

IV 16/26

Diplom

**ALEKS KASKNEEM**

---

**ARVUTUSI  
ELEKTROTEHNIKAS**

*RK*

---

**„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“ — TALLINN 1947**



Diplom

ALEKS KASKNEEM

ARVUTUSI  
ELEKTROTEHNIKAS

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1947



13285

A-16726

~~ARHIIVKOGU~~

## EESSÕNA.

NSVL Ülemnõukogu seaduses, mis käsitleb 1946.—1950. a. rahvamajanduse taastamise ja arendamise viie aasta plaani, on põhiülesannete loetelus tähtsamana alla kriipsutatud transpordi ja elektrifitseerimise edasine intensiivne arendamine. Samas seaduses on määratud, et elektrienergia toodang 1950. aastaks peab ulatuma 82 000 000 000 kWh-ni aastas, mis 1940. aastaga võrreldes moodustab 70%-se kasvu. Edasi fikseerib viie aasta plaani seadus tööstuse, transpordi ja põllumajanduse suurt tõusu elektrikasutuse alal.

Ülaltoodust nähtub, kui suur kaal on NSV Liidus antud elektrotehnikale. Selline elektrotehnika suurejooneline rakendus nõuab elektrotehnikas teadlikke inimesi ja seepärast on endastmõistetav, et koos elektrimajanduse arendamise forsseerimisega tuleb kasvatada juurde ka vastavaid teadlikke kaadreid. Teadlik olla ei tähenda mitte ainult osata elektrotehnika teoreetilisi aluseid, vaid tõhus teadmiste kasutamine tingib oskust mõista teoreetilisi teadmisi praktikas rakendada.

Käesolev raamat püüabki tagasihoidlikul kujul anda kaasabi elektrotehnika ala õppijale elektrotehnikas esinevate teadmiste sidumiseks praktikaga.

Selle eesmärgi saavutamiseks on raamatusse koondatud peamiselt sellised ülesanded, mis sageli esinevad tegelikkuses seoses elektriga, ning on näidatud, mil viisil päris väike arv teoorias fikseeritud valemeid võimaldab otstarbekalt lahendada suure hulga praktika küsimusi. Seega tuleb raamatut

kasutada paralleelselt elektrotehnika kursuse teoreetilise õppimisega, toimub siis õppimine kas koolis, kursusel või iseõppimise teel.

Et elektrotehnika teooriat varem õppinul teadmisi värskendada ja süstematiseerida, on raamat varustatud konseptiivse elektrotehnikas kasutatavate valemite koguga, mis võimaldab unustatud igal ajal uuesti meenutada. Valemid on nummerdatud ja iga ülesande jaoks on märgitud, milliste valemite kaasabil on ülesanne lahendatav. Lahendamise näitena on toodud igast eri tüüpi ülesandest vähemalt üks valmis lahendatuna, mille põhjal õppija tutvub lahendamise käiguga. Vahelduvvoolu osas on seda vähem kasutatud, kuna eeldatakse, et õppija on juba omandanud vajaliku vilumuse ülesande „dešifreerimiseks“. Sellest tingituna ja eeldusel, et õppija on ka juba süvenenud matemaatika-teadmistes, pole lõpupoolel valemid toodud enam koos teisenditega, nagu on tehtud algul — alalisvoolu puhul.

Kuna raamatu autor omab õppetöö põhjal kurba kogemust, et suur hulk vigu ülesannete lahendamisel tehakse ühikute ümberarvutamisel (näit. mikro-, milli-, kiloamprid jne.), on just sel alal toodud rida näiteid ja ülesandeid, et õppija muutuks kindlaks ühelt ühikult teisele üleminekus. Ka küm-nendmurdudega arvutamises on see heaks praktikaks. Õppejõududele, kes õpetavad rakendusteadusi, olgu meenutatud, et ei tohi lubada veel küllaltki sageli esinevat arvamust: „Ülesanne on põhimõtteliselt õieti lahendatud, ainult matemaatika viga on sees!“ Ülesanne ei ole siis õieti lahendatud, kui seal esineb matemaatika viga, tegelik elu ei küsi, kas viga on põhimõttes või matemaatikas, tegelikkus nõuab, et vastus oleks õige. Kuna puhtakujulistes matemaatika õpikutes esineb sageli ülesandeid, kus ülesande andmed või ka vastused on ilusad ümmargused arvud, siis käesoleva raamatu kasutajaid ärgu häirigu, et siin selliseid ei esine — tegelikkuses ei tule peaaegu kunagi ette ümmargusi arve, või kui tuleb, siis

ainult standarditud suuruste puhul. Muuseas vastab arvutamise täpsus käesolevas raamatus 25 cm arvutuslükatiga saavutatavale täpsusele, mis praktilise tehnika jaoks on küllaldane.

Autor loodab, et käesolev raamat, mis on mõeldud abiliiseks iseõppijale, teadlikule ja ennast arendada soovivale praktikule, tehnikumi ja tööstuskooli õpilasele ja õppejõule ning igaihele, kes elektrotehnikat ei võta mitte kuiva teadusena, vaid meid ümbritseva kõige lähedasema tegelikkusena, suudab natukegi abi anda. Autor ootab, et raamatu kasutajad asjalikkude näpunäidetega aitavad avastada raamatus esinevaid puudusi, mis võivad esineda tingituna sellelaadse raamatu esmakordsusest eesti tehnilises kirjanduses.

Käesoleva raamatu koostamisel on sümbolite, ühikute ja oskussõnade ühtlustamisel ning redigeerimisel tõhusat abi andnud Tallinna Polütehnilise Instituudi õppejõud prof. H. R. Võrk, kellele siinjuures avaldan suurimat tänu.

Tallinn, märts 1947.

A u t o r.



