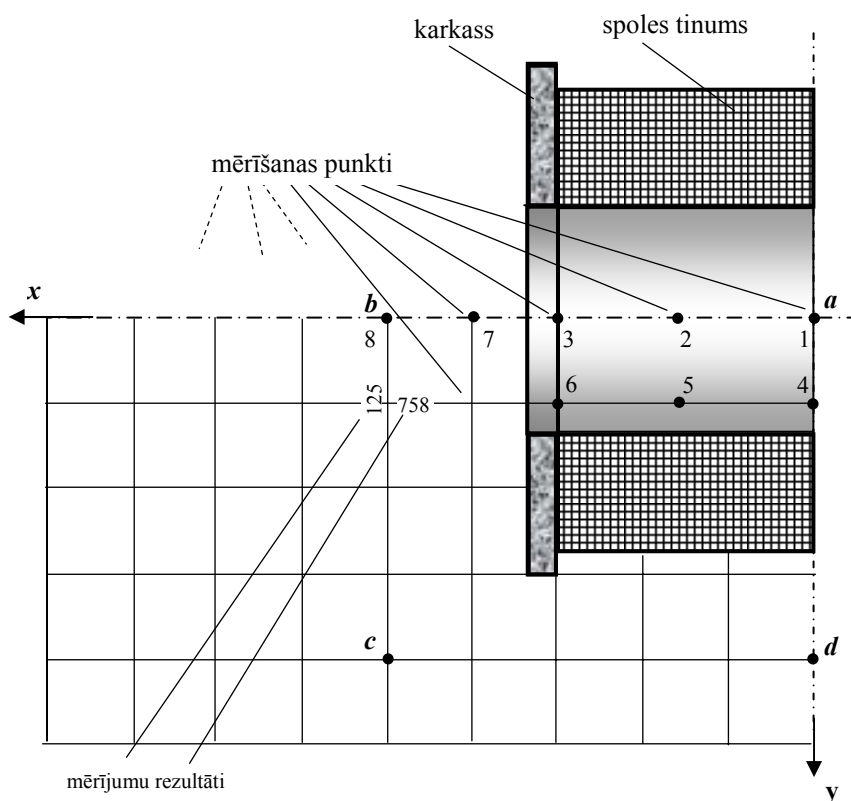
- 1) darba protokolā aptuveni uzzīmējiet cilindriskas spoles magnētiskā lauka spēka līniju ainu (neaprobežojoties tikai ar pētāmā apgabala vienu ceturtdaļu);
- 2) uzzīmējiet darba elektrisko slēguma shēmu (52.1.att.);
- 3) sagatavojiet A4 formāta lapu ar koordinātu tīkliņu, līdzīgu kā 52.2.att.; lai attēlotu darba vietas koordinātu tīkliņu mērogā 1:1, kvadrāta malai jābūt 2 cm garai.

LABORATORIJĀ VEICAMĀ DARBA UZDEVUMS

1. Saslēgt 52.1. att. parādīto shēmu un pievienot mērspolīti lampu voltmetram tā, lai spolīti būtu ērti pārvietot pa visu apgabalu, kurā jāizdara mērījumi. Galvenā spole jābaro no 127 V maiņsprieguma caur autotransformatoru, paredzot ampērmetru galvenās spoles strāvas mērīšanai. Lai nepārslogotu autotransformatoru, virknē ar galveno spoli jāieslēdz apm. 30 Ω «balasta» pretestība.



52.1.att.



52.2. att.

2. Ieslēgt lampu voltmetru un galvenās spoles ķēdi; ar autotransformatoru ieregulēt galvenās spoles strāvu 1 - 2 A. Pierakstīt ieregulēto strāvas vērtību un sekot, lai, veicot uzdevuma 3.p., tā nebūtu jūtami mainījusies.

3. Izmērīt mērspolītē inducēto spriegumu 30 - 50 punktos galvenās spoles simetrijas plaknē (2.2. att.) indukcijas komponentu B_x un B_y noteikšanai šajos punktos. (Tātad pavisam jāpieraksta 60-100 mērījumu, novietojot mērspolīti katrā punktā divos perpendikulāros virzienos.) Lai darba gaitā nebūtu pārāk bieži jāpārslēdz voltmetra mērīšanas diapazoni, ieteicams vispirms visos punktos izdarīt mērījumus B_x noteikšanai, bet pēc tam – B_y . Mērījumus ieteicams sākt ar punktiem 1, 2, 3, kuros sagaidāmas lielākās B_x vērtības. Mērījumu rezultātus (milivoltos – mV) ieteicams ierakstīt sagatavotajā koordinātu tīkliņā, pierakstot pie katra punkta B_x mērījumus horizontāli, bet B_y – vertikāli.

4. Ievietot galvenajā spolē no feromagnētiska materiāla (elektrotehniskā tērauda) izgatavoto serdi un pierakstīt, kā mainījusies spoles strāva. Pēc tam ar autotransformatoru ieregulēt atkal **to pašu strāvas vērtību**, ar kādu izdarīti darba uzdevuma 3.p. veiktie mērījumi.

5. Izdarīt indukcijas komponentes B_x noteikšanai nepieciešamos mērījumus divos punktos – tieši pie serdes centra un tās malas (52.2. att. punkti. 3 un 6).

PĒC DARBA LABORATORIJĀ VEICAMĀIS UZDEVUMS

6. Attēlot grafiski ar atbilstoša garuma un virziena bultiņām indukcijas \mathbf{B} vektorus visos punktos, kuros izdarīti mērījumi spoļei bez serdes. Iegūtajā vektoru ainā tuvināti novilk 4 - 5 vektora \mathbf{B} spēka līnijas (novilk noslēgtas spēka līnijas neizdosies, jo mērījumu apgabals nav pietiekoši liels).

7. Spoļei bez serdes tuvināti aprēķināt līnijas integrāli $\int_l \mathbf{B} d\mathbf{l}$ pa līniju $abcd$ (52.2. att.) un, ievērojot lauka

ainas simetriju, – pa noslēgtu kontūru, kas aptver visus vijumus. Izmantojot šī integrāļa un galvenās spoles strāvas vērtību, noteikt, kāds bija galvenās spoles vijumu skaits.

8. Tuvināti aprēķināt galvenās spoles induktivitāti L

a) gadījumam bez serdes;

b) gadījumam ar tērauda serdi.

