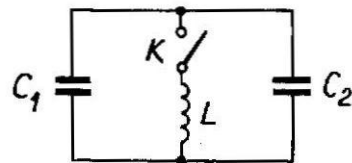


## 4. Elektromagnetvõnkumised ja -lained

### Elektrilised oma- ja vabavõnkumised

- 4.1 Kui suur peaks olema võnkekontuuri induktiivsus, et mahtuvuse  $C = 2 \mu\text{F}$  korral oleks tema omavõnkesagedus  $\nu_0 = 1000 \text{ Hz}$  ?
- 4.2 Millisele sagedusvahemikule saab häälestada võnkeringi, mille induktiivsus  $L = 2 \text{ mH}$  ja mahtuvus  $C$  on muudetav piirides  $60 \text{ pF}$  kuni  $480 \text{ pF}$  ? Võnkeringi oomilise takistuse võib jätta arvestamata.
- 4.3 Pinge võnkeringi kondensaatoril muutub vastavalt seadusele :  $u = 30 \cos 103 \pi t \text{ (V)}$ . Kondensaatori mahtuvus  $C = 3 \cdot 10^5 \text{ pF}$ . Leida võnkumiste periood, võnkeringi induktiivsus ja voolutugevus kui aja funktsioon. Kondensaatori oomilist takistust pole vaja arvestada.
- 4.4 Võnkekontuuri moodustavad kondensaator  $C = 5,0 \mu\text{F}$  ja induktiivpool  $L = 0,200 \text{ H}$ . Määrata voolutugevuse amplituudväärtus kontuuris, kui pinge amplituudväärtus kondensaatori katetel  $U_m = 90 \text{ V}$ . Kontuuri oomiline takistus on tühiselt väike.
- 4.5 Vool võnkeringis muutub vastavalt seadusele  $i = -0,02 \sin 400 \pi t \text{ (A)}$ . Võnkeringi induktiivsus  $L = 1 \text{ H}$  ning oomiline takistus on tühiselt väike. Leida võnkumiste periood, pinge amplituudväärtus kondensaatoril, võnkeringi mahtuvus, magnetvälja ja elektrivälja energia maksimaalsed väärtused.
- 4.6 Võnkering koosneb kondensaatorist  $C = 1 \mu\text{F}$  ja induktiivpoolist, mille oomiline takistus on tühiselt väike. Kondensaatori pinge amplituudväärtus  $U_C = 500 \text{ V}$ . Leida induktiivpooli magnetvälja energia ajahetkel  $t = T/8$  pärast võnkumiste algust.
- 4.7 Võnkeringis, mille mahtuvus on  $C$  ja induktiivsus  $L$ , toimuvad vabavõnkumised, mil pinge amplituudväärtus kondensaatoril on  $U_C$ . Leida suvalise ajahetke jaoks seos võnkeringi voolutugevuse  $i$  ja kondensaatori pinge  $u$  hetkväärtuste vahel.
- 4.8 Võnkering koosneb kondensaatorist, mahtuvusega  $C$ , poolist, mille induktiivsus on  $L$  ja aktiivtakistus tühiselt väike, ning lülitist. Avatud lüliti korral laeti kondensaator pingeni  $U_0$  ja siis, ajahetkel  $t = 0$ , lüliti suleti. Leida võnkeringis voolutugevuse hetkväärtuste ajalist sõltuvust väljendav funktsioon ja eneseinduktsiooni elektromotoorjõud poolis ajahetkedel, mil kondensaatori elektrivälja energia on võrdne voolu energiaga poolis.
- 4.9 Joonisel 4.1 kujutatud võnkeringi induktiivsus  $L = 3,5 \text{ mH}$  ja kondensaatorite mahtuvused  $C_1 = 2,0 \mu\text{F}$  ning  $C_2 = 3,0 \mu\text{F}$ . Kondensaatorid laeti pingeni  $U_0 = 180 \text{ V}$ , misjärel suleti lüliti  $K$ . Leida elektromagnetiliste omavõnkumiste periood ja voolu amplituudväärtus poolis.
- 4.10 Plaatkondensaatorist ja tühiselt väikese aktiivtakistusega poolist koosnevas võnkeringis toimuvad elektromagnetvõnkumised, mille energia on  $W$ . Kondensaatori katted eemaldati aeglaselt teineteisest, mistõttu võnkumiste sagedus suurenes  $\eta$  korda. Leida seejuures tehtud töö.
- 4.11 Võnkeringi induktiivsus  $L = 10^{-5} \text{ H}$ , mahtuvus  $C = 0,002 \mu\text{F}$  ja oomiline takistus  $R = 14 \Omega$ . Leida võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement.
- 4.12 Kuidas muutub võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement, kui suurendada võnkeringi pooli keerdude arvu 10 korda, jättes seejuures pooli pikkuse ja keerdude läbimõõdu endiseks ?
- 4.13 Võnkeringi induktiivsus  $L = 0,23 \text{ H}$ , mahtuvus  $C = 7 \mu\text{F}$  ja oomiline takistus  $R = 40 \Omega$ . Kondensaatorile anti laeng  $q_0 = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ . Leida kontuuris tekkivate võnkumiste periood, võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement ja kondensaatori pinge kui aja funktsioon.
- 4.14 Kondensaatoripatareid, mis koosneb kahest kondensaatorist, kumbki mahtuvusega  $C = 2 \mu\text{F}$ , tühjendatakse läbi pooli, mille induktiivsus  $L = 1 \text{ mH}$  ja takistus  $R = 50 \Omega$ . Kas tekivad kontuuris võnkumised, sõltumata sellest, kuidas (järjestikku või paralleelselt) kondensaatorid on ühendatud ?

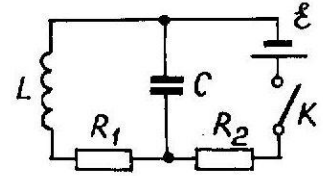


Joon. 4.1.

4.15 Võnkeriingis mahtuvus  $C = 0,2 \mu F$  ja induktiivsus  $L = 5,07 mH$ . Leida võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement, kui pinget amplituudväärtus kondensaatoril väheneb  $\tau = 10^{-3} s$  jooksul 3 korda. Kui suur on selle võnkeriingis oomiline takistus?

4.16 Mitu korda väheneb pinget amplituudväärtus võnkeriingis kondensaatoril ühe perioodi jooksul, kui võnkeriingis induktiivsus  $L = 10^{-2} H$ , mahtuvus  $C = 0,405 \mu F$  ja oomiline takistus  $R = 2 \Omega$ ?

4.17 Joonisel 4.2 kujutatud vooluringi parameetrid on järgmised:  
 $R_1 = 1 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ,  $L = 0,1 H$ ,  $C = 1 \mu F$  ja  $\mathcal{E} = 1,4 V$ . Lüliti K suletakse ning pärast seda, kui vool on poolis saavutanud oma statsionaarse väärtuse, avatakse jälle. Leida võnkeriingis  $LR_1C$  salvestatud energia kohe peale lüliti K avamist ning  $\tau = 0,2 s$  pärast seda?



Joon. 4.2.

4.18 Võnkekontuuri, mille induktiivsus  $L = 0,01 H$  ja oomiline takistus  $R = 0,23 \Omega$ , ergastatakse lühiajaliste elektriliste impulssidega. Milline võib olla nende impulsside maksimaalne sagedus, et tekkivad võnkumised ei kattuks üksteisega? (Tavaliselt loetakse, et võnkumine on praktiliselt lakanud, kui tema amplituud on vähenenud 10 korda.)

4.19 Võnkeriingis mahtuvus  $C = 4 \mu F$ , induktiivsus  $L = 0,1 mH$  ja oomiline takistus  $R = 2 \Omega$ . Kui suur on kontuuri hüvetegur? Milline on hüveteguri määramise suhteline viga, kui täpse valemi asemel kasutatakse ligikaudset  $-Q = \rho/R$ , kus  $\rho$  on võnkeriingis lainetakistus?

4.20 Võnkeriingis hüvetegur  $Q = 5000$  ja vabavõnkumiste sagedus  $\nu = 2,2 MHz$ . Kui pika aja jooksul väheneb voolu võnkeamplituud selles võnkeriingis  $\eta = 2$  korda?

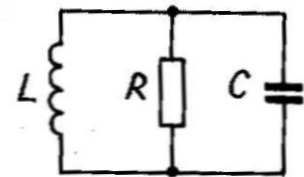
4.21 Võnkeriingis mahtuvus  $C = 10 \mu F$ , induktiivsus  $L = 25 mH$  ja oomiline takistus  $R = 1,0 \Omega$ . Mitme täisvõnke järel väheneb voolu võnkeamplituud selles võnkeriingis  $e$  korda?