## SÜMBOLEID.

Tekstis ja valemities tähendab:

- $A$  töö, energia (mehaaniline, elektriline, soojuslik jne.).  
 $\alpha$  (alfa) elektrokeemiline ekvivalent; temperatuuri-  
tegur.  
 $B$  magnetiline väljatihedus (magnetvoo tihedus).  
 $C$  elektriline mahtuvus.  
 $c$  erisoojus; elektromagnetilise lainetuse levimise kii-  
rus.  
 $\gamma$  (gamma) erikaal.  
 $d$  läbimõõt.  
 $\delta$  (delta) paksus (näiteks trafopleki paksus).  
 $E$  elektromotoorne jõud, indutseeritud pinge.  
 $E_m$  elektromotoorse jõu maksimaalväärtus (amplituud).  
 $e$  pinge hetkväärtus vahelduvvoolu puhul.  
 $\varepsilon$  (epsilon) dielektriku konstant.  
 $\eta$  (eeta) kasutegur.  
 $f$  sagedus.  
 $G$  keha kaal; elektriline juhtivus.  
 $H$  magnetiline väljatugevus (eriergutus).  
 $\Theta$  (teeta) magneetimisergutus (magnetomotoorne  
jõud).  
 $J$  elektrivool (vahelduvvoolu puhul voolu efektiivvää-  
rtus ja tegevoolu tugevus).  
 $J_e$  ebavool (vahelduvvoolu puhul).  
 $J_f$  faasivool.

$J_n$	näivvool (vahelduvvoolu puhul).
$j$	elektrivoolu tihedus.
$K$	numbriline tegur (koefitsient).
$L$	induktiivsus.
$l$	pikkus.
$\lambda$	(lambda) lainepikkus.
$\mu$	(müü) permeaablus (suhteline magnetiline läbitavus võrreldes vaakuumiga).
$N$	võimsus (elektriline, mehaaniline, vahelduvvoolu puhul tegev võimsus).
$N_n$	näivvõimsus.
$N_e$	ebavõimsus.
$n$	pöörete või tiirude arv minutis (ka mingi esemete arv).
$P$	jõud (ehk tung).
$p$	poolusepaaride arv; rõhk.
$\Pi$	(suur pii) aine magnetiline läbitavus.
$\pi$	(pii) arv 3,14 (täpsemalt 3,141 593...).
$Q$	elektrilaeng; soojusehulk.
$q$	juhtme ristlõige (tavaliselt ruutmillimeetrites).
$R$	elektriline takistus.
$R_t$	tegevtakistus.
$R_m$	tõkestus (magnetiline takistus).
$r$	raadius.
$\rho$	(rho) eritakistus.
$S$	pindala, pinna suurus.
$T$	võnkeperioodi vältus.
$t$	aeg.
$\tau$	(tau) temperatuur.
$U$	elektriline pinge (pinge efektiivväärtus).
$U_f$	faasipinge.
$V$	ruumala (maht).
$v$	kiirus.
$\Phi$	(fii) magnetvoog.

$\varphi$	(fii) faasinihe, nihkenurk.
$w$	keerdude arv.
$\omega$	(omega) nurkkiirus.
$X$	ebatakistus (reaktants ehk reaktiivne takistus).
$X_C$	mahtuvustakistus (mahtuvuslik ebatakistus).
$X_L$	induktiivtakistus (induktiivne ebatakistus).
$Z$	näivtakistus (impedants).

### Ühikute tähistusi.

A	amper	M	maksvell
$\frac{A}{cm}$	amper pro sentimeeter (väljatugevuse ühik)	m	meeter
AK	amperkeerud	min	minut
cal	kalor	$\Omega$	oom
C	kulon	s	sekund
F	farad	t	tonn
G	gauss	V	volt
g	gramm	VA	voltamper <sup>1</sup>
h	tund	Vs	voltsekund (magnetvoo ühik)
H	henri	$\frac{Vs}{cm^2}$	voltsekund pro ruut- sentimeeter (väljati- heduse ühik)
HJ	hobujõud	W	vatt
Hz	herts		
J	džaul		
l	liiter		

<sup>1</sup> Rahvusvaheliste kongresside poolt on ebavõimsuse ühikule antud nimetuseks — var.

## Kordsete suuruste tähistusi.

T	(tera)	= $10^{12}$	=	1 000 000 000 000
G	(giga)	= $10^9$	=	1 000 000 000
M	(mega)	= $10^6$	=	1 000 000
k	(kilo)	= $10^3$	=	1 000
h	(hekto)	= $10^2$	=	100
D	(deka)	= $10^1$	=	10
d	(detsi)	= $10^{-1}$	=	0,1
c	(senti)	= $10^{-2}$	=	0,01
m	(milli)	= $10^{-3}$	=	0,001
$\mu$	(mikro)	= $10^{-6}$	=	0,000 001
n	(nano)	= $10^{-9}$	=	0,000 000 001
p	(piko)	= $10^{-12}$	=	0,000 000 000 001

$$10^0 = 1$$

$$10^1 = 10$$

$$10^2 = 100$$

$$10^3 = 1\,000$$

$$10^4 = 10\,000$$

jne.

$$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$10^{-2} = \frac{1}{100} = 0,01$$

$$10^{-3} = \frac{1}{1000} = 0,001$$

$$10^{-4} = \frac{1}{10\,000} = 0,0001$$

jne.

## ALALISVOOL.

### KASUTATAVAID VALEMEID.

Allpool on toodud tähtsamad elektrotehnikas alalisvoolu puhul kasutatavad valemid, ühtlasi on märgitud, milliste ühikute jaoks on valem kehtiv. Juhul, kui ülesandes või andmetes on näidatud mõningad alaühikud (näit. ampri asemel milliamper vms.), tuleb alati, enne kui valemit ähised asendatakse arvudega, arvud viia valemis nõutud põhiühikutesse.