9. Darba secinājumos novērtēt iegūto lauka ainu un aprēķināto vijumu skaitu. Novērtēt 5.p. mērījumu rezultātus. Salīdzināt 8a. un 8b. p. iegūtās induktivitātes vērtības.

Paskaidrojumi 6.p.veikšanai. Pēc zīmējuma, līdzīga 52.2.att. parādītajam (vislabāk, attēlojot reālo konstrukciju mērogā 1:1), sagatavošanas vektora \mathbf{B} lielumu un virzienu katrā punktā, kuram izdarīti mērījumi, iegūst, vektoriāli saskaitot komponentes B_x un B_y . Saskaitīšana jāizdara grafiski, atrodot \mathbf{B} kā taisnstūra diagonāli, kura malas ir B_x un B_y . Lai nesarežģītu zīmējumu, komponentes tajā nav jāparāda, jāiezīmē tikai rezultējošie vektori \mathbf{B} . Izmantojot pirms darba sagatavoto spoles magnētiskā lauka spēka līniju ainu, sekojiet, lai komponentu B_x un B_y vērsums būtu pareizs.

Mērspolītē inducētais spriegums ir tieši proporcionāls tās laukumam perpendikulārajai indukcijas komponentei, tāpēc, izvēloties piemērotu mērogu mV/cm , indukcijas vektora komponentes B_x un B_y zīmējumā var atlikt tieši no milivoltos izdarītajiem mērījumiem. Mērogs jāizvēlas vienkāršs, piemēram, $1 mV/cm$ vai $10 mV/cm$, lai nebūtu vajadzīgs sarežģīts pārrēķins no mV uz cm , tāds, lai visgarākie vektori (spoles iekšienē) attēlotos ar vairākus (~ 10) cm gariem nogriežņiem.

Zīmējumā jāuzrāda arī patiesais indukcijas mērogs (T/cm). Tas atrodams no sekojošiem apsvērumiem.

Atbilstoši Faradeja likumam $u_{ind} = w_m \frac{d\Phi}{dt}$, kur w_m ir

mērspolītes vijumu skaits, bet magnētiskā plūsma caur spolīti ir

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = \int_S B_n dS$$

B_n - ir spolītes šķērsriezuma laukumam S perpendikulārā (normālā) komponente. Tā kā nelielajā šķērsriezuma laukumā var uzskatīt, ka indukcija \mathbf{B} visos laukuma punktos ir vienāda, tad $\Phi = B_n S$. Ja indukcija laikā t mainās sinusoidāli ar leņķisko frekvenci ω , tad tās atvasinājums pēc t satur reizinātāju ω . Tāpēc inducētā sprieguma vērtība U (kuru mēra lampu voltmetrs) ir šāda:

$$U = \omega w_m B_n S.$$

Tātad spolītes laukumam perpendikulārā magnētiskās indukcijas vektora komponente atrodama šādi: $B_n = U / \omega \cdot w_m S$. Šeit $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ rad/s}$, mērspolītes vijumu skaits ir $w_m = 1600$, bet šķērsriezuma laukumu var pieņemt $S = 1,75 \text{ cm}^2$. Līdz ar to iegūstam:

$$B_n \approx 0.01 U \text{ (T)},$$

kur U vērtība jāievieto *voltos*. ($1mV = 10^{-3} V$). Ja lietotajai mērspolītei uzrādīta cita S vērtība, arī iepriekšējā formulā U priekšā jāliek cits koeficients.

Paskaidrojumi 7. p. veikšanai. Vispirms ievērojam, ka $\int_l \mathbf{B} d\mathbf{l} = \int_l B_l dl$, kur B_l ir līnijas elementam dl paralēlā indukcijas vektora \mathbf{B} komponente. Šo integrāli tuvināti aizvietojam ar summu:

$$\int_l B_l dl \approx \sum B_l \Delta l,$$

kur B_l ir intervālam Δl paralēlās \mathbf{B} komponentes vidējā vērtība šajā intervālā. Šo vērtību var noteikt kā $(B_s + B_b)/2$, kur B_s un B_b ir intervālam Δl paralēlās komponentes vērtības intervāla sākumā un beigās. Intervālus Δl ieteicams izvēlēties tā, lai to sākumi un beigas vismaz aptuveni sakristu ar punktiem, kuros izdarīti mērījumi (intervālu garumiem nebūt nav noteikti jābūt savā starpā vienādiem). Līnijas posmā ab (kur $B_l = B_x$) ieteicams izvēlēties 2-3 intervālus, posmā bc ($B_l = B_y$) - 3-4, bet posmā cd ($B_l = B_x$) - arī 3-4 intervālus. Kad vajadzīgā summa ir aprēķināta (ja gribam iegūt integrāļa vērtību pa visu noslēgtu kontūru, iegūtā summa pa līniju $abcd$ simetrijas dēļ jāreizina ar 2), tad, ievērojot pilnās strāvas likumu, varam iegūt galvenās spoles vijumu skaitu w :

$$w = (2 \sum B_l \Delta l) / (I \mu_0)$$

kur I ir spoles strāva, pie kuras izdarīti mērījumi, bet μ_0 - magnētiskā konstante: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$. Iegūto rezultātu w noapaļojiet līdz veselam skaitlim.

Paskaidrojumi 8.p. veikšanai. Induktivitāte (pašindukcijas koeficients) L nosakāma kā magnētiskās plūsmas

saķēdējuma Ψ attiecība pret strāvu I , kas to rada: $L = \Psi/I$. Tā kā magnētiskā lauka indukcija B spoles centrālajā daļā (serdē, kad tāda ir) ir daudz lielāka nekā ārpus tās, tad L aptuvenai noteikšanai pietiek ievērot tikai magnētisko plūsmu caur centrālo daļu, turklāt var pieņemt, ka šajā apgabalā $B=B_x=\text{const}$. Gadījumam bez serdes var izmantot mērījumu 4.p. (52.2. att.), bet gadījumā ar serdi – 3. un 6.p. mērījumu vidējo vērtību. Tad magnētiskā plūsma $\Phi=BS$, kur B ir tikko izvēlēta vērtība, bet S – centrālās daļas (serdes) šķērsriezuma laukums. Var pieņemt, ka $S=20\text{ cm}^2$ gadījumam bez serdes, bet $S=16\text{ cm}^2$ – serdei. Savukārt $\Psi=w\Phi$, kur w ir iepriekš noteiktais vijumu skaits.

53. laboratorijas darbs.