4.22 Võnkeriingis hüvetegur  $Q = 5$ . Mitu protsenti erineb vabavõnkumiste sagedus selles kontuuris tema omavõnkesagedusest  $\omega_0$ ?

4.23 Kontuuri omavõnkesagedus  $\nu_0 = 50 kHz$  ja hüvetegur  $Q = 100$ . Milline osa kontuuri salvestatud energiast on jäänud kontuuri pärast seda, kui sumbuvad võnkumised on kestnud  $\tau = 10^{-3} s$ ?

4.24 Võnkeriingis, mille hüvetegur  $Q = 50$  ja omavõnkesagedus  $\nu_0 = 5,5 kHz$ , tekitatakse sumbuvad võnkumised. Millise aja jooksul väheneb võnkeriingis salvestatud energia  $\eta = 2$  korda?

4.25 Leida joonisel 4.3 kujutatud võnkeriingis vabavõnkumiste sagedus, kui võnkeriingis mahtuvus  $C$ , induktiivsus  $L$  ja oomiline takistus  $R$  on teada. Millist tingimust peavad rahuldama  $L$ ,  $C$  ja  $R$  väärtused, et võnkumised toimuksid?



Joon. 4.3

4.26 Võnkekontuuri induktiivsus on  $L$  ja ta sisaldab lekkivat kondensaatorit, mille mahtuvus on  $C$  ning oomiline takistus  $R$ . Pooli ja juhtmete takistus on tühiselt väike. Leida selle kontuuri sumbuivate võnkumiste sagedus ja tema hüvetegur.

4.27 Võnkeriingis induktiivsus  $L = 5,0 mH$  ja mahtuvus  $C = 5,0 \mu F$ . Milline on selle võnkeriingis hüvetegur, kui on teada, et sumbumatute võnkumiste alalhoidmiseks kondensaatoril, mille pinget amplituud  $U_m = 1,0 V$ , peab ta tarbima võimsust keskmiselt  $P_k = 0,1 mW$ ? Võnkumiste sumbumine on suhteliselt nõrk.

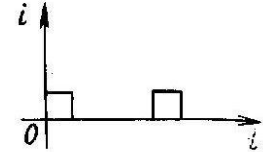
4.28 Millist võimsust peab keskmiselt tarbima võnkeriing, mille oomiline takistus  $R = 0,45 \Omega$ , et selles toimuksid sumbumatud võnkumised voolutugevuse amplituudväärtusega  $I_m = 30 mA$ ?

4.29 Kontuur koosneb poolist, induktiivsusega  $L = 3 \cdot 10^4 cm$ , kondensaatorist, mahtuvusega  $C = 2 \cdot 10^2 cm$ , ja tema aktiivtakistus  $R = 1 \Omega$ . Kui suur võimsust peab tarbima kontuur, et selles toimuksid sumbumatud võnkumised, mil pinget amplituudväärtus kondensaatoril  $U_C = 0,5 V$ .

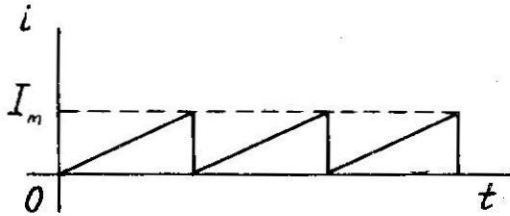
### Vahelduvvool

4.30 Vahelduvvool, mida alaldati poolperioodalaldi abil, läbib  $\tau = 10 \text{ min}$  jooksul vasevitrioli vesilahust. Selle aja jooksul eraldub elektroodil  $m = 200 \text{ mg}$  vaske. Leida voolutugevuse amplituudväärtus.

4.31 Joonisel 4.4 on esitatud impulssvoolu graafik. Impulsside kestus on neli korda lühem nende perioodist. Leida voolu efektiiv- ja keskmine väärtus, kui impulsside amplituud  $I_m = 0,5 \text{ A}$ .



Joon. 4.4.



Joon. 4.5.

sõltuvus muutub vastavalt seadusele: a) mis on näidatud graafiliselt joonisel 4.5;

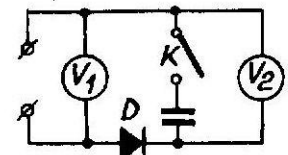
b)  $i = |I_m \sin \omega t|$ .

4.33 Hammasvool kasvab lineaarselt aja  $\tau = 0,8 \text{ s}$  jooksul nullist kuni amplituudväärtuseni  $I_m = 0,1 \text{ A}$ , siis aga väheneb hüppeliselt nullini. Voolu periood  $T = 1 \text{ s}$ . Leida voolutugevuse efektiiv- ja keskmine väärtus.

4.34 Elektriahu kuumutamiseks nõutud

temperatuurini tuli teda toita alalisvooluga  $I = 5 \text{ A}$ . Millist voolu peavad näitama ahelasse lülitatud alalisvoolu ja vahelduvvoolu ampermeetrid, et ahju toitmisel poolperioodalaldiga alaldatud vahelduvvooluga saavutaks ahi sama temperatuuri?

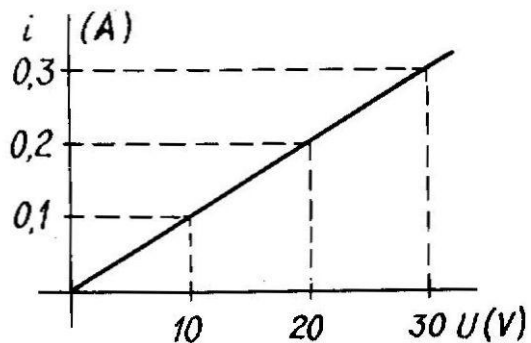
4.35 Joonisel 4.6 näidatud ahelele on rakendatud vahelduvpinge. Elektromagnetilise süsteemi voltmeeter  $V_1$  näitab  $U_1 = 100 \text{ V}$ . Magnetelektrilise voltmeetri  $V_2$  takistus on suhteliselt suur. Mida näitab voltmeeter  $V_2$  avatud ja suletud lüliti K korral? Alaldi D sisetakistuse pärisuunas võib jätta arvestamata.



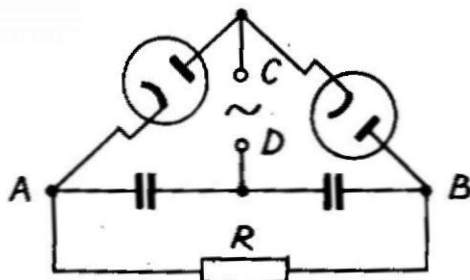
Joon. 4.6.

4.36 Aku laadimiseks alalisvooluga  $I$  kulub  $\tau = 8$  tundi. Alalispingeallika puudumise tõttu laeti akut vahelduvvooluvõrgust vooluga, mida oli alaldatud täisperioodalaldiga. Seejuures näitab aku ahelasse lülitatud elektrodünaamilise süsteemi ampermeeter sama tugevat voolu  $I$ . Kui kaua tuleb niisugustes tingimustes laadida akut?

4.37 Alaldi väljundisse lülitatud magnetelektrilise süsteemi voltmeeter näitab 100 volti. Milline on alaldatud pinge amplituudväärtus, kui alaldamine on: a) täisperioodiline, b) poolperioodiline?



Joon. 4.7.



Joon. 4.8.

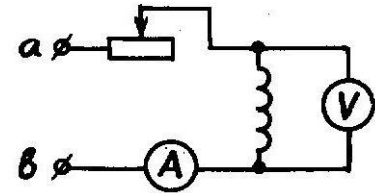
4.38 Täisperioodalaldi tunnusjoon on esitatud joonisel 4.7. Alaldi on koormatud takistiga  $R = 100 \Omega$ .

Leida voolu keskmine väärtus läbi alaldi ja takisti, kui elektromotoorjõu amplituudväärtus  $\mathcal{E}_m = 40 \text{ V}$ .

4.39 Joonisel 4.8 kujutatud alaldi punktidele C ja D on rakendatud vahelduvpinge. Pulseeriv pinge tekib takistil R (veenduda, et vool läbib takisti R ühes ja samas suunas). Kuidas on seotud punktide A ja B

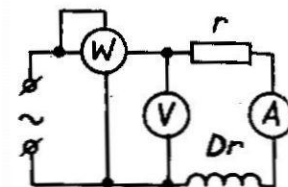
vaheline pinge alaldile rakendatud pingega, kui koormustakistus  $R$  on palju suurem kondensaatori mahtuvustakistusest ?