Voolutugevust, pinget ja takistust arvutame valemiga:

$$\boxed{J = \frac{U}{R}} \quad \text{ampri,} \quad (1)$$

$$U = J \cdot R \quad \text{volti,} \quad (1a)$$

$$R = \frac{U}{J} \quad \text{oomi.} \quad (1b)$$

Ülaltoodud valemities on voolutugevus  $J$  alati ampri-tes (A), pinge  $U$  voltides (V) ja takistus  $R$  oomides ( $\Omega$ ).

Pingelang  $\Delta U$  voltides on arvutatav valemi 1a abil.

Teadmiseks:

$$1 \text{ V} = 1000 \text{ mV}$$

$$1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V}$$

$$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 0,001 \text{ kV}$$

$$1 \mu\text{V} = 0,000\,001 \text{ V}$$

$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$$

$$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$$

$$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$$

$$1 \text{ A} = 0,001 \text{ kA}$$

$$1 \mu\text{A} = 0,000\,001 \text{ A}$$

$$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \Omega$$

$$1 \Omega = 0,001 \text{ k}\Omega$$

$$1 \Omega = 0,000\,001 \text{ M}\Omega$$

Elektrijuhtme takistust arvutame, lähtudes pikkusest, ristlõikest ja eritakistusest, valemi abil:

$$\boxed{R = \frac{\rho \cdot l}{q}} \quad \text{oomi,} \quad (2)$$

millest avaldame:

$$l = \frac{R \cdot q}{\rho} \quad \text{meetrit,} \quad (2a)$$

$$q = \frac{\rho \cdot l}{R} \quad \text{mm}^2, \quad (2b)$$

$$\rho = \frac{R \cdot q}{l} \quad \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}. \quad (2c)$$

Ülaltoodus on takistus  $R$  oomides  $[\Omega]$ , pikkus  $l$  käesoleva valemi tarbeks meetrites  $[\text{m}]$ , juhtme ristlõige (lõikepindala)  $q$  ruutmillimeetrites  $[\text{mm}^2]$ , eritakistus  $\rho$  on  $[\Omega \text{ mm}^2/\text{m}]$ -ühikuis. Andmed materjalide eritakistuste kohta vt. tabel 1.

Juhtme ristlõiget arvutame lähtudes juhtme läbimõõdust, ja ümberpöörduvalt:

$$\boxed{q = \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad \text{mm}^2, \quad (3)$$

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} \quad \text{mm.} \quad (3a)$$

Arvutusest igal juhul kindlam ja mugavam on vastavate tabelite kasutamine, kus ühes lahtris on antud läbimõõt, teises vastav ristlõige (vt. tabel 2). Tugevvoolu tehnikas kasutatavad elektrijuhtmed toodetaksegi normituna mitte läbi-

mõõdu, vaid ristlõike suhtes. Praktik näiteks kõneleb, et „juhe on neli kvadraati“, see tähendab, et juhtme ristlõige on  $4 \text{ mm}^2$ . Tavalised installatsioonitehnikas kasutatavad normitud juhtmed on ristlõikega  $0,5 \text{ mm}^2$ ,  $0,75 \text{ mm}^2$ ,  $1 \text{ mm}^2$ ,  $1,5 \text{ mm}^2$ ,  $2,5 \text{ mm}^2$ ,  $4 \text{ mm}^2$ ,  $6 \text{ mm}^2$ ,  $10 \text{ mm}^2$ ,  $16 \text{ mm}^2$ ,  $25 \text{ mm}^2$ ,  $35 \text{ mm}^2$  jne.

Järjestikku ühendatud takistite <sup>1</sup> kogutakistus on võrdne üksikute takistite takistuste summaga:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots \quad (4)$$

Rööbiti (paralleelselt) ühendatud juhtmete takistus on arvutatav järgmiselt:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \quad (5)$$

Et elektrilise takistuse pöördväärtust (retsiprooki)  $\frac{1}{R}$  nimetatakse ka juhtivuseks ( $G$ ), siis võime öelda, et rööbiti ühendatud takistite juhtivused liituvad.

Juhul, kui rööbiti on ühendatud ainult kaks takistit, kasutame järgmist valemit:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

Kui rööbiti on ühendatud kolm takistit, siis valem ei omanda kuju, kus lugejaks on kolme takisti korrutis ja nimetajaks nende summa. Valem 6 on kehtiv ainult kahe rööbiti ühendatud takisti kogutakistuse arvutamiseks.

---

<sup>1</sup> Takisti — elektrilist takistust omav keha (tavaline elektrijuhe, masstakisti, traattakisti jms.).

Juhul, kui rööbiti on ühendatud võrdsete väärtustega takistused, võime kasutada järgmist valemit:

$$R = \frac{R_1}{n} \quad (7)$$

$R_1$  ülaltoodud valemis (7) tähistab ühe rööbiti ühendatud takisti takistust,  $n$  on paralleelselt ühendatud takistite arv.

Võimsust arvutame valemist

$$N = J \cdot U \quad \text{vatti,} \quad (8)$$

millest võime avaldada:

$$J = \frac{N}{U} \quad \text{amprit ja} \quad (8a)$$

$$U = \frac{N}{J} \quad \text{volti.} \quad (8b)$$

Ülaltoodud valemities 8, 8a ja 8b on võimsus  $N$  vattides (W), volutugevus  $J$  amprites (A) ja pinge  $U$  vattides (V). Sageli antakse võimsus kilovattides (kW), mõnikord (näit. raadiotehnikas) ka millivattides (mW). Valemi kasutamiseks tuleb väärtused viia ikka algühikutesse. Suurte jõujaamade võimsusi ja suuri võimsuse tarvitusi mõõdetakse ka megavattides (MW).