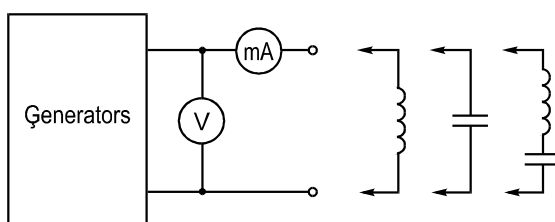
SPOLE UN KONDENSATORS MAINSTRĀVAS ĶĒDĒ.

Darba gaitā eksperimentāli jāiegūst induktīvās un kapacitīvās pretestības atkarība no sinusoidālas maiņstrāvas frekvences spolei un diviem dažādas kapacitātes kondensatoriem, jāizmēra spoles tinuma aktīvā pretestība un jāuzņem strāvas amplitūdas (vai efektīvās vērtības) atkarība no frekvences spoles un kondensatora virknes slēgumā.

IEKĀRTAS APRAKSTS

Kā maiņsprieguma avotu izmanto sinusoidāla sprieguma ģenerators ar maināmu signāla frekvenci. Ģeneratoram pārmaiņus pieslēdz spoli, kondensatoru bateriju, kā arī abus šos elementus virknes slēgumā (53.1. att.).

Strāvu mēra ar elektromagnētiskās sistēmas miliampērmetru, bet spriegumu – ar lampu voltmetru. (Abi šie instrumenti graduēti sinusoidālas strāvas un sprieguma efektīvās vērtības mērīšanai, kas ir $\sqrt{2} = 1,41$ reizes mazāka par amplitūdu.) Spoles aktīvās pretestības (R) noteikšanai izmanto ciparu ommetru. Arī strāvu un spriegumu var mērīt ar ciparu mēraparātiem; tad ievērojami atvieglojas rezultātu nolasišana, jo nav jārtiņojas ar aparāta skalas iedaļām.



53.1. att.

Pirms darba laboratorijā:

- 1) uzzīmēt teorētiskās līknes $x_L(\omega)$, $x_C(\omega)$ kā arī uzrakstīt šo līkņu zīmēšanai nepieciešamās formulas;
- 2) uzrakstīt izteiksmi strāvas I (amplitūdas vai efektīvās vērtības) aprēķinam aktīvās pretestības, spoles un kondensatora (R, L, C) virknes slēgumā un uzzīmēt teorētiskās līknes $I(\omega)$ divām dažādām kapacitātes vērtībām;
- 3) uzrakstīt formulu rezonanses frekvences aprēķinam R, L, C virknes slēgumā.

LABORATORIJĀ VEICAMĀ DARBA UZDEVUMS

1. Izmērīt dotās spoles aktīvo pretestību R ar ciparu skalas ommetru. Pierakstiet šo pretestības vērtību.
2. Pieslēgt spoli ģeneratoram un, mainot frekvenci robežās no 20 līdz 200 Hz, mērīt spriegumu un strāvu. Mērījumu rezultātus ierakstīt 1. tabulā. (Ja strāvas vērtību iespējams nolasīt tieši mA vai arī to ir viegli aprēķināt no nolasītā iedaļu skaita, tad aili ar strāvas nolasījumu ampērmetra skalas iedaļās var neaizpildīt. Pretējā gadījumā jāpieraksta arī mērīšanas diapazons un skalas iedaļu skaits.)

Eksperimentu sākot, jāiergulē frekvence $f = 20$ Hz un jāiestāda tāda sprieguma vērtība, lai ampērmetra rādījums būtu 90–95 % no pilnas skalas (jeb ~200 mA, lietojot ciparu ampērmetru). Pēc tam frekvence pakāpeniski jāpalielina ar soli ~20 Hz līdz sasniegta $f = 200$ Hz.

1. tabula. Eksperimenta un aprēķinu rezultāti spolei

Nr. p.k.	f	ω	U	I		U/I	x_L
	Hz	rad/s	V	ied.	mA	Ω	Ω

3. Spoles vietā pieslēgt ģeneratoram kondensatoru bateriju un atkārtot sprieguma un strāvas mērījumus divām dažādām kondensatora kapacitātes vērtībām: ~60 un ~90 μF . Rezultātus ierakstīt 2. tabulā.

Eksperimentu sākot, jāiergulē frekvence $f = 200$ Hz un jāiestāda tāda sprieguma vērtība, lai ampērmetra rādījums būtu 90–95 % no pilnas skalas. Pēc tam frekvence pakāpeniski jāsamazina ar soli ~20 Hz līdz sasniegta $f = 20$ Hz.

2. tabula. Eksperimenta un aprēķinu rezultāti kondensatoram

Nr. p.k.	f	ω	$C = 90 \mu\text{F}$				$C = 60 \mu\text{F}$					
			U		I		x_C		x_C			
			V	ied.	mA	Ω	V	ied.	mA	Ω		

4. Saslēgt virknē spoli ar 90 μF kondensatoru un, mainot frekvenci no 20 līdz 200 Hz, uzņemt strāvas atkarību no

frekvences. Rezultātus ierakstīt 3. tabulā.

Sākot šo eksperimentu, vispirms jāatrod frekvence, pie kuras strāva sasniedz maksimālo vērtību. Pēc tam jāierēgulē tāds ģenerators spriegums, lai pie šīs frekvences miliampērmetrs rādītu 90–95 % no pilnas skalas. Pierakstiet šo spriegumu un, izdarot mērījumus, pēc katras frekvences iestādīšanas **pārliecinieties, vai spriegums nav mainījies**. Ja spriegums mainījies, jāatjauno iepriekšējā vērtība. (3. tabulā visām sprieguma vērtībām jābūt vienādām.) Obligāti jābūt mērījumam ar frekvenci, pie kuras strāvai ir maksimālā vērtība.

3. tabula. **Strāvas atkarība no frekvences spoles un kondensatora virknes slēgumā**

Nr. p.k.	f	ω	$C = 90 \mu\text{F}$			$C = 60 \mu\text{F}$		
			U	I		U	I	
			V	ied.	mA	V	ied.	mA
	Hz	rad/s						

5. Atkārtot 4. punkta mērījumus ar to pašu spriegumu, bet kapacitātes vērtību izvēloties 60 μF . Mērījumu rezultātus ierakstīt 3. tabulā.

PĒC DARBA LABORATORIJĀ VEICAMĀIS UZDEVUMS

6. Aprēķināt leņķisko frekvenci ω un spoles induktīvo pretestību visām frekvencēm f , kurām izdarīti mērījumi, veicot 2.p. Rezultātus ierakstīt 1. tabulā.. Aprēķināt induktivitātes L vērtību, izmantojot kādu no zināmajām x_L un ω vērtībām.