- 4.40 Kui suurt takistust avaldab vahelduvvoolule, sagedusega  $\nu = 100 \text{ Hz}$ , reostaat, mille oomiline takistus  $R = 100 \Omega$ , keerdude arv  $N = 2000$ , pikkus  $l = 50 \text{ cm}$  ja keeru pindala  $S = 15 \text{ cm}^2$  ?
- 4.41 Pikk ühekihiline solenoid on valmistatud traadist, mille eritakistus on  $\rho$ . Keerud asetsevad tihedalt üksteise kõrval, nende arv pikkusühiku kohta on  $n$ . Traadi isolatsiooni paksus on tühiselt väike. Leida faasinihe solenoidile rakendatud vahelduvpinge ja temas kulgeva voolu vahel, kui vahelduvvoolu sagedus on  $\nu$  ja solenoidi raadius  $a$ .
- 4.42 Määrata pooli induktiivsus, teades, et selle oomiline takistus  $R = 20 \Omega$  ja talle rakendatud pinge  $U = 100 \text{ V}$  korral, mille sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , läbib pooli vool  $I = 2 \text{ A}$ .
- 4.43 Pooli induktiivsuse määramiseks koostati joonisel 4.9 näidatud vooluring. Rakendades punktidele  $a$  ja  $b$  alalispinge, saadi voltmeetri ja ampermeetri näiduks vastavalt  $U_1 = 48 \text{ V}$  ja  $I_1 = 8 \text{ A}$ . Samadele punktidele vahelduvpinge rakendamisel ilmnis, et mõõteriistade näidud on vastavalt  $U_2 = 120 \text{ V}$  ja  $I_2 = 12 \text{ A}$ . Vahelduvvoolu sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ . Kui suur on pooli induktiivsus ? Milline on faasinihe pooli otstel mõjuva pinge ja pooli läbiva voolu vahel ?
- 4.44 Poolis, mille induktiivsus  $L = 15 \text{ mH}$  ja takistus  $r = 5 \Omega$ , kulgeb vool  $i = 10 \sin 500 t$  (voolutugevus on väljendatud amprites, aeg – sekundites). Määrata voolu ja pinge efektiivväärtused, poolile rakendatud pinge hetkväärtusi väljendav seadus, pooli poolt tarbitav võimsus ning joonestada vektordiagramm.
- 4.45 Vahelduvvooluvõrku, sagedusega  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , on lülitatud järjestikku kaks drosselit, mille induktiivsused  $L_1 = 22 \text{ mH}$  ja  $L_2 = 9,6 \text{ mH}$  ning oomilised takistused vastavalt  $R_1 = 12 \Omega$  ja  $R_2 = 8 \Omega$ . Voolutugevus ahelas  $I = 5,7 \text{ A}$ . Leida võimsused, mida tarbivad kumbki drossel eraldi ja kogu ahel tervikuna. Kui suur on ahela otstele rakendatud pinge ?
- 4.46 Vahelduvvooluvõrku ( $110 \text{ V}$ ;  $50 \text{ Hz}$ ) lülitati pool, mille induktiivsus on  $0,1 \text{ H}$ . Määrata pooli oomiline takistus, kui teda läbib  $2 \text{ A}$  tugevune vool. Kui suurt võimsust tarbib see pool nendes tingimustes ?
- 4.47 Reostaat takistusega  $R = 25 \Omega$  ja drossel, mille induktiivsus  $L = 0,1 \text{ H}$  ja oomiline takistus  $R_1 = 15 \Omega$ , ühendati järjestikku vahelduvvooluvõrku. Võrgupinge efektiivväärtus  $U = 102 \text{ V}$  ja sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ . Kui suur võimsus eraldub reostaadil ja milline drosselil ?

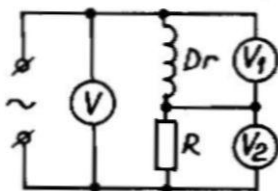


Joon. 4.9.

- 4.48 Vahelduvpinge sagedusega  $\nu = 50 \text{ Hz}$  on rakendatud ahelale, mille moodustavad järjestikku ühendatud takisti  $r = 22 \Omega$  ja drossel (vt. joon. 4.10). Vooluringi lülitatud wattmeeter näitab  $940 \text{ W}$ , voltmeeter  $220 \text{ V}$  ja ampermeeter  $5 \text{ A}$ . Määrata drosseli parameetrid ja selles eralduv võimsus.



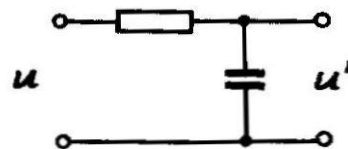
Joon. 4.10.



Joon. 4.11.

- 4.49 Vahelduvvooluvõrku ühendatud drosselis eralduvat võimsust võib määrata kolme voltmeetri abil (vt. joon. 4.11). Millega see võrdub, kui on teada voltmeetri näidud ja oomiline takistus  $R$  ?
- 4.50 Kondensaator, mahtuvusega  $C = 20 \mu\text{F}$ , ja reostaat, takistusega  $R = 150 \Omega$ , on ühendatud järjestikku vahelduvvooluvõrku ( $110 \text{ V}$ ;  $50 \text{ Hz}$ ). Määrata pinge kondensaatori katetel ja reostaadi otstel.
- 4.51 Ahelale, mille moodustavad kondensaator ja temaga järjestikku ühendatud takisti  $R = 110 \Omega$ , on rakendatud vahelduvpinge, mille amplituudväärtus  $U_m = 110 \text{ V}$ . See tekitab ahelas voolu amplituudväärtusega  $I_m = 0,5 \text{ A}$ . Leida faasinihe voolu ning ahelale rakendatud pinge vahel.

- 4.52 Plaatkondensaatori katetevahelist ruumi täidab nitrobensool, mille eritakistus  $\rho = 10^7 \Omega \cdot m$  ja suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 32$ . Leida kondensaatorile rakendatud pinge ja teda läbiva voolu faasinihe sagedustel  $\nu_1 = 50 \text{ Hz}$  ja  $\nu_2 = 1000 \text{ Hz}$ .

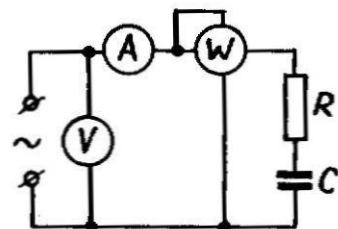


Joon. 4.12.

- 4.53 Joonisel 4.12 on esitatud alaldi siluva filtri lihtsaim skeem. Vaskpoolsesse sisendisse rakendatakse pinge  $u = U_m (1 + \cos \omega t)$ . Leida väljundpinge hetkväärtust väljendav funktsioon ja RC väärtus, mille korral pinge vahelduvkomponendi amplituudväärtus väljundis on  $\eta = 7$  korda väiksem alaliskomponendist. Vahelduvkomponendi nurksagedus  $\omega = 314 \text{ rad/s}$ .
- 4.54 Kondensaator  $C = 100 \mu F$  ja sellega järjestikku ühendatud takisti  $r = 3 \Omega$  moodustavad vooluringi osa, mille otstel mõjub pinge  $u = 141 \sin 628t$  (pinge on väljendatud voltides, aeg – sekundites). Määrata pinge ja voolu efektiivväärtused, voolu hetkväärtusi väljendav seadus, vooluringi vaadeldava osa poolt tarbitav võimsus ning joonestada vektordiagramm.

- 4.55 Vahelduvvooluvõrku, mille pinge amplituudväärtus  $U_m = 440 \text{ V}$  ja sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , on lülitatud järjestikku normaalselt põlev hõõgniitlamp ja kondensaator. Lambile on kirjutatud „55 W, 110 V”. Leida kondensaatori mahtuvus. Kui suur on ahelale rakendatud pinge ja teda läbiva voolu faasinihe?

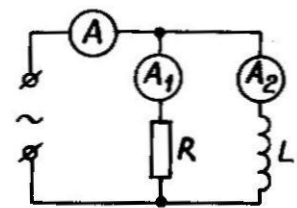
- 4.56 Joonisel 4.13 kujutatud vooluringis näitav vattmeeter 325 W, ampermeeter – 4,2 A ja voltmeeter – 220 V. Vahelduvpinge sagedus on 50 Hz. Leida oomiline takistus R ja kondensaatori mahtuvus C.



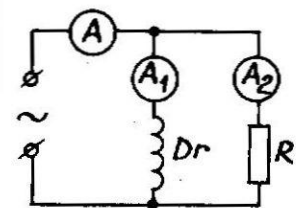
Joon. 4.13.