T e a d m i s e k s:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ mW} = 0,001 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 0,001 \text{ kW}$$

$$1 \text{ W} = 1000 \text{ mW}$$

$$1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW} = 1\,000\,000 \text{ W}$$

$$1 \text{ W} = 0,000\,001 \text{ MW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ HJ}$$

$$1 \text{ HJ} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW}$$

Asendades valemis 8 volutugevuse väärtuse valemis 1 arvutatava väärtusega, saame uuekujulise valemi:

$$\boxed{N = \frac{U^2}{R}} \text{ vatti,} \quad (8c)$$

või asendades valemis 8 pinge väärtuse valemis 1a abil saame:

$$\boxed{N = J^2 \cdot R} \text{ vatti.} \quad (8d)$$

Mõlemad viimased valemid annavad teisendada:

$$U = \sqrt{N \cdot R} \text{ volti,} \quad (8e)$$

$$R = \frac{U^2}{N} \text{ oomi,} \quad (8f)$$

$$J = \sqrt{\frac{N}{R}} \text{ amprit,} \quad (8g)$$

$$R = \frac{N}{J^2} \text{ oomi.} \quad (8h)$$

Elektrienergia poolt sooritatavat tööd, lähtudes võimsusest ja ajast, arvutame valemeist:

$$\boxed{A = N \cdot t} \text{ vatt-tundi,} \quad (9)$$

$$A = \frac{N \cdot t}{1000} \text{ kilovatt-tundi.} \quad (9a)$$

Tööd mõõdame vatt-tundides (Wh); ülaltoodud valemis 9 on  $N$  vattides,  $t$  (aeg) — tundides. Sagedamini kasutatav ühik elektrilise töö mõõtmiseks on kilovatt-tund (kWh), väikesi tööhulki mõõdetakse vattsekundiga (Ws).

T e a d m i s e k s :

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ Wh} = 0,001 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ Ws}$$

Mingi keha soojendamiseks vajaliku soojusehulga arvu-  
tamiseks kasutame valemit:

$$Q = G(\tau_2 - \tau_1)c \quad \text{kalorit,} \quad (10)$$

millest võime avaldada kaalu

$$G = \frac{Q}{(\tau_2 - \tau_1)c} \quad \text{grammi} \quad (10a)$$

või temperatuuri tõusu

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{Q}{G \cdot c} \quad ^\circ\text{C.} \quad (10b)$$

Valemis 10 tähendab  $c$  aine erisoojust (vt. tabel 3); vee erisoojus on 1 cal/g<sup>o</sup>C; temperatuur  $\tau$  on mõõdetud Celsiuse kraadides;  $\tau_2$  on soojendatava aine lõpptemperatuur,  $\tau_1$  — algtemperatuur. Vahe  $\tau_2 - \tau_1$  tähendab temperatuuri tõusu.

T e a d m i s e k s:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal} &= 1000 \text{ cal,} \\ 1 \text{ cal} &= 0,001 \text{ kcal.} \end{aligned}$$

Vee soojendamisel arvestame, et 1 liiter vett kaalub 1 kg.  
Seost tekkiva soojusehulga, elektrilise võimsuse ja aja vahel näitavad valemid:

$$Q = 0,24 N \cdot t \quad \text{kalorit,} \quad (11)$$

$$t = \frac{Q}{0,24 N} \quad \text{sekundit,} \quad (11a)$$

$$N = \frac{Q}{0,24 t} \quad \text{vatti.} \quad (11b)$$

$Q$  tähendab, nagu eespoolgi, soojusehulka kalorites (cal);  
 $N$  on elektrilise kütteallika võimsus vattides (W);  $t$  tähis-

tab aega sekundites. Arv 0,24 on nn. elektrotermiline ekvivalent ja tähendab, et võimsus 1 vatt tekitab sekundis soojuseks muutudes 0,24 cal. Seega  $1 \text{ Ws} = 0,24 \text{ cal}$ .

Valemile 11 saab anda uut kuju, asendades tema tegurid valemite 8, 8c ja 8d abil:

$$Q = 0,24 J \cdot U \cdot t \quad \text{kalorit}, \quad (11c)$$

$$Q = 0,24 J^2 \cdot R \cdot t \quad \text{kalorit}, \quad (11d)$$

$$Q = \frac{0,24 U^2 \cdot t}{R} \quad \text{kalorit}. \quad (11e)$$

Toodud valemeid võime jällegi vajaduse puhul teisendada, avaldades kas  $J$ ,  $R$  või  $t$ .

Juhtme takistuse muutust tingituna juhtme temperatuurist arvutame valemiga

$$\boxed{R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (\tau_2 - \tau_1)]} \quad \text{oomi}. \quad (12)$$

Ülaltoodus on  $R_2$  juhtme tegelik takistus temperatuuril  $\tau_2$ ,  $R_1$  on juhtme takistus normaaltemperatuuril  $\tau_1$  (tavaliselt  $15^\circ \text{ C}$ );  $\alpha_1$  on elektriline temperatuuritegur algtemperatuuril  $\tau_1$  (vt. tabel 4);  $\tau_2$  on temperatuur, mispuhul takistust arvutame;  $\tau_1$  on algtemperatuur ( $15^\circ \text{ C}$ ).

Juhtme temperatuuri kuumutatud olekus, lähtudes takistuse muutusest, aitab arvutada valemi 12 teisend:

$$\tau_2 = \tau_1 + \frac{R_2 - R_1}{\alpha_1 \cdot R_1} \text{ Celsiuse kraadi}. \quad (12a)$$

Tundmatu aine temperatuuritegurit arvutame:

$$\alpha_1 = \frac{R_2 - R_1}{R \cdot (\tau_2 - \tau_1)}. \quad (12b)$$

Elektrolüüsi (näit. galvaanimise) puhul arvutame elektrootil eraldunud aine hulka valemiga:

$$\boxed{G = \alpha \cdot J \cdot t} \text{ milligrammi.} \quad (13)$$

Elektroodil eraldunud aine hulga  $G$  saame milligrammides (mg);  $\alpha$  on aine elektrokeemiline ekvivalent (vt. tabel 5);  $J$  on elektrolüüti läbiv vool amprites ja  $t$  — elektrolüüsi kestus sekundites.