2.p. izmērītais spriegums ietver kā induktīvo spriegumu tā arī spoles aktīvās pretestības spriegumu. T.i., $U = I\sqrt{R^2 + x_L^2}$. Tāpēc x_L jāaprēķina no šīs izteiksmes, bet nevis tieši kā sprieguma un strāvas attiecība. Jāievēro arī, ka ģenerators frekvence f ir uzrādīta hercos (Hz), bet $\omega = 2\pi f$ rad./s.

7. Aprēķināt kondensatora kapacitīvo pretestību abām kapacitātes vērtībām un ierakstīt rezultātus 2. tabulā.. Precizējiet kapacitātes vērtības, izmantojot kādu no zināmajām x_C un ω vērtībām.

Šajā gadījumā aktīvos zudumus kondensatorā var neievērot un x_C aprēķināt tieši kā sprieguma un strāvas amplitūdu (vai efektīvo vērtību) attiecību.

8. Uzzīmēt kopējā zīmējumā iegūto x_L un x_C atkarību no ω spolei un abām kapacitātes vērtībām.

9. Uzzīmēt kopējā zīmējumā 4. un 5. p. eksperimentāli iegūtās strāvas līknes $I(\omega)$ abām kapacitātes vērtībām. Aprēķināt analītiski rezonanses frekvences, izmantojot zināmo L un precizētās C vērtības.

10. Darba secinājumos analizēt iegūto rezultātu atbilstību teorētiskajiem apsvērumiem.

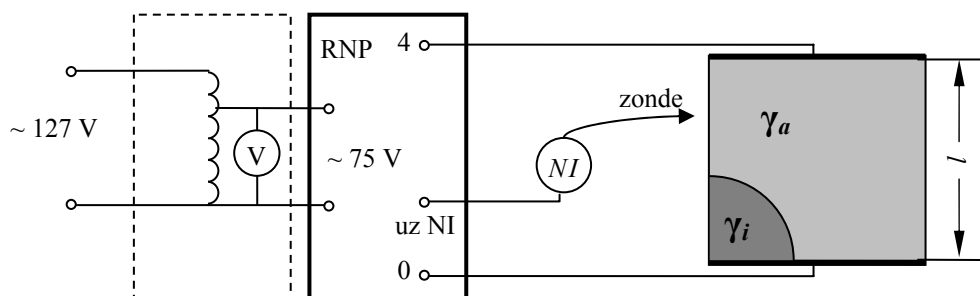
37. laboratorijas darbs.

HOMOĢĒNĀ ĀRĒJĀ ELEKTRISKĀ LAUKĀ IEVIETOTA GARA DIELEKTRISKA CILINDRA LAUKA PĒTĪŠANA

Darbā jāiepazīstas ar plakanparalēla elektriskā lauka ainu analītisku un eksperimentālu noteikšanu nehomogēnā vidē.

A. Līdz darbam laboratorijā

1. Protokola sagatavē uzzīmēt darba shēmu



2. Uzrakstīt izteiksmes potenciāla aprēķinam gara dielektriska cilindra, kas ienests homogēnā elektriskajā laukā, apkārtņē (ārējā apgabalā, kur relatīvā dielektriskā caurlaidība ir ϵ_a) un cilindrā (ϵ_i).

3. Uzzīmēt aptuvenu elektriskā lauka ainu (ekvipotenciāles un spēka līnijas) gadījumam, kad $\epsilon_i > \epsilon_a$.

B. Eksperimentālā un aprēķinu daļa

4. Saslēgt shēmu un eksperimentāli uzņemt ekvipotenciālās līnijas, kuru potenciāli ir 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 un 0,8 no kopējā sprieguma starp elektrodiem.

5. Izmērīt attālumu l starp elektrodiem un noskaidrot vadošā papīra slāņu skaitu s apgabalā, kas modelī attēlo cilindru.

6. Divas no uzņemtajām ekvipotenciālēm (vienai no tām jāšķērso cilindrs) aprēķināt analītiski un izzīmēt vienā zīmējumā ar eksperimentāli iegūto lauka ainu. Izskaidrot aprēķināto un eksperimentāli uzņemto ekvipotenciāļu nesakrīšanas iemeslus.

Paskaidrojumi

Ievērojot pētāmā lauka simetriju, modelis izgatavots tikai vienai ceturtdaļai no pētāmā objekta. Ekvipotenciāle, kas iet caur cilindra centru, aizvietota ar elektrodu (attēlā – apakšējais elektrods), bet spēka līnija – ar vadošā papīra malu.

Saskaņā ar elektrostatiskā lauka un lauka vadošā vidē analogiju apgabaliem ar dažādām dielektriskajām caurlaidībām ϵ atbilst apgabali ar attiecīgi dažādām īpatnējām vadītspējām γ . Modelējot lauku uz vadošā papīra, apgabalu ar lielāku vadītspēju var izveidot, salīmējot vairākus vadošā papīra slāņus. Vadītspēja ir tieši proporcionāla slāņu skaitam s . Tātad

$$\frac{\epsilon_i}{\epsilon_a} = \frac{\gamma_i}{\gamma_a} = s.$$

Ārējā lauka intensitāti E_0 iegūst kā intensitāti starp diviem gariem elektrodiem:

$$E_0 = \frac{U}{l},$$

kur U ir spriegums starp elektrodiem.

Ekvipotenciāļu analītiskam aprēķinam darba uzdevuma 2. p. uzrakstītās potenciāla izteiksmes jāpārveido tā, lai tajās nebūtu ϵ_i un ϵ_a skaitlisko vērtību, bet tikai attiecība $\epsilon_i/\epsilon_a=s$. Ievietojot tajās konkrētu potenciāla vērtību, izteiktu kā daļu no kopējā sprieguma, U vērtība saīsinās, tādēļ darba laikā to var nenoteikt. Rēķinot izvēlētajam potenciālam atbilstošās ekvipotenciāles punktus, pieņem r vērtības un no potenciāla izteiksmes atrod atbilstošās leņķa α vērtības (vai otrādi – pieņem α un aprēķina r).