- 4.57 Pool, induktiivsusega  $L = 30 \text{ mH}$  ja oomilise takistusega  $R = 20 \Omega$ , ühendati kondensaatoriga  $C = 4 \mu F$  järjestikku vahelduvvooluvõrku (220 V; 50 Hz). Määrata ahelat läbiva voolu tugevus ja voolu ning ahelale rakendatud pinge faasinihe.
- 4.58 Drossel, mille oomiline takistus  $R = 120 \Omega$  ja kondensaator, mahtuvusega  $C = 10 \mu F$ , ühendati järjestikku vahelduvvooluvõrku ( $U = 120 \text{ V}$ ;  $\nu = 50 \text{ Hz}$ ). Ahelat läbib vool  $I = 1 \text{ A}$ . Määrata drosseli induktiivsus.
- 4.59 Ahela takistus vahelduvvoolule, mille sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$ , on  $10 \Omega$ . Ahel koosneb järjestikku lülitatud reostaadist  $R = 6 \Omega$ , poolist induktiivtakistusega  $X_L = 16 \Omega$ , ja kondensaatorist, mahtuvusega C. Pooli oomiline takistus on tühiselt väike. Määrata kondensaatori mahtuvus ja tema takistus vahelduvvoolule, eeldades, et ahela mahtvuslik takistus on väiksem induktiivtakistusest.
- 4.60 Vooluahel koosneb järjestikku ühendatud kondensaatorist mahtuvusega  $C = 22 \mu F$  ja induktiivpoolist, mille induktiivsus  $L = 0,35 \text{ H}$  ja oomiline takistus  $R = 20 \Omega$ . Ahelale on rakendatud vahelduvpinge nurksagedusega  $\omega = 314 \text{ rad/s}$  ja amplituudväärtusega  $U_m = 180 \text{ V}$ . Leida voolu amplituudväärtus, voolu ja ahelale rakendatud pinge faasinihe, samuti pingete amplituudväärtused kondensaatoril ja pooli otstel.
- 4.61 Järjestikku on ühendatud pool ( $X_L = 12 \Omega$ ,  $r_p = 5 \Omega$ ), kondensaator ( $X_C = 18 \Omega$ ) ja takisti ( $r = 3 \Omega$ ). Määrata pinge efektiivväärtused kõikidel vooluringi elementidel ning joonestada vektordiagramm, kui vooluringi otstel mõjub vahelduvpinge, mille sagedus  $\nu = 50 \text{ Hz}$  ja efektiivväärtus  $U = 120 \text{ V}$ .
- 4.62 Vahelduvvooluvõrku (220 V; 50 Hz) ühendati järjestikku kondensaator  $C = 18 \mu F$ , reostaat  $R = 10 \Omega$  ja drossel  $L = 0,6 \text{ H}$ . Pinge drosselil edastab voolu faasis  $\alpha = 60^\circ$  võrra. Leida drosseli aktiivtakistus ning ahela igal elemendil eralduv võimsus. Kui suur on kogu ahela võimsustegur?
- 4.63 Reostaat, takistusega  $R = 10 \Omega$ , on ühendatud pooliga, mille induktiivsus  $L = 0,1 \text{ H}$  ja oomiline takistus on tühiselt väike, järjestikku vahelduvvooluvõrku (220 V; 50 Hz). Samasse ahelasse lülitatakse järjestikku veel kondensaator, mille mahtuvus on selline, et faasinihe voolu ja rakendatud pinge vahel muutub nulliks. Leida voolu aktiiv- ja näivvõimsus kummagi lülituse korral. Kui suur on kondensaatori mahtuvus?

- 4.64 Vahelduvvooluvõrku, sagedusega  $50\text{ Hz}$ , on järjestikku lülitatud reostaat ja pool, mille induktiivsus  $L = 0,1\text{ H}$ , kuid oomiline takistus on tühiselt väike. Ahelale rakendatud pinge ja teda läbiva voolu vahel on faasinihe  $\varphi = 30^\circ$ . Leida reostaadi takistus. Kui suure mahtuvusega kondensaator tuleks ühendada pooliga järjestikku, et faasinihe voolu ja pinge vahel kaoks?
- 4.65 Määrata võimsuse kaod juhtmetes, mis ühendavad generaatorit tarbijaga, kui edasiantav võimsus on  $100\text{ kW}$ , pinge generaatori klemmidel  $220\text{ V}$ , juhtmete takistus  $0,01\ \Omega$  ja faasinihe  $37^\circ$ .
- 4.66 Vahelduvvooluvõrku on järjestikku ühendatud oomiline takistus  $R_0$  ja reaktiivtakistus  $X$ . Kuidas muutub ahela poolt tarbitav võimsus, kui reaktiivtakistus asendada arvuliselt sama suure oomilise takistusega?
- 4.67 Vooluahela moodustavad järjestikku ühendatud reostaat  $R = 10\ \Omega$ , pool induktiivtakistusega  $X_L = 50\ \Omega$  ja kondensaator mahtuvustakistusega  $X_C = 30\ \Omega$ . Ahela otstel mõjub pinge  $u = 310 \sin 314 t\text{ (V)}$ . Määrata voolu efektiivväärtus, vooluahela igal elemendil mõjuva pinge hetkväärtusi väljendav seadus, vooluringi poolt tarbitav aktiiv-, reaktiiv- ja näivvõimsus.
- 4.68 Määrata sagedus, mille puhul eelmises ülesandes kirjeldatud vooluringis tekib pingeresonants. Milline on seejuures voolu efektiivväärtus ning pinged kondensaatori ja pooli klemmidel?
- 4.69 Takistit  $R = 20\ \Omega$ , induktiivpooli  $L = 0,1\text{ H}$  ja kondensaatorit  $C = 0,1\ \mu\text{F}$  järjestikku sisaldavas vooluringis mõjub sinusoidaalne elektromotoorjõud, mille efektiivväärtus  $\mathcal{E} = 30\text{ V}$ . Määrata vooluringi resonantssagedus. Kui suured on voolutugevuse ja vooluringi vastavate elementide pingete  $U_R$ ,  $U_L$  ning  $U_C$  efektiivväärtused resonantsi korral?
- 4.70 Ahel koosneb järjestikku ühendatud kondensaatorist, mahtuvusega  $C$ , induktiivpoolist, mille induktiivsus on  $L$  ja oomiline takistus tühiselt väike, ning resistorist, oomilise takistusega  $R$ . Ahelat toidetakse konstantset amplituudväärtust omava vahelduvpingega, mille sagedus on muudetav. Leida sagedus, mille korral pinge amplituudväärtus kondensaatoril on maksimaalne.
- 4.71 Lähtudes eelmise ülesande tingimustest, leida sagedus, mille korral pinge amplituudväärtus pooli otstel on maksimaalne.
- 4.72 Kaht paralleelselt ühendatud reostaati toidetakse pingega  $u = 179 \sin 314 t\text{ (V)}$ . Reostaatide takistused  $R_1 = 10\ \Omega$  ja  $R_2 = 25,4\ \Omega$ . Leida hargnemata voolu efektiivväärtus ja hetkväärtust väljendav seadus.
- 4.73 Pinge hetkväärtus joonisel 4.14 kujutatud vooluahela sisendklemmidel muutub vastavalt seadusele  $u = 179 \sin 1256 t\text{ (V)}$ .  $R = 10\ \Omega$  ja  $L = 20,2\text{ mH}$ . Määrata ampermeetrite näidud ja voolu hetkväärtust väljendav seadus ahela hargnemata osas.
- 4.74 Reostaat, takistusega  $R = 12,6\ \Omega$ , ja pool, mille induktiivsus  $L = 0,04\text{ H}$  ning oomiline takistus tähtsusetult väike, on lülitatud paralleelselt vahelduvvooluvõrku. Milline on vahelduvvoolu sagedus, kui voolutugevused harudes on võrdsed?
- 4.75 Vahelduvvooluvõrku sagedusega  $\nu = 50\text{ Hz}$  on järjestikku ühendatud oomiline takistus  $R = 50\ \Omega$  ja pool induktiivsusega  $L = 0,2\text{ H}$ . Millise paralleelselt ühendatud aktiivtakistusega  $R_1$  ja pooliga, mille induktiivsus on  $L_1$  (aktiivtakistus tühiselt väike) võib asendada järjestikuse ahela, et vooluringis säiliks esialgne režiim?
- 4.76 Vahelduvvooluvõrku lülitatud drosselis eralduvat võimsust võib määrata kolme ampermeetri abil (vt. joonis 4.15). Kuidas seda arvutada, kui on teada ampermeetrite näidud ja oomiline takistus  $R$ ?
- 4.77 Joonisel 4.16 kujutatud ahelale on rakendatud vahelduvpinge  $380\text{ V}$  ( $\nu = 50\text{ Hz}$ ). Mida näitavad mõõteriistad, kui  $R = 30\ \Omega$  ja kondensaatori mahtuvustakistus  $X_C = 30\ \Omega$ ?



Joon. 4.14.



Joon. 4.15.

4.78 Kui suurt takistust avaldab vahelduvvoolule, mille nurksagedus on  $\omega$ , ahelaosa, mis koosneb paralleelselt ühendatud kondensaatorist, mahtuvusega  $C$  ja reostaadist, takistusega  $R$ ?