Valemi 13 teisendid on:

$$\alpha = \frac{G}{J \cdot t} \text{ mg/As,} \quad (13a)$$

$$J = \frac{G}{\alpha \cdot t} \text{ amprit,} \quad (13b)$$

$$t = \frac{G}{\alpha \cdot J} \text{ sekundit.} \quad (13c)$$

#### Ühikute ümberarvutusi.

1. Mitu volti on 980 millivolti?

$$980 \text{ mV} = 0,98 \text{ V.}$$

2. Mitu volti on 20 mV?

$$20 \text{ mV} = 0,02 \text{ V.}$$

3. Mitu V on 0,26 mV?

4. Mitu V on 1450 mV?

5. Mitu millivolti on 0,7 V?

$$0,7 \text{ V} = 700 \text{ mV.}$$

6. Mitu millivolti on 0,005 V?

$$0,005 \text{ V} = 5 \text{ mV.}$$

7. Mitu millivolti on 1,7 V?

8. Mitu millivolti on 0,012 V?

9. Mitu kilovolti on 6000 V?

$$6000 \text{ V} = 6 \text{ kV.}$$

10. Mitu kV on 220 000 V?
11. Mitu kV on 550 V?
12. Mitu volti on 2,5 kV?  
 $2,5 \text{ kV} = 2500 \text{ V}.$
13. Mitu V on 6,6 kV?
14. Mitu V on 0,22 kV?
15. Mitu ampri on 1123 milliampriti?  
 $1123 \text{ mA} = 1,123 \text{ A}.$
16. Mitu A on 2 mA?  
 $2 \text{ mA} = 0,002 \text{ A}.$
17. Mitu A on 500 mA?
18. Mitu A on 0,2 mA?
19. Mitu A on 73 mA?
20. Mitu milliampriti on 0,05 A?  
 $0,05 \text{ A} = 50 \text{ mA}.$
21. Mitu mA on 0,9 A?
22. Mitu mA on 1,7 A?
23. Mitu mA on 0,000 05 A?
24. Mitu volti on 85 mikrovolti?  
 $85 \mu\text{V} = 0,000 085 \text{ V}.$
25. Mitu V on 12  $\mu\text{V}$ ?
26. Mitu V on 1400  $\mu\text{V}$ ?
27. Mitu mikrovolti on 0,7 volti?  
 $0,7 \text{ V} = 700 000 \mu\text{V}.$
28. Mitu  $\mu\text{V}$  on 0,000 025 V?
29. Mitu  $\mu\text{V}$  on 1,1 V?
30. Mitu ampri on 500 mikroampri?  
 $500 \mu\text{A} = 0,0005 \text{ A}.$
31. Mitu A on 45  $\mu\text{A}$ ?
32. Mitu A on 600 000  $\mu\text{A}$ ?

33. Mitu mikroamprit on 0,3 A?  
 $0,3 \text{ A} = 300\,000 \mu\text{A}$ .
34. Mitu  $\mu\text{A}$  on 0,000 079 A?
35. Mitu  $\mu\text{A}$  on 0,0008 A?
36. Mitu milliamprit on 400 mikroamprit?  
 $400 \mu\text{A} = 0,4 \text{ mA}$ .
37. Mitu mA on 2000  $\mu\text{A}$ ?
38. Mitu mA on 0,1  $\mu\text{A}$ ?
39. Mitu mikroamprit on 13 milliamprit?  
 $13 \text{ mA} = 13\,000 \mu\text{A}$ .
40. Mitu  $\mu\text{A}$  on 0,35 mA?
41. Mitu  $\mu\text{A}$  on 120 mA?
42. Mitu kilo-oomi on 2500 oomi?  
 $2500 \Omega = 2,5 \text{ k}\Omega$ .
43. Mitu  $\text{k}\Omega$  on 50 000  $\Omega$ ?
44. Mitu  $\text{k}\Omega$  on 150  $\Omega$ ?
45. Mitu oomi on 35  $\text{k}\Omega$ ?  
 $35 \text{ k}\Omega = 35\,000 \Omega$ .
46. Mitu  $\Omega$  on 0,4  $\text{k}\Omega$ ?
47. Mitu  $\Omega$  on 4000  $\text{k}\Omega$ ?
48. Mitu megaoomi on 400 000  $\Omega$ ?  
 $400\,000 \Omega = 0,4 \text{ M}\Omega$ .
49. Mitu  $\text{M}\Omega$  on 12 000  $\Omega$ ?
50. Mitu  $\text{M}\Omega$  on 3 500 000  $\Omega$ ?
51. Mitu oomi on 0,2  $\text{M}\Omega$ ?  
 $0,2 \text{ M}\Omega = 200\,000 \Omega$ .
52. Mitu  $\Omega$  on 1,5  $\text{M}\Omega$ ?
53. Mitu  $\Omega$  on 0,05  $\text{M}\Omega$ ?
54. Mitu  $\text{M}\Omega$  on 70  $\text{k}\Omega$ ?  
 $70 \text{ k}\Omega = 0,07 \text{ M}\Omega$ .

55. Mitu  $M\Omega$  on  $300\text{ k}\Omega$ ?  
 56. Mitu  $M\Omega$  on  $1500\text{ k}\Omega$ ?  
 57. Mitu  $\text{k}\Omega$  on  $0,5\text{ M}\Omega$ ?  
        $0,5\text{ M}\Omega = 500\text{ k}\Omega$ .  
 58. Mitu  $\text{k}\Omega$  on  $0,06\text{ M}\Omega$ ?  
 59. Mitu  $\text{k}\Omega$  on  $0,0001\text{ M}\Omega$ ?