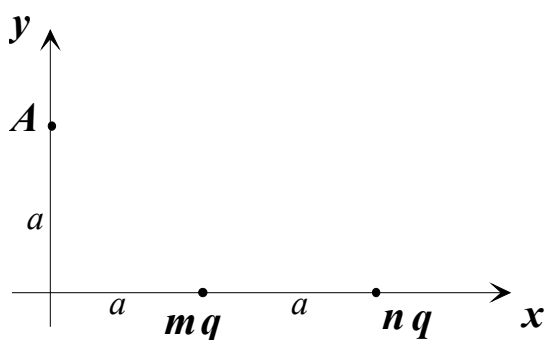
Ja aprēķina gaitā iegūts nederīgs rezultāts (kvadrātsakne no negatīva skaitļa, leņķa kosinuss, lielāks par 1 u.taml.), tas nozīmē, ka dotajai ekvipotenciālei nav punkta, kas atbilstu izvēlētajai r (vai α) vērtībai. Jāizvēlas cita r (vai α) vērtība. Jāpārliedzinās arī, ka ass (x -ass), no kuras atskaita cilindrisko koordinātu α ir izvēlēta atbilstoši lietotajām potenciāla aprēķina formulām.

UZDEVUMI PRAKTISKĀM NODARBĪBĀM UN PATSTĀVĪGAI RISINĀŠANAI

1. uzdevums

Uz x ass attālumā a un $2a$ no koordinātu sākuma (1.1 att.) atrodas punktveida lādiņi ar lielumu mq un nq . (m un n – Jūsu studenta apliecības numura priekšpēdējais un pēdējais cipars, kas nav vienāds ar nulli.)

- 1) Nosakiet grafiski elektriskā lauka intensitātes virzienu punktā A , kas atrodas uz y ass attālumā a no koordinātu sākuma.
- 2) Aprēķiniet punkta A potenciālu attiecībā pret bezgalīgi tālu punktu, ja $q=10^{-5} \text{ C}$, $a=10 \text{ mm}$.
- 3) Atrodiet punktu uz x -ass, kurā elektriskā lauka intensitāte ir vienāda ar nulli.
- 4) Atkārtojiet 1. un 2. p. gadījumam, kad lādiņa mq vietā ir lādiņš $-mq$.



1.1. att

2. Uzdevums

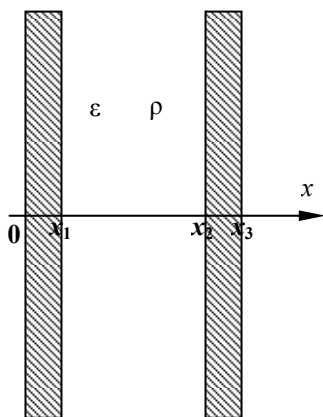
Elektriskā lauka aprēķins kondensatorā

2.1. attēlā griezumā attēlots plakans, bet 2.2 att. – cilindrisks vai sfērisks kondensators. Kondensatora elektrodi pieslēgti potenciāliem φ_1 un φ_2 . Izolācijas slāņa relatīvā dielektriskā caurlaidība ir ϵ . Izolācijas slānis uzlādēts ar telpas lādiņu; plakanajam kondensatoram lādiņu blīvums ρ ir lineāri mainīgs atkarībā no koordinātas x :

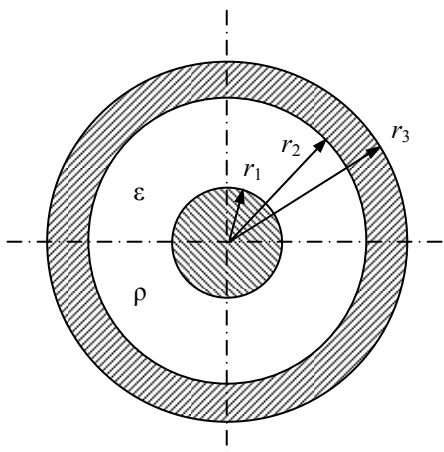
$$\rho = \rho_0 + kx,$$

bet cilindriskajam un sfēriskajam kondensatoram

$$\rho = \rho_0 = \text{const.}$$



2.1. att.



2.2. att.

Uzdevums

Izmantojot Puasona vienādojumu potenciālam, kas šajā uzdevumā atkarīgs tikai no vienas koordinātas:

- Iegūt izteiksmes potenciāla φ un elektriskā lauka intensitātes E aprēķinam.
- Tabulā dotajām skaitliskajām vērtībām uzzīmēt φ un E sadalījuma līknes kondensatorā.

Var. Nr.	Kondens. forma	x_1 vai r_1	x_2 vai r_2	x_3 vai r_3	$\rho_0 \cdot 10^4$	$k \cdot 10^2$	ε	φ_1	φ_2
		mm	mm	mm	C/m ³	C/m ⁴		V	V
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
00	plakans	5	10	15	2	-5	2	0	100
01	cilindriskis	5	10	15	2	0	2	0	100
02	plakans	10	15	20	-5	3	4	-100	100
03	sfēriskis	5	10	15	2	0	2	0	100
04	cilindriskis	15	35	40	8	0	5	100	0
05	sfēriskis	10	15	20	-5	0	4	-100	100
06	plakans	15	20	25	-3	4	6	100	200
07	sfēriskis	15	20	25	-3	0	6	100	200
08	sfēriskis	5	15	20	6	0	3	200	0
09	cilindriskis	15	40	45	5	0	3	200	100
10	plakans	10	20	25	4	5	8	-200	100
11	cilindriskis	10	15	20	4	0	8	-200	200
12	sfēriskis	10	20	25	4	0	8	-200	100
13	sfēriskis	10	30	35	-9	0	7	300	100
14	plakans	5	15	20	6	-2	3	200	0
15	cilindriskis	5	25	30	-6	0	5	-200	100
16	plakans	15	30	35	10	3	6	100	-400
17	cilindriskis	10	30	35	2	0	7	300	200
18	sfēriskis	15	35	40	4	0	4	100	0
19	sfēriskis	5	30	35	3	0	8	100	-100
20	cilindriskis	15	35	40	4	0	4	100	0
21	plakans	10	25	30	-2	-5	5	0	200
22	cilindriskis	10	35	40	-8	0	2	0	300
23	sfēriskis	10	35	40	-8	0	2	0	300
24	cilindriskis	5	15	20	7	0	4	400	-200
25	plakans	15	25	30	8	4	4	300	-100
26	cilindriskis	10	15	20	-5	0	4	-100	100
27	plakans	10	30	35	-9	-4	7	300	100
28	cilindriskis	10	30	35	-9	0	7	300	100
29	plakans	5	25	30	-6	2	4	-300	200
30	sfēriskis	15	30	35	7	0	3	400	200
31	cilindriskis	5	10	15	6	0	5	300	400
32	sfēriskis	5	25	30	-6	0	5	-200	100
33	plakans	10	15	20	6	3	4	-300	-100
34	cilindriskis	5	15	20	6	0	3	200	0
35	plakans	5	20	25	-5	3	2	300	0
36	sfēriskis	10	30	35	2	0	7	300	200
37	plakans	15	20	25	8	2	3	-200	300
38	sfēriskis	15	25	30	8	0	4	300	-100
39	sfēriskis	5	25	30	-6	0	4	-300	200
40	plakans	5	15	20	3	5	5	0	300
41	cilindriskis	15	30	35	10	0	6	100	-400
42	plakans	10	20	25	2	-4	8	200	100
43	cilindriskis	15	30	35	7	0	3	400	200
44	plakans	15	25	30	8	2	4	100	300
45	sfēriskis	15	40	45	5	0	3	200	100
46	plakans	15	30	35	7	2	3	400	200
47	sfēriskis	5	20	25	-5	0	6	-400	0
48	cilindriskis	15	20	25	-3	0	6	100	200
49	plakans	15	40	45	-3	4	4	300	0
50	cilindriskis	5	25	30	-6	0	4	-300	200
51	sfēriskis	10	25	30	-2	0	5	0	200