4.79 Vahelduvvooluvõrku (127 V,  $\nu = 50$  Hz) on lülitatud paralleelselt kondensaator, mahtuvusega  $C = 24 \mu\text{F}$ , ja drossel, mille induktiivsus  $L = 0,6$  H ja oomiline takistus  $R = 100 \Omega$ . Leida kondensaatorit ja pooli läbivate voolude efektiivväärtused. Kui suur on resultantvool?

4.80 Leida voolutugevuse efektiivväärtused joonisel 4.17 kujutatud vooluringi kõikides osades, kui  $R = 0,1 \Omega$ ,  $L = 1,00$  mH,  $C = 0,11 \mu\text{F}$ ,  $\mathcal{E} = 30$  V ja  $\omega = 1,0 \cdot 10^5$  rad/s.

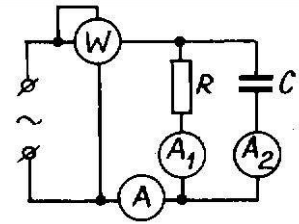
4.81 Vooluahel koosneb paralleelselt ühendatud poolist, mille induktiivsus on  $L = 1,0$  H ja oomiline takistus  $R = 100 \Omega$  ning kondensaatorist, mahtuvusega  $C = 4 \mu\text{F}$ . Leida selle ahela kogutakistus, kui vahelduvvoolu sagedus  $\nu = 50$  Hz.

4.82 Joonisel 4.18 kujutatud vooluringis on tekitatud vooluresonants. Ampermeetri  $A_1$  näit on 5 A, ampermeetril  $A_0$  - 3 A. Milline on ampermeetri  $A_2$  näit?

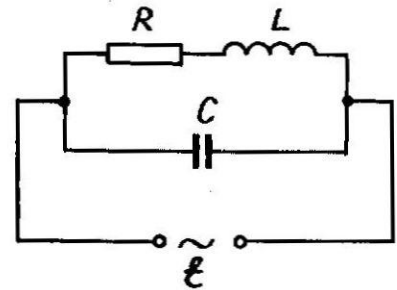
4.83 Vooluvõrku (127 V,  $\nu = 50$  Hz) lülitati paralleelselt pool, mille induktiivsus on  $L = 1$  H ja oomiline takistus  $R = 10 \Omega$  ning kondensaator. Kui suur peaks olema kondensaatori mahtuvus, et tekiks vooluresonants? Määrata resonantsi korral voolutugevused läbi pooli ja kondensaatori. Milline on resultantvoolu tugevus?

4.84 Ahelale, mis koosneb muudetava mahtuvusega kondensaatorist ja temaga paralleelselt ühendatud solenoidist, rakendatakse vahelduvpinge (120 V,  $\nu = 50$  Hz). Solenoidi induktiivsus on  $L = 1,5$  H ja aktiivtakistus on tühiselt väike. Resultantvoolu minimaalne väärtus  $I_r = 0,010$  A. Leida kondensaatori mahtuvus ja ahela takistus resonantsi korral.

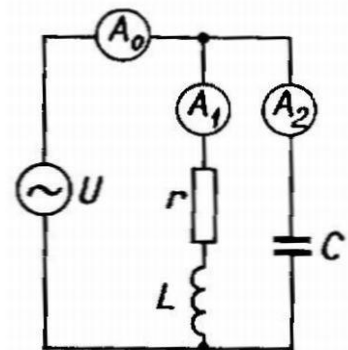
4.85 Vahelduvpinge  $U = 220$  V on rakendatud ahelale, mille moodustavad drossel ( $L = 1 \cdot 10^{-3}$  H,  $R = 3 \Omega$ ) ja temaga paralleelselt ühendatud kondensaator ( $C = 1 \mu\text{F}$ ). Leida sagedus, mille korral resultantvoolu tugevus on minimaalne, ning voolutugevused sellel sagedusel kondensaatoris ja drosselis.



Joon. 4.16.



Joon. 4.17.



Joon. 4.18.

### Elektromagnetlained

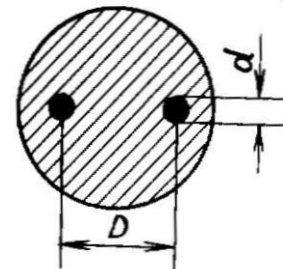
4.86 Elektromagnetlaine, mille sagedus  $\nu = 3,0$  MHz, siseneb vaakumist dielektrikusse. Leida tema lainepikkuse juurdekasv, kui dielektriku suhteline elektriline läbitavus  $\epsilon = 4$ .

4.87 Elektromagnetiline tasalaine langeb risti tasaparalleelsele dielektrikust plaadile, mille paksus on  $d$ . Dielektriku suhteline elektriline läbitavus väheneb eksponentsiaalselt väärtuselt  $\epsilon_1$  plaadi esipinnal väärtuseni  $\epsilon_2$  tema tagumisel pinnal. Leida laine levikuaeg plaadis.

4.88 Elektromagnetiline tasalaine, mille sagedus  $\nu = 10$  MHz, levib elektrit halvasti juhtivas keskkonnas. Keskkonna erijuhtivus  $\sigma = 10^{-3}$  S/m ja suhteline dielektriline läbitavus  $\epsilon = 9$ . Leida lainest põhjustatud juhtivusvoolu ja nihkevoolu amplituudide suhe.

4.89 Elektromagnetiline tasalaine  $\vec{E} = \vec{E}_m \cos[\omega t - (\vec{k}, \vec{r})]$  levib vaakumis. Oletades, et vektorid  $\vec{E}_m$  ja  $\vec{k}$  on teada, leida punkti  $\vec{r} = 0$  jaoks vektor  $\vec{H}$  kui aja funktsioon.

- 4.90 Vaakumis levib elektromagnetiline tasalaine  $\vec{E} = \vec{E}_m \cos[\omega t - (\vec{k}, \vec{r})]$ , kus  $\vec{E}_m = E_m \vec{e}_y$  ja  $\vec{k} = k \vec{e}_x$ ;  $\vec{e}_x$  ning  $\vec{e}_y$  on telgede x ja y ühikvektorid. Leida vektor  $\vec{H}$  punktis, mille kohavektor  $\vec{r} = r \vec{e}_x$  ajahetkel: a)  $t = 0$ , b)  $t = t_0$ . Vaadelda juhtumit, kus  $E_m = 160 \text{ V/m}$ ,  $k = 0,51 \text{ m}^{-1}$ ,  $x = 7,7 \text{ m}$  ja  $t_0 = 33 \text{ ns}$ .
- 4.91 Kuidas jaotuvad avatud kolmejuhtmelises liinis, mille pikkus on  $l$ , pinget ja voolu omavõnkumiste amplituudid? Leida nende võnkumiste sagedused. Energiakadusid liinis ei pruugi arvestada.
- 4.92 Kuidas jaotuvad lühistatud kahejuhtmelises liinis, pikkusega  $l$ , pinget ja voolu omavõnkumiste amplituudid? Leida nende võnkumiste sagedused. Energiakadusid liinis pole vaja arvestada.
- 4.93 Kuidas jaotuvad ühest otsast avatud ja teisest otsast lühistatud kahejuhtmelises liinis, pikkusega  $l$ , pinget ja voolu omavõnkumiste amplituudid? Leida nende võnkumiste sagedused. Energiakadusid liinis pole vaja arvestada.
- 4.94 Leida kahejuhtmelise liini lainetakistus  $\rho$ , kui juhtmete diameeter  $2r = 4 \text{ mm}$  ja nende vahemaa  $D = 10 \text{ cm}$ . Energiakadusid liinis pole vaja arvestada.
- 4.95 Leida kahejuhtmelise õhuliini induktiivsus, mahtuvus ja lainetakistus, kui liini pikkus  $l = 40 \text{ m}$ , juhtmete vahemaa  $D = 15 \text{ cm}$  ja nende läbimõõt  $d = 3 \text{ cm}$ .
- 4.96 Kahejuhtmelise liini moodustab kahejuhtmeline kaabel (vt. joon. 4.19), mille mõõtmed  $D = 20 \text{ cm}$  ja  $d = 4 \text{ mm}$ . Dielektriku suhteline läbitavus  $\varepsilon = 4$ . Leida kaabli lainetakistus.
- 4.97 Leida õhkdielektrikuga koaksiaalse kaabli lainetakistus, kui väliskesta läbimõõt  $2R = 40 \text{ mm}$  ja soone läbimõõt  $2r = 8 \text{ mm}$ . Energiakadusid kaablis pole vaja arvestada.
- 4.98 Leida elektromagnetlainete levikukiirus koaksiaalkaablis, mille dielektriku suhteline läbitavus  $\varepsilon = 4,5$ . Energiakadusid pole vaja arvestada.
- 4.99 Koaksiaalkaabli soone ja väliskesta vahelist ruumi täitnud õhk asendati mingisuguse teise dielektrikuga, mistõttu elektromagnetlainete levikukiirus kaablis vähenes 25% võrra. Leida dielektriku suhteline dielektriline läbitavus.
- 4.100 Leida mõlemast otsast avatud vees asetseva kaovaba kahejuhtmelise liini omavõnkumiste periood, kui liini pikkus on  $l$ .
- 4.101 Kaks pikka paralleelset bensoolis asetsevat sirgjuhet on induktiivselt sidestatud ühest otsast kõrgsagedusgeneraatoriga. Sagedusel  $\nu = 100 \text{ MHz}$  tekivad paralleelsetes juhtmetes seisvlained. Nihutades piki juhtmeid gaaslahenduslambi, mille üks elektrood on ühendatud ühe, teine – teise juhtmega, tehti tema helenduse järgi kindlaks elektrivälja tugevuse paisude asukohad. Naaberpaisude vahemaa  $\Delta x$  osutus võrdseks 1,00 meetriga. Leida bensooli suhteline dielektriline läbitavus.
- 4.102 Avatud kahejuhtmeline liin, mille pikkus  $l = 12 \text{ m}$ , resoneerib generaatori põhisagedusele. Mitu korda erinevad pinget ja voolu amplituudväärtused kaugusel  $x = 5 \text{ m}$  liini otsast pinget ja voolu maksimaalväärtusest?
- 4.103 Avatud kahejuhtmelist pikka liini, lainetakistusega  $\rho = 500 \Omega$ , toidetakse kõrgsagedusgeneraatorist siinuspingega, mille sagedus  $\nu = 200 \text{ MHz}$ . Liin asetseb õhus. Pinget amplituudväärtus liini lõpus  $U_m = 1000 \text{ V}$ . Leida voolu ja pinget amplituudväärtused liini selles punktis, mille kaugus liini lõpust  $x = 1 \text{ m}$ .
- 4.104 Leida madalaim sagedus, millele resoneerib  $l = 12 \text{ km}$  pikkune ühest otsast avatud koaksiaalkaabel, kui kaabli dielektriku suhteline elektriline läbitavus  $\varepsilon = 4,5$  ning teda toidab teisest otsast kaduv-  
vähese sisetakistusega vahelduvvooluallikas.