### ÜLESANDEID LAHENDUSNÄIDETEGA.

60. Kui tugev vool läbib  $220\text{ V}$  pingele sobivat elektrilampi, kui lambi „põledes“ selle takistus on  $815\ \Omega$ ? (1)

$$J = \frac{U}{R} = \frac{200}{815} = 0,27\text{ A.}$$

61. Kui tugev on vool, kui  $2,93$ -oomilise takisti otstele on ühendatud pinge  $6,2\text{ V}$ ? (1)

62.  $32\ \Omega$  takistusega elektripliiti kasutatakse  $220\text{ V}$  võrgus. Kui suur vool läbib pliiti? (1)

63. Voltmeeter omab  $3000\ \Omega$  sisetakistust. Kui suur vool läbib voltmeetrit, kui ta on ühendatud  $60\text{ V}$  vooluallikaga? (1)

64. Raadiolambi kütteks kasutatakse pinget  $6,3\text{ V}$ , kütteniidi takistus kuumutatult on  $5,26\ \Omega$ . Kui suur on raadiolambi küttevool? (1)

65. Inimkeha läbiv vool on surmav  $0,2$  kuni  $1,0$  ampri puhul, olenedes, millist kehaosa vool tabab. Olenedes keha kuivusest (higi, märg nahk jne.) võib inimkeha takistus kõikuda  $200\ \Omega$  kuni  $100\text{ k}\Omega$  vahemikus. Leida inimest läbiv vool: a) kui keha takistus (maa suhtes) on  $2400\ \Omega$  ja paljas juhe omab maa (veevärgi, keskkütte torustiku) suhtes  $60\text{ V}$  pinget; b) kui keha takistus on  $2400\ \Omega$  ja pinge maa suhtes

215 V; c) kui inimene on vannis ja tema takistus maa suhtes on 280  $\Omega$ . Mitteõigelt toimides oli inimene toonud vannituppa elektri-kiirgahju ja seda sisse lülitada püüdes puutus vastu voolukandvat osa. Pinge maa suhtes oli 119 V. (1)

66. Milline pinge on vajalik, et takistist suurusega 2 k $\Omega$  juhtida läbi vool 48 mA? (1a)

$$2 \text{ k}\Omega = 2000 \Omega; \quad 48 \text{ mA} = 0,048 \text{ A};$$

$$U = J \cdot R = 0,048 \cdot 2000 = 96 \text{ V}.$$

67. Millisele pingele on sobitatud elektritriikraud, kui ta omab takistust 27  $\Omega$  ja normaalselt läbib teda vool tugevusega 4,1 A? (1a)

68. Kui suur oli pingelang raadioaparaadi masstakistil suurusega 0,08 M $\Omega$ , kui teda läbis vool tugevusega 0,9 mA? (1a)

69. Kui suur pingelang tekib tugevvoolu magistraaljuhtmes, mille takistus 0,043  $\Omega$ , kui juhtmes voolab 140 A? (1a)

70. 110 V võrku ühendatud elektripirni läbib vool 1,23 A. Kui suur on lambi takistus? (1b)

$$R = \frac{U}{J} = \frac{110}{1,23} = 89,5 \Omega.$$

71. 6 V akuga toidetavat auto tuuleklaasi soojendajat läbib vool tugevusega 3,1 A. Millist elektrilist takistust omab seadis? (1b)

72. Taskulambi pirnikesele on märgitud 3,5/0,2, mis tähendab, et tema normaalne tööpinge on 3,5 V ja voolutugevus põlemisel on 0,2 A. Leida hõõguva lambikese takistus oomides. (1b)

73. Täpsusvoltmeeter näitab täishälvet 2 mA voolu puhul. Kui suur on voltmeetri kogutakistus (s. o. mõõteriista enda takistus + eeltakistus) 600 V pinge mõõtmisel? (1b)

$$2 \text{ mA} = 0,002 \text{ A};$$

$$R = \frac{U}{J} = \frac{600}{0,002} = 300\,000 \, \Omega = 300 \text{ k}\Omega = 0,3 \text{ M}\Omega.$$

74. Kui suur peab olema eelmises ülesandes toodud mõõteriista kogutakistus, et ta näitaks täishälvet 6 V mõõtmisel? (1b)

75. Taskulambi patarei, pingega 4,5 V, klemmid ühendati lühisesse, mispuhul vool, piiratud ainult patarei sisetakistusest, oli 1,36 A (sest klemmribakeste takistus on suhteliselt üliväike). Kui suur on taskulambi patarei sisetakistus? (1b)

76. Valgustusvõrku, mille pinget oli 125 V, sooviti ühendada elektrilampi, mille pinget oli 110 V. Et lamp ei saaks normaalsest kõrgemat pinget ja seega ei põleks kiiresti läbi, on vaja liigpinget 15 V (125 — 110 V) eeltakistiga hävitada. Kui suur peab olema eeltakisti, kui lampi läbib normaalselt 0,91 A? (1b)

$$R = \frac{U}{J} = \frac{15}{0,91} = 16,5 \, \Omega.$$

Kontrolliks kasutame teist lahendusmoodust:

Takistus 125 V pinget puhul, et vool oleks 0,91 A, on:

$$R_{\text{kogu}} = \frac{125}{0,91} = 137,4 \, \Omega.$$

110 V lambi takistus 0,91 A voolu puhul on:

$$R_{\text{lambi}} = \frac{110}{0,91} = 120,9 \, \Omega.$$

Eeltakisti peab siis olema:

$$R_{\text{kogu}} - R_{\text{lambi}} = 137,4 - 120,9 = 16,5 \Omega.$$

Vastus on seega seesama.

77. Raadiolambi normaalne anoodvool on 42 mA, vajalik pinge 300 V. Vooluallikas (võrkanood) omab aga klemminget 385 V. Kui suurt eeltakistit peame kasutama, et lamp saaks anoodile ettenähtud pinge? (1b)

78. Tallinna-Narva (212 km) vahel on telegraafi-ühenduseks kahejuhtmeline, 3-mm läbimõõduga pronksist telegraafiliin. Kui suur on selle liini kogutakistus, kui pronksi eritakistus  $\rho = 0,0278$ ?