52	plakans	5	30	35	4	-3	8	200	-200
53	sfēriska	15	30	35	10	0	6	100	-400
54	plakans	5	25	30	-6	-3	5	-200	100
55	sfēriska	5	10	15	6	0	5	300	400
56	plakans	15	35	40	8	5	5	100	0
57	cilindriska	5	30	35	4	0	8	200	-200
58	plakans	10	35	40	2	2	6	-400	100
59	sfēriska	10	15	20	4	0	8	-200	200
60	cilindriska	10	35	40	2	0	6	-400	100
61	sfēriska	15	20	25	2	0	6	100	400
62	plakans	10	30	35	2	4	7	300	200
63	sfēriska	15	35	40	8	0	5	100	0
64	plakans	10	25	30	4	5	4	0	-400
65	sfēriska	5	30	35	4	0	8	200	-200
66	cilindriska	5	30	35	3	0	8	100	-100
67	sfēriska	10	35	40	2	0	6	-400	100
68	plakans	5	30	35	3	4	8	100	-100
69	sfēriska	15	40	45	-3	0	4	300	0
70	plakans	5	10	15	-7	-5	5	100	200
71	sfēriska	5	10	15	-7	0	5	100	200
72	cilindriska	5	20	25	-5	0	2	300	0
73	plakans	5	20	25	-5	3	6	-400	0
74	cilindriska	10	25	30	4	0	4	0	-400
75	plakans	10	35	40	-8	3	2	0	300
76	sfēriska	10	15	20	6	0	4	-300	-100
77	cilindriska	15	25	30	8	0	4	300	-100
78	sfēriska	10	25	30	4	0	4	0	-400
79	plakans	15	35	40	4	-5	4	100	0
80	cilindriska	15	40	45	-3	0	4	300	0
81	sfēriska	15	20	25	8	0	3	-200	300
82	cilindriska	5	20	25	-5	0	6	-400	0
83	sfēriska	5	15	20	3	0	5	0	300
84	plakans	15	40	45	5	-2	3	200	100
85	sfēriska	10	20	25	2	0	8	200	100
86	cilindriska	15	20	25	8	0	3	-200	300
87	plakans	15	20	25	2	2	6	100	400
88	cilindriska	5	15	20	3	0	5	0	300
89	sfēriska	15	25	30	8	0	4	100	300
90	cilindriska	10	15	20	6	0	4	-300	-100
91	sfēriska	5	20	25	-5	0	2	300	0
92	cilindriska	5	10	15	-7	0	5	100	200
93	cilindriska	10	20	25	2	0	8	200	100
94	plakans	10	15	20	4	4	8	-200	200
95	cilindriska	10	20	25	4	0	8	-200	100
96	cilindriska	10	25	30	-2	0	5	0	200
97	plakans	5	15	20	7	-5	4	400	-200
98	cilindriska	15	25	30	8	0	4	100	300
99	plakans	5	10	15	6	3	5	300	400

3. uzdevums.

Kāds novērotājs ir izmērījis, ka telpas apgabalā, kurā viņš atrodas, elektriskā lauka intensitāte ir $E=E_x=1000$ V/m un magnētiskā lauka indukcija $B=B_y=0,1$ T. Cik lielas un kāda virziena \mathbf{E}' un \mathbf{B}' vektoru komponentes izmērīs novērotājs, kurš attiecībā pret pirmo novērotāju kustas ar vienmērīgu ātrumu $v=c/(n+1)$

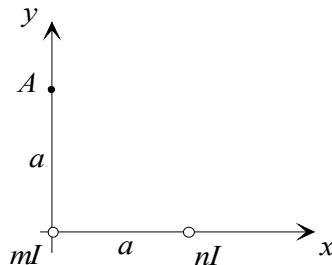
- x-ass virzienā,
- y-ass virzienā,
- z-ass virzienā?

(n – Jūsu studenta apliecības pēdējais cipars, kurš nav vienāds ar nulli, c- gaismas ātrums vkuumā. Katrā uzdevuma p. jābūt 6 atbildēm – 3 vektora \mathbf{E}' un 3 vektora \mathbf{B}' komponentēm.)

4. uzdevums.

1. Pa diviem taisniem gariem vadiem perpendikulāri zīmējuma plaknei (4.1.att.) plūst strāvas mI un nI , kur m un n - Jūsu studenta apliecības numura priekšpēdējais un pēdējais cipars, kas nav vienāds ar nulli.