Joon. 4.19.

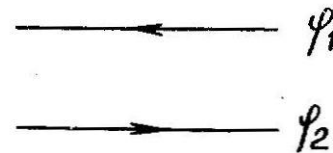


- 4.105 Leida kaovaba koaksiaalkaabli lainetakistus, kui kaabli väliskesta sisemine läbimõõt  $2R = 12 \text{ mm}$  ja soone läbimõõt  $2r = 2 \text{ mm}$ . Kaabli dielektriku suhteline elektriline läbitavus  $\varepsilon = 2,4$ .
- 4.106 Leida ühest otsast avatud kaovaba kahejuhtmelise õhuliini sisendtakistus sagedusel  $\nu = 50 \text{ MHz}$ , kui liini moodustavate juhtmete diameeter  $2R = 2 \text{ mm}$  ja nende vahemaa  $d = 12 \text{ mm}$ . Liini pikkus võib olla  $l_1 = 2 \text{ m}$ ;  $l_2 = 3 \text{ m}$ ,  $l_3 = 3,5 \text{ m}$ ,  $l_4 = 7,5 \text{ m}$ . Määrata igal juhtumil takistuse iseloom (kas on see mahtuvuslik või induktiivne?)
- 4.107 Kahejuhtmelise avatud liini pikkus  $l = 2 \text{ m}$ , juhtmete vahemaa  $D = 10 \text{ cm}$  ja juhtmete diameeter  $d = 3 \text{ mm}$ . Liin asetseb õhus. Leida selle liini sisendtakistus generaatorile, mis töötab lainepikkusel  $\lambda = 1,5 \text{ m}$ .
- 4.108 Ülesandes 4.106 kirjeldatud liini juhtmetele on paigutatud juhtmeid lühistav metallvarb – sild. Sild on piki juhtmeid nihutatav. Leida liini sisendtakistuse  $Z_s$  sõltuvus silla kaugusest  $x$  liini alguse suhtes. Teha kindlaks, kuidas muutub sisendtakistuse iseloom sõltuvalt silla asukohast.
- 4.109 Lühistatud kahejuhtmelise õhuliini  $l = 2 \text{ m}$ , juhtmete vahemaa  $D = 10 \text{ cm}$  ja nende diameeter  $d = 3 \text{ mm}$ . Leida selle liini sisendtakistus generaatorile, mis töötab lainepikkusel  $\lambda = 1,5 \text{ m}$ .
- 4.110 Lühistatud kahejuhtmelise õhuliini pikkus  $l = 0,8 \text{ m}$ , juhtmete vahemaa  $D = 10 \text{ cm}$  ja nende läbimõõt  $d = 3 \text{ mm}$ . Kui suure induktiivsusega on see liin ekvivalentne generaatori jaoks, mis töötab lainepikkusel  $\lambda = 4 \text{ m}$ ?
- 4.111 Lühistatud kahejuhtmelist liini, mille pikkus  $l = 2 \text{ m}$ , toidetakse generaatorist, mis töötab sagedusel  $\nu = 600 \text{ MHz}$ . Millist takistust avaldab see liin generaatorile, kui juhtmed asetsevad õhus ja nende vahemaa  $D = 10 \text{ cm}$  ning diameeter  $d = 3 \text{ mm}$ ?
- 4.112 Kahejuhtmeline kaovaba liin, mille pikkus  $l = 5 \text{ m}$ , on ühest otsast koormatud kondensaatoriga  $C = 20 \text{ pF}$ . Liini juhtmete läbimõõt  $2r = 4 \text{ mm}$  ja nende vahemaa  $D = 4 \text{ cm}$ . Leida liini sisendtakistus sagedusel  $\nu = 75 \text{ MHz}$ .
- 4.113 Kahejuhtmelise liini pikkus  $l = 5 \text{ m}$ , juhtmete läbimõõt  $2r = 3 \text{ mm}$  ja nende vahemaa  $D = 6 \text{ cm}$ . Leida liini sisendtakistus sagedusel  $\nu = 75 \text{ MHz}$ , kui mõlemate juhtmete oomiline takistus sellel sagedusel liini meetripikkuse lõigu kohta  $R_1 = 0,2 \Omega/\text{m}$  ja liini teine ots on: a) lühistatud; b) avatud.
- 4.114 Kahejuhtmeline kaovaba liin pikkusega  $l = 18 \text{ m}$ , on koormatud oomilise takistusega  $r = 80 \Omega$ . Liini lainetakistus  $\rho = 400 \Omega$ . Leida liini sisendtakistused lainepikkustel  $\lambda_1 = 8 \text{ m}$  ja  $\lambda_2 = 9 \text{ m}$ .
- 4.115 Leida eelmises ülesandes kirjeldatud liini sisendtakistus, kui ta on koormatud oomilise takistusega  $r = 400 \Omega$ .

#### Poyntingi vektor

- 4.116 Joonisel 4.20 on kujutatud kahejuhtmelise alalisvooluga liini lõik. Voolu suunda näitavad nooled. Teades, et potentsiaalid rahuldavad tingimust  $\varphi_2 > \varphi_1$ , määrata Poyntingi vektori abil vooluallika asukoht (paremal või vasakul?).

- 4.117 Ideaalse (soojuskadudeta) kahejuhtmelise liini üks otstepaar on ühendatud alalisvoolu allikaga, teine aga teatud takistiga, mis moodustab liini koormuse. Näidata, et Poyntingi vektor on juhtmetevahelises ruumis suunatud piki juhtmeid koormuse suunas. Kuidas muutub Poyntingi vektori suund, kui võtta arvesse juhtmete takistust?



Joon. 4.20.

- 4.118 Eelmises ülesandes kirjeldatud kahejuhtmelise liini üks otstepaar on ühendatud siinuselise vahelduvpinge generaatoriga. Pinge ja voolutugevus on liinis ühes ja samas faasis. Näidata, et Poyntingi vektor on juhtmetevahelises ruumis suunatud alati liini koormatud otsa poole.
- 4.119 Eelmises ülesandes kirjeldatud liinis jääb vool pingest faasis  $90^\circ$  võrra maha. Näidata, et niisugusel juhul muutub Poyntingi vektori suund juhtmetevahelises ruumis iga neljandikperioodi vältel vastupidiseks, mistõttu energiavoog perioodi jooksul on null (seisevlaine).