Kogu juhtme pikkus on  $212 \cdot 2 = 424$  km;

$$l = 424 \cdot 1000 = 424\,000 \text{ m};$$

$$q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,07 \text{ mm};$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} = \frac{0,0278 \cdot 424\,000}{7,07} = 1670 \Omega.$$

79. Kroomnikkeltraadist, pikkusega  $l = 7$  m ja läbimõõduga  $d = 0,2$  mm, on keritud takisti. Kui suur on selle elektri-line takistus, kui kroomnikli eritakistus  $\rho = 1,1$ ? (2) ja (3)

80. Elavhõbeda eritakistus on 0,94. Kui suurt takistust omab elavhõbeda-sammas ristlõikega  $1 \text{ mm}^2$  ja pikkusega 1063 mm? (2)

81. Kroomniklist lint omab ristlõiget  $1,0 \text{ mm} \times 0,1 \text{ mm}$ . Sellest lindist tuleb valmistada elektritriikraua küttekeha, takistusega  $108 \Omega$ . Kui pikk peab olema takistuslint? (2a)

$$q = 1 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ mm}^2;$$

$$l = \frac{R \cdot q}{\rho} = \frac{108 \cdot 0,1}{1,1} = 9,82 \text{ m}.$$

82. Mitu meetrit on vaja konstantaantraati  $d = 0,08$  mm, et sellest kerida  $45 \text{ k}\Omega$  takistit? (2a) ja (3)

83. Rikkis kaabli rikkekohal kokkuihendunud kaks soont näitasid takistust  $17,3 \Omega$ . Kaabliisone materjal on vask;  $d = 0,6$  mm. Kui kaugel oli rikkekoht mõõtmiskohast (ärgu unustatagu, et takistus on antud kahekordse pikkuse kohta)? (2a) ja (3)

84. Milline on raudtraadi ristlõige ja läbimõõt, kui  $85$  m pikkuse juures ta omas takistust  $4,86 \Omega$ ? (Raua eritakistus  $\rho = 0,14$ .) (2b) ja (3a)

$$q = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{0,14 \cdot 85}{4,86} = 2,45 \text{ mm}^2 \approx 2,5 \text{ mm}^2;$$

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,5}{3,14}} = \sqrt{3,19} = 1,78 \text{ mm}.$$

85. Milline on hõbelati ristlõige, kui ta  $2$  m pikkuse juures peab omama takistust  $0,0038 \Omega$ ? (2b)

86. Millise läbimõõduga traadist on keritud manganiin-takisti ( $\rho = 0,42$ ), kui ta  $595$  m traadipikkuse juures omab takistust  $50\,000 \Omega$ ? (2b) ja (3a)

87. Mis materjalist on valmistatud  $100$  km pikkune juhe ristlõikega  $q = 50 \text{ mm}^2$ , mille takistus on  $58 \Omega$ ? (2c)

$$\rho = \frac{R \cdot q}{l} = \frac{58 \cdot 50}{100\,000} = 0,029.$$

Tabelist 1 leiame, et materjal, mille eritakistus  $= 0,029$ , on alumiinium.

88. Millisest väärismetallist on valmistatud takisti, mille  $R = 169 \Omega$ ,  $l = 3,25$  m ja traadi  $d = 0,05$  mm? (2c), (3a) ja tabel 1.

89. Järjestikku ühendati takistid suurusega:  $R_1 = 2 \Omega$ ;  $R_2 = 0,2 \Omega$ ;  $R_3 = 21 \Omega$ ;  $R_4 = 20,9 \Omega$ . Kui suur on kogutakistus? (4)

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 2 + 0,2 + 21 + 20,9 = 44,1 \Omega.$$

90. Järjestikku ühendati  $0,07 \text{ M}\Omega$ ,  $70 \text{ k}\Omega$  ja  $60\,000 \Omega$  takisti. Leida kogutakistus. (4)

91. Järjestikku on ühendatud kolm takistit  $R_1 = 100\,000 \Omega$ ,  $R_2 = 0,05 \text{ M}\Omega$  ja  $R_3 = 200 \text{ k}\Omega$ . Leida kogutakistus. (4)

92. Järjestikku on ühendatud takistid:  $R_1 = 5200 \Omega$ ;  $R_2 = 0,02 \text{ M}\Omega$ ;  $R_3 = 0,005 \text{ M}\Omega$ ;  $R_4 = 17 \text{ k}\Omega$ . Leida kogutakistus. (4)

93. Järjestikku ühendatud kuue takisti koguväärtus on  $40 \Omega$ .  $R_2 = 6,2 \Omega$ ;  $R_3 = 2,85 \Omega$ ;  $R_4 = 11,57 \Omega$ ;  $R_5 = 2,97 \Omega$ ;  $R_6 = 13,21 \Omega$ . Kui suur on  $R_1$ ? (4)

94. Kaks takistit  $R_1 = 2,5 \Omega$  ja  $R_2 = 4 \Omega$  on ühendatud rööbiti. Kui suur on kogutakistus? (5) või (6)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2,5} + \frac{1}{4} = 0,4 + 0,25 = 0,65;$$

$$\frac{1}{R} = 0,65; \quad R = \frac{1}{0,65} = 1,54 \Omega.$$

Valem (6) abil:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2,5 \cdot 4}{2,5 + 4} = \frac{10}{6,5} = 1,54 \Omega.$$

95. Kaks takistit  $R_1 = 0,03 \text{ M}\Omega$  ja  $R_2 = 60 \text{ k}\Omega$  on ühendatud rööbiti. Leida kogutakistus. (5) või (6)

96. Takistid  $1000$ ,  $2000$ ,  $3000$  ja  $4000 \Omega$  on ühendatud rööbiti. Leida kogutakistus. (5)

97. Neli takistit, igaüks 100 k $\Omega$ , on ühendatud rööbiti. Leida kogutakistus. (7)

$$R = \frac{R_1}{n} = \frac{100\,000}{4} = 25\,000 = 25\text{ k}\Omega.$$

98. Raadioamatöör lülitas kolm 0,3 M $\Omega$  takistit rööbiti. Kui suur oli kogutakistus? (7)

99. Reostaat on keritud nikeliintraadist, mille läbimõõt on 1 mm, keerd keeru kõrvale. Koos isolatsiooniga on traadi läbimõõt 1,2 mm. Mähist on keritud 400 mm pikkuselt, reostaadikeha läbimõõt on 30 mm. Leida reostaadi takistus.