Nosakiet grafiski magnētiskā lauka indukcijas vektora \mathbf{B} virzienu punktā A , kurš atrodas uz y -ass tādā pašā attālumā a no vada ar strāvu mI , kādā no tā (pa x -asi) atrodas otrs vads, ja:

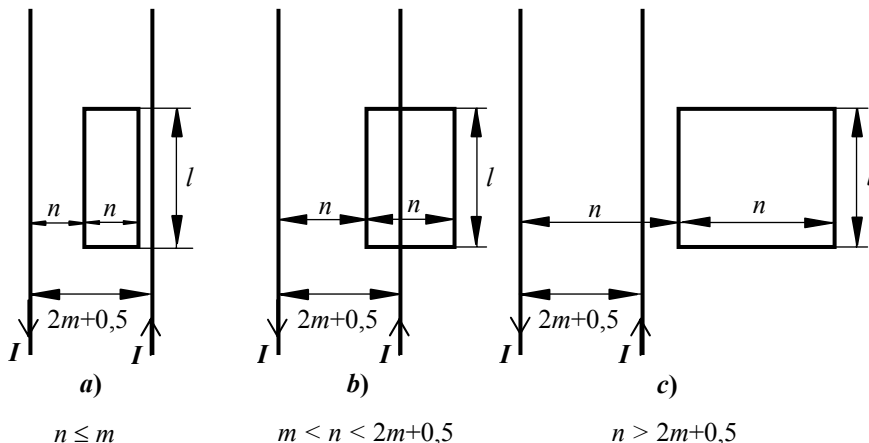


4.1. att

- abas strāvas plūst vienādos virzienos;
- strāvas plūst pretējos virzienos.

5. uzdevums

Nosakiet divvadu līnijas (pa kuras vadiem pretējos virzienos plūst vienāda lieluma strāvas) un taisnstūrveida spoles savstarpējo induktivitāti. Spole un līnija atrodas vienā plaknē, spoles vijumu skaits $w=1000$, novietojums parādīts 5.1.att a, b vai c atkarībā no skaitļu m un n attiecības. Attālumi $2m+0,5$ un n doti centimetros, $l=5$ cm.



5.1. att.

6. uzdevums

Nosakiet, kāda būs 5. uzdevumā aplūkotajā spolē inducētā sprieguma amplitūda, ja līnijā plūdis sinusoidāla strāva ar frekvenci $f=1$ MHz un amplitūdu 1 mA. (Spoles gali nekur nav pieslēgti, un strāva tajā neplūst.)

7. uzdevums

Plakana spole ar vijumu skaitu w atrodas gaisā vienā plaknē ar garu taisnu vadu (7.1 – 7.14. att.).

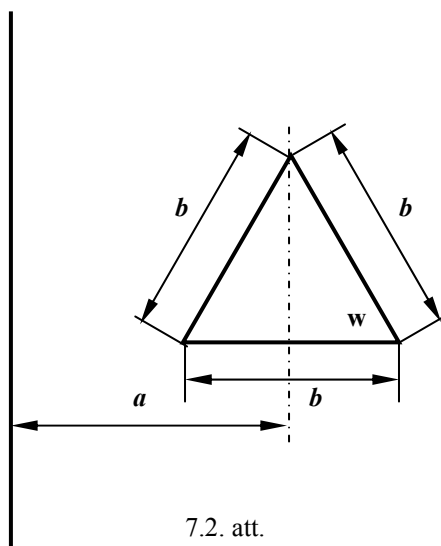
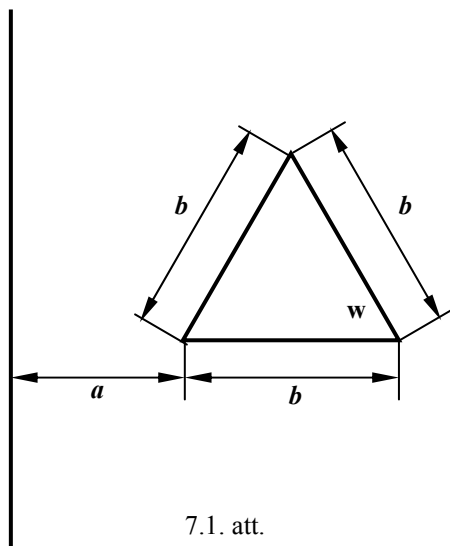
Aprēķināt:

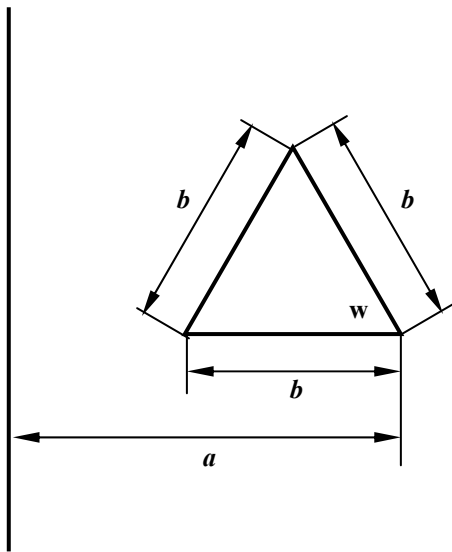
- Mijinduktivitāti starp spoli un vadu (vispārējā veidā un skaitliski, izmantojot 7.1. tabulā dotos izmērus un vijumnu skaitu).
- Inducētā EDS maiņas likumu spolē, ja pa vadu plūst strāva $i(t)$, kuras maiņa laikā dota tabulā. Strāvas virzienu vadā izvēlēties patvaļīgi, bet attēlā jāparāda izvēlētajam strāvas virzienam atbilstošais EDS virziens.