- 4.120 Pikas silindrilises sirgujuhtmes kulgeb alalisvool. Määrata juhtme külgsinna suvalise punkti jaoks Poyntingi vektori komponent, mis on tingitud vektori  $\vec{E}$  tangentsiaalkomponendist, ja näidata, et Poyntingi vektori korrutis juhtme külgsinnavalaga on võrdne juhtmes eralduva võimsusega.
- 4.121 Näidake, et elektrienergia, mis neeldub voolu kulgemise tõttu juhtmes ja läheb selle soojendamiseks, saadakse ümbritsevast elektromagnetväljast.
- 4.122 Näidake, et energia, mille kannab elektromagnetlaineline ajaühikus läbi koaksiaalkaabli ristlõike, on võrdne selle energiaga, mida sisestab kaablis sama aja jooksul kaablit toitev vooluallikas.
- 4.123 Plaatkondensaator, mille kateteks on kaks ühesugust ketast, laeti kõrge pingeni ja seejärel lahutati pingeallikast. Piki kondensaatori telge tekib sädelahendus, mille tagajärjel kondensaator tühjeneb. Luges lahenduse kvaasistatsionaarseks ja jättes välja mittehomogeensuse katete servadel arvestamata, leida kondensaatorist väljuv elektromagnetenergia voog.
- 4.124 Plaatkondensaatori kateteks on kaks ühesugust ketast ning tema mahtuvus on  $C$ . Kondensaatorile anti laeng  $q_0$ , lahutati pingeallikast, misjärel katted ühendati omavahel väljaspool kondensaatorit pika silindrilise juhiga. Jättes arvestamata välja mittehomogeensuse kondensaatori servadel, näidata vahetu arvutuse abil, et kondensaatorist väljuv elektromagnetenergia voog on võrdne juhtmesse siseneva energia kogumuuga.
- 4.125 Elektromagnetilise tasalaine lainepikkus  $\lambda = 100 \text{ m}$  ja elektrilise komponendi amplituudväärtus  $E_m = 5 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ . Millis energia kannab see laine  $t = 10 \text{ min}$  jooksul läbi laine levikuteega ristuva pinnatüki  $S = 1 \text{ m}^2$ ?
- 4.126 Leida energia, mille kannab sinusoidaalne elektromagnetlaineline vaakumis aja  $\tau = 1,0 \text{ min}$  jooksul läbi laine levikuteega ristuva tasapinnatüki  $S = 10,0 \text{ cm}^2$ . Laine elektrilise komponendi amplituudväärtus  $E_m = 1,0 \text{ m V/m}$ . Laine võnkeperiood  $T \ll \tau$ .

#### Vastused

- 4.1  $L = 12,7 \text{ mH}$
- 4.2  $\Delta\nu = 160 \text{ kHz} - 460 \text{ kHz}$
- 4.3  $T = 2 \text{ ns}, L = 0,34 \text{ H}, i = 28 \cdot 10^{-3} \cos(10^5 \cdot \pi t + \frac{\pi}{2})$
- 4.4  $I_m = \frac{U_m}{\sqrt{\frac{L}{C}}} = 0,45 \text{ A}$
- 4.5  $T = 5 \text{ ms}, C = 0,63 \mu\text{F}, U_m = 25 \text{ V}, W_e = W_m = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
- 4.6  $W_m = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
- 4.7  $u^2 + \frac{L}{C} i^2 = U_C^2$
- 4.8  $i = I_m \sin \omega t, \text{ kus } I_m = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}}; \epsilon_e = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$
- 4.9  $T_0 = 0,7 \text{ ms}, I_m = 8 \text{ A}$
- 4.10  $A = W(\eta^2 - 1)$
- 4.11  $\delta = 0,62$
- 4.12 Praktiliselt ei muutu.
- 4.13  $T = 8 \text{ ms}, \delta = 0,7, u = 80e^{-87t} \cos 800t (\text{V})$
- 4.14 Võnkumised tekivad vaid kondensaatorite järjestikuse ühenduse korral.
- 4.15  $\delta \approx 0,22, R \approx 11,2 \Omega$
- 4.16  $n = 1,04 \text{ korda}$
- 4.17  $W_0 = 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ J}, W = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

- 4.18  $\nu = \frac{R}{0,74 \cdot 2\pi L} = 5 \text{ Hz}$
- 4.19  $Q = 2,45, \quad \frac{\Delta Q}{Q} = 2\%$
- 4.20  $\tau = \frac{Q}{\pi \nu} \ln \eta = 0,5 \text{ ms}$
- 4.21  $N = \frac{\sqrt{\frac{4L}{R^2 C} - 1}}{2\pi} = 16$
- 4.22  $x \approx \frac{1}{8Q^2} = 0,5\%$
- 4.23  $\frac{W''}{W'} = e^{-\frac{4\pi \nu_0}{\sqrt{4Q^2 + 1}}} = 4,3\%$
- 4.24  $t \approx \frac{Q \ln \eta}{2\pi \nu_0} = 1,0 \text{ ms}$
- 4.25  $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4R^2 C^2}}, \quad R > \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$
- 4.26  $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4R^2 C^2}}, \quad Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4R^2 C}{L} - 1}$
- 4.27  $Q \approx \frac{U_0^2}{2P_k} \sqrt{\frac{C}{L}} = 100$
- 4.28  $P_k = 0,2 \text{ mW}$
- 4.29  $P = \frac{U_0^2 RC}{2L} = 10^{-5} \text{ W}$
- 4.30  $I_m = 3,2 \text{ A}$
- 4.31  $I_e = 0,25 \text{ A}, \quad I_k = 0,125 \text{ A}$
- 4.32 a)  $I_e = \frac{2}{\sqrt{3}} I_k$ ; b)  $I_e = \frac{\pi}{\sqrt{8}} I_k$
- 4.33  $I_{ef} = 18 \text{ mA}, \quad I_k = 10 \text{ mA}$
- 4.34  $I_a = 3,2 \text{ A}, \quad I_v = 5 \text{ A}$
- 4.35  $U_k = 45 \text{ V}, \quad U'_k = 141 \text{ V}$
- 4.36  $\tau_1 = 8,8 \text{ tundi}$
- 4.37 a)  $U_m = 157 \text{ V}$ ; b)  $U_m = 314 \text{ V}$
- 4.38  $I_k = 0,127 \text{ A}$
- 4.39  $U_{AB} \approx 2U_m$ , kus  $U_m$  on rakendatud pinge amplituudväärtus.
- 4.40  $Z = 137 \Omega$
- 4.41  $\tan \varphi = \frac{\mu_0 \pi^2 \nu_a}{4\rho n}$
- 4.42  $L = 0,15 \text{ H}$
- 4.43  $L = 0,026 \text{ H}; \quad \varphi = 53,7^\circ$
- 4.44  $I_e = 7,1 \text{ A}; \quad U_e = 64 \text{ V}; \quad u = 90 \sin(500t + 56,3^\circ); \quad P = 252 \text{ W}$
- 4.45  $P_1 = 390 \text{ W}, \quad P_2 = 260 \text{ W}, \quad P = 650 \text{ W}, \quad U = 127 \text{ V}$
- 4.46  $R = 45 \Omega, \quad P = 180 \text{ W}$
- 4.47  $P_1 = 100 \text{ W}, \quad P_2 = 60 \text{ W}$
- 4.48  $L = 0,073 \text{ H}, \quad r_d = 15,6 \Omega, \quad P_d = 390 \text{ W}$

- 4.49  $P_d = \frac{1}{2R}(U^2 - U_1^2 - U_2^2)$
- 4.50  $U_R = 75 \text{ V}; U_C = 80 \text{ V}$
- 4.51  $\varphi = 60^\circ$
- 4.52  $\varphi_1 = 48,4^\circ; \varphi_2 = 3,2^\circ$
- 4.53  $u' = U_m + U_C \cos(\omega t - \varphi)$ , kus  $U_C = U_m / \sqrt{1 + (\omega CR)^2}$  ja  $\tan \varphi = 1 / \omega CR$ ;  
 $CR = \sqrt{\eta^2 - 1} / \omega = 22 \text{ ms}$
- 4.54  $U_e = 100 \text{ V}; I_e = 6,2 \text{ A}; i = 8,8 \sin(628t + 79,3^\circ); P = 115 \text{ W}$
- 4.55  $C = 5,5 \mu\text{F}, \varphi = 69,2^\circ$
- 4.56  $R = 18,4 \Omega; C = 65 \mu\text{F}$
- 4.57  $I = 0,28 \text{ A}, \varphi = -88,5^\circ$
- 4.58  $L = 1 \text{ H}$
- 4.59  $X_C = 8 \Omega, C = 400 \mu\text{F}$
- 4.60  $I_m = 4,5 \text{ A}, \varphi = -63^\circ$  (vool on pingest faasis ees),  $U_C = 650 \text{ V}; U_L = 480 \text{ V}$
- 4.61  $U_L = 156 \text{ V}, U_C = 216 \text{ V}, U_r = 36 \text{ V}$
- 4.62  $R_d = 10,9 \Omega, P_R = 846 \text{ W}, P_d = 925 \text{ W}, \cos \varphi = 0,875$
- 4.63  $P' = 446 \text{ W}; P_{\text{näiv}} = 1470 \text{ W}; P'' = P''_{\text{näiv}} = 4840 \text{ W}; C = 100 \mu\text{F}$
- 4.64  $R = 54,4 \Omega; C = 100 \mu\text{F}$
- 4.65  $\Delta P = \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R = 3,2 \text{ kW}$
- 4.66 Kui  $|X| > R_0$ , siis  $P_2 > P_1$ ;  
 kui  $|X| < R_0$ , siis  $P_2 < P_1$
- 4.67  $I_e = 9,8 \text{ A}; u_R = 138 \sin(314t - 63,4^\circ);$   
 $u_L = 690 \sin(314t - 18,4^\circ);$   
 $u_C = 414 \sin(314t - 108,4^\circ); P = 960 \text{ W}; P_{\text{näiv}} = 2146 \text{ W}; P_{\text{reakt}} = 1910 \text{ VAR}$
- 4.68  $\nu = 38,7 \text{ Hz}; I_e = 21,9 \text{ A}; U_{eL} = 848 \text{ V} = U_{eC}$
- 4.69  $\omega_r = 10^5 \text{ rad/s}; I = 1,5 \text{ A}; U_R = 30 \text{ V}, U_L = 150 \text{ V}; U_C = 150 \text{ V}$
- 4.70  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ , kus  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  ja  $\beta = \frac{R}{2L}$
- 4.71  $\omega = \frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}}$ , kus  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  ja  $\beta = \frac{R}{2L}$
- 4.72  $I = 18,1 \text{ A}; i = 25,6 \sin 314 t$
- 4.73  $I_1 = 12,7 \text{ A}; I_2 = 5 \text{ A}; I = 13,6 \text{ A}; i = 19,2 \sin(1256 t - 21,6^\circ)$
- 4.74  $\nu = 50 \text{ Hz}$
- 4.75  $L_1 = 0,35 \text{ H}, R_1 = 138 \Omega$
- 4.76  $P = \frac{R}{2}(I^2 - I_1^2 - I_2^2)$
- 4.77  $I_1 = 12,7 \text{ A} = I_2; I = 17,9 \text{ A}; P = 4,8 \text{ kW}$
- 4.78  $Z = \frac{R}{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}$
- 4.79  $I_C = 0,96 \text{ A}; I_D = 0,56 \text{ A}; I = 0,51 \text{ A}$
- 4.80  $I_C = 0,33 \text{ A}; I_{LR} = 0,30 \text{ A}; I = 0,03 \text{ A}$

- 4.81  $Z = 527 \Omega$
- 4.82  $I_2 = 4 A$
- 4.83  $C = 10 \mu F, I = 0,06 A, I_C = 0,399 A, I_L = 0,404 A$
- 4.84  $C = 6,6 \mu F; Z = 12 k\Omega$
- 4.85  $\nu = 5 kHz, I_C = 7,04 A, I_L = 6,95 A$
- 4.86  $\Delta\lambda = -50 m$
- 4.87  $\tau = \frac{2d}{c \ln \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}} (\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2})$
- 4.88  $\frac{j_m \text{ juht}}{j_m \text{ nihke}} = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0\epsilon\nu} = 2$
- 4.89  $\vec{H} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{r_0}} [\vec{k}, \vec{E}_m] \cos(ckt)$
- 4.90 a)  $\vec{H} = \vec{e}_z E_m \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cos kx = -30 \vec{e}_z$ ; b)  $\vec{H} = \vec{e}_z E_m \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cos(ckt_0 - kx) = -0,18 \vec{e}_z$
- 4.91  $U_x = U_m \cos \frac{n\pi x}{l}$ ;  $I_x = I_m \sin \frac{n\pi x}{l}$ ,  $\nu_n = \frac{nc}{2l}$ , kus  $n = 1, 2, 3, \dots$ , ja c - elektromagnetlainne levikukiirus.
- 4.92  $U_x = U_m \cos \frac{n\pi x}{l}$ ;  $I_x = I_m \sin \frac{n\pi x}{l}$ ,  $\nu_n = \frac{nc}{2l}$ , kus  $n = 1, 2, 3, \dots$ , ja c - elektromagnetlainne levikukiirus.
- 4.93  $U_x = U_m \cos(\frac{2n+1}{2} \cdot \frac{\pi x}{l})$ ;  $I_x = I_0 \sin(\frac{2n+1}{2} \cdot \frac{\pi x}{l})$ ,  $\nu_n = \frac{c}{\lambda} = \frac{(2n+1)c}{4l}$ , kus  $n = 1, 2, 3, \dots$ , ja c - elektromagnetlainne levikukiirus.
- 4.94  $Q = 120 \ln \frac{D}{r} \approx 470 \Omega$
- 4.95  $L = 736 \cdot 10^{-7} H, C = 24 \cdot 10^{-11} F, \rho = 552 \Omega$
- 4.96  $\rho = 138 \Omega$
- 4.97  $\rho = 60 \ln \frac{R}{r} = 97 \Omega$
- 4.98  $\nu = 1,4 \cdot 10^8 m/s$
- 4.99  $\mathcal{E} = 1,78$
- 4.100  $T_n = \frac{2l\sqrt{\epsilon}}{nc}$ , kus  $n = 1, 2, 3, \dots$ , ja c - valguse levikukiirus vaakumis
- 4.101  $\mathcal{E} = \frac{c^2}{4\Delta x^2 \nu^2} = 2,2$
- 4.102  $\frac{U_m}{U_x} = 3,86$ ;  $\frac{I_m}{I_x} = 1,04$
- 4.103  $I_x = 1,73 A, U_x = 500 V$
- 4.104  $\nu_{min} = 3 kHz$
- 4.105  $\rho = \frac{\ln \frac{R}{r}}{2\pi\epsilon_0\sqrt{\epsilon}C} = 69 \Omega$
- 4.106  $Z_s = \left| \rho c t g \frac{2\pi l}{\lambda} \right|$ , kus  $\rho = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0} \frac{\ln \frac{d}{r}}{\pi}} = 298 \Omega$ ,  
 $Z_{s1} = 172 \Omega$ , takistusel on induktiivne iseloom;  
 $Z_{s2} = \infty$ , vooluresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on pinge pais

- ja voolu sõlm;  
 $Z_{s3} = 516 \Omega$ , takistusel on mahtuvuslik iseloom;  
 $Z_{s4} = 0$ , pingeresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on pinge sõlm ja voolu pais.
- 4.107 Liin kujutab enesest induktiivkoormust induktiivsusega  $L = 23 \cdot 10^{-8} H$
- 4.108  $Z_s = \left| \rho t g \frac{2\pi x}{\lambda} \right| = \left| 298 t g \frac{2\pi x}{6} \right|$ , kus  $\rho$  on liini lainetakistus:  
 1) kui  $x < \frac{\lambda}{4} = 1,5 \text{ m}$ , on sisendtakistusel induktiivne iseloom;  
 2) kui  $x = \frac{\lambda}{4} = 1,5 \text{ m}$ , on liinis vooluresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on voolu sõlm ja pinge pais;  
 3) kui  $\frac{\lambda}{4} < x < \frac{\lambda}{2}$ , on sisendtakistusel mahtuvuslik iseloom;  
 4) ) kui  $x = \frac{\lambda}{2} = 3,0 \text{ m}$ , on liinis pingeresonantsiga analoogiline olukord, mil liini alguses on voolu pais ja pinge sõlm.
- 4.109 Liin kujutab enesest mahtuvuslikku koormust mahtuvusega  $C = 1 \text{ pF}$ .
- 4.110  $L = 3,3 \mu H$
- 4.111  $Z_s = 0$ , liin kujutab enesest generaatori jaoks järjestikuse resonantskontuuriga analoogilist koormust.
- 4.112  $Z_s = 1240 \Omega$
- 4.113 a)  $Z_s = \frac{2\rho^2}{R_1 l} = 392 \text{ k}\Omega$ , b)  $Z_s = \frac{R_1 l}{2} = 0,5 \Omega$
- 4.114  $Z_{s1} = \frac{\rho^2}{r} = 2000 \Omega$ ,  $Z_{s2} = r = 80 \Omega$
- 4.115  $Z_s = \rho = 400 \Omega$
- 4.116 Vasakul
- 4.117
- 4.118
- 4.119
- 4.120 Poyntingi vektori vastav komponent on suunatud juhtme telje poole.
- 4.121
- 4.122
- 4.123  $\Phi_W = 0$
- 4.124
- 4.125  $W = 2 \cdot 10^{-9} J$
- 4.126  $W = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E_0^2 S \tau = 8,0 \cdot 10^{-11} J$