7.1. tabula

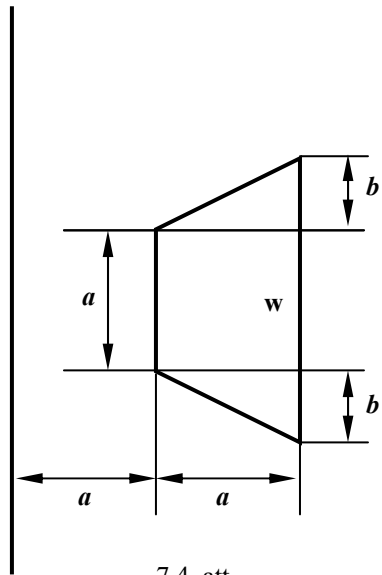
Varinta Nr.	Attēla Nr.	Vijumu skaits	a	b	i (t)
			cm	cm	A
1	2	3	4	5	6
01	7.1	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
02	7.2	200	65	30	$5 \exp(-100t)$
03	7.4	200	50	30	$50 \exp(-100t)$
04	7.6	400	80	50	$10 \cos 100t$
05	7.11	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
06	7.9	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
07	7.12	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
08	7.13	400	230	100	$10 \cos 100t$
09	7.3	300	120	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
10	7.14	100	156	40	$2[1-\exp(-50t)]$
11	7.5	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
12	7.7	400	80	50	$10 \cos 100t$
13	7.8	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
14	7.10	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
15	7.1	400	160	100	$10 \cos 100t$
16	7.5	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
17	7.13	100	78	20	$2[1-\exp(-50t)]$
18	7.14	300	108	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
19	7.4	400	160	100	$10 \cos 10t$
20	7.6	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
21	7.11	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
22	7.10	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
23	7.12	400	80	50	$10 \cos 100t$
24	7.3	200	160	60	$5 \exp(-100t)$
25	7.9	400	80	50	$10 \cos 100t$
26	7.2	400	210	100	$10 \cos 100t$
27	7.7	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
28	7.8	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
29	7.7	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
30	7.14	200	184	60	$5 \exp(-100t)$
31	7.8	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
32	7.11	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
33	7.13	400	115	50	$10 \cos 100t$
34	7.4	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
35	7.12	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
36	7.9	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
37	7.2	200	130	60	$5 \exp(-100t)$
38	7.5	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
39	7.6	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
40	7.10	400	160	100	$10 \cos 100t$
41	7.3	100	140	40	$2[1-\exp(-50t)]$
42	7.9	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
43	7.8	400	80	50	$10 \cos 100t$
44	7.1	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
45	7.12	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
46	7.2	400	105	50	$10 \cos 100t$
47	7.7	400	160	100	$10 \cos 100t$
48	7.11	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
49	7.3	400	260	100	$10 \cos 100t$
50	7.6	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
51	7.13	200	142	60	$5 \exp(-100t)$
52	7.14	200	92	30	$5 \exp(-100t)$
53	7.5	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
54	7.1	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
55	7.14	300	272	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
56	7.4	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$

57	7.10	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
58	7.7	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
59	7.8	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
60	7.4	400	80	50	$10 \cos 100t$
61	7.5	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
62	7.12	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
63	7.10	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
64	7.2	100	60	20	$2[1-\exp(-50t)]$
65	7.11	400	160	100	$10 \cos 100t$
66	7.8	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
67	7.9	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
68	7.3	400	130	50	$10 \cos 100t$
69	7.13	300	216	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
70	7.3	200	80	30	$5 \exp(-100t)$
71	7.4	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
72	7.7	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
73	7.14	400	300	100	$10 \cos 100t$
74	7.1	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
75	7.6	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
76	7.10	400	80	50	$10 \cos 100t$
77	7.5	400	160	100	$10 \cos 100t$
78	7.12	100	50	20	$2[1-\exp(-50t)]$
79	7.14	400	150	50	$10 \cos 100t$
80	7.9	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
81	7.1	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
82	7.4	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
83	7.6	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
84	7.11	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
85	7.2	300	100	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
86	7.13	100	128	40	$2[1-\exp(-50t)]$
87	7.8	400	160	100	$10 \cos 100t$
88	7.3	100	70	20	$2[1-\exp(-50t)]$
89	7.7	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
90	7.11	400	80	50	$10 \cos 100t$
91	7.12	100	100	40	$2[1-\exp(-50t)]$
92	7.6	400	160	100	$10 \cos 100t$
93	7.13	200	71	30	$5 \exp(-100t)$
94	7.4	300	160	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
95	7.5	200	50	30	$5 \exp(-100t)$
96	7.2	300	200	80	$5 \sin(200t+45^\circ)$
97	7.9	300	80	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
98	7.10	200	100	60	$5 \exp(-100t)$
99	7.14	300	136	40	$5 \sin(200t+45^\circ)$
100	7.1	400	80	50	$10 \cos 100t$

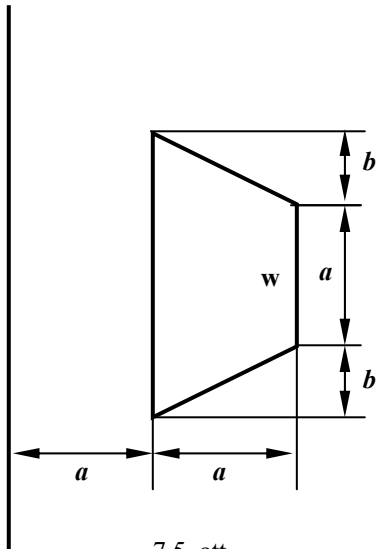




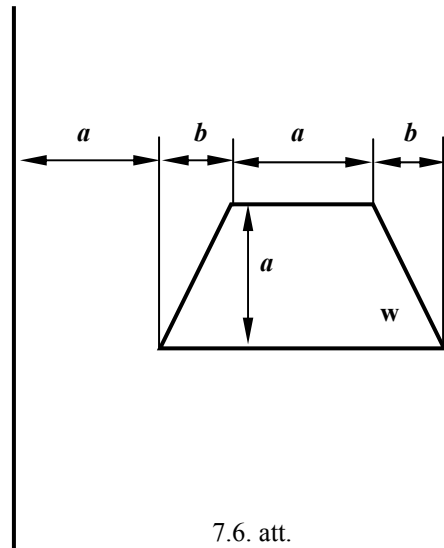
7.3. att.



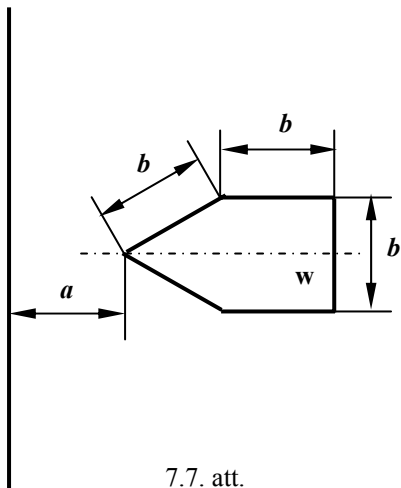
7.4. att.



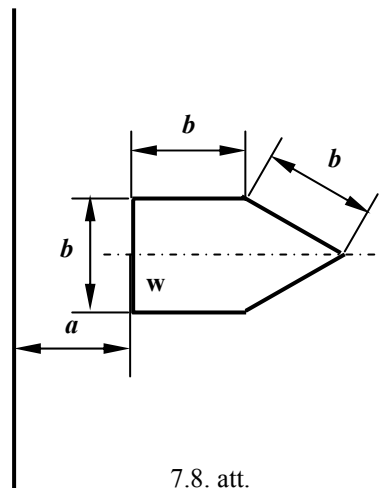
7.5. att.



7.6. att.



7.7. att.



7.8. att.