100. Põhja-Kaukaasias, Pjatigorskis tehti 1925. a. esimene katse rajooni elektrifitseerimisel kasutada vaskjuhtme asemel raudjuhet. Liinil, mis ühendas väikest mägedes asuvat hüdroelektrijaama alajaamaga ja mille vahemaa oli 5,5 km, asendati 1-mm<sup>2</sup> vaskjuhe raudjuhtmega. Millise jämedusega tuli võtta raudtraat, et liini takistus jääks endiseks?

101. OCT-i<sup>1</sup> tehniliste nõuete järgi peab alumiiniumkaabel vastama järgmistele nõuetele: „§ 6. Traadil, mille pikkus on üks kilomeeter ja ristlõige 1 mm<sup>2</sup>, ei tohi takistus 20° C juures olla üle 30  $\Omega$ , s. o. selle materjali eritakistus ei tohi olla väiksem kui 94% rahvusvahelisest alumiiniumi eritakistusest“. Kontrollida tingimust.

102. Kaarlambiga projektsioonaparaat vajab 60 V pinget, lambi vool on 16 A. Kasutada on aga pinge 110 V. Liigne pinge tuleb hävitada eeltakistis. Eeltakisti ehitame nikeliintraadist. Lubatud voolutihedus (mürgitakse tähega *j*) eeltakistil, et ta liigselt ei kuumeneks, on 4 amprit ühe ruutmillimeetri kohta (A/mm<sup>2</sup>). Kui pikk peab olema nikeliin-

---

<sup>1</sup> Lühend venekeelsest nimetusest Общесоюзный стандарт (üleliiduline standard).

traat ja kui suur on tema läbimõõt (nikeliini eritakistus  $\rho = 0,4 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )?

$$q = \frac{16}{j} = \frac{16}{4} = 4 \text{ mm}^2;$$

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{16}{\pi}} = \sqrt{5,1} = 2,26 \text{ mm.}$$

Et sellemõõdulist ( $d = 2,26 \text{ mm}$ ) traati ei turustata, valime lähedase suurema mõõdu, nimelt  $d = 2,5 \text{ mm}$ . Sel puhul

$$q = \frac{\pi \cdot d}{4} = \frac{\pi \cdot 2,5}{4} = 4,91 \text{ mm}^2.$$

Eeltakistis peame hävitama pinge  $110 - 60 = 50 \text{ V}$ . Eeltakisti takistus on seega:

$$R = \frac{U}{J} = \frac{50}{16} = 3,12 \text{ } \Omega.$$

Traadi pikkus

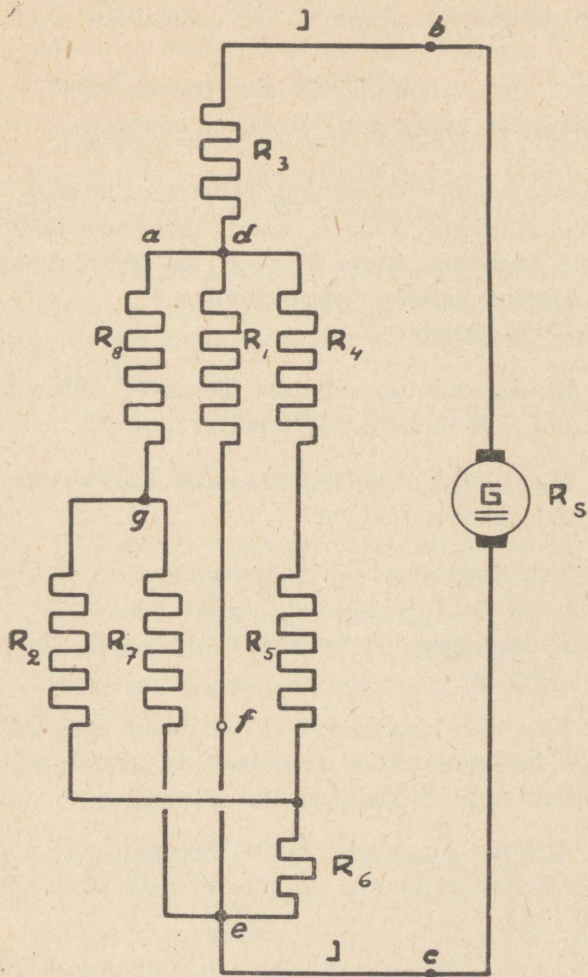
$$l = \frac{R \cdot q}{\rho} = \frac{3,12 \cdot 4,91}{0,4} = 38,4 \text{ m.}$$

103. Taskulambi pirnikest  $3,5 \text{ V}$ ,  $0,3 \text{ A}$  soovitakse ühendada  $220 \text{ V}$  võrku, mispuhul on loomulikult vaja eeltakistit. Eeltakisti materjaliks on kasutada reotaantraat ( $\rho = 0,46$ ), lubatud voolutihedus  $j = 3,5 \text{ A/mm}^2$ . Leida eeltakisti traadi mõõted.

104. Alalisvoolu võrku on ühendatud joonisel 1 toodud skeemi kohaselt mitmesugused voolutarbijad. Kuidas muutub vool  $J$ , kui:

- lühistame tarbija  $R_1$  (ühendame takisti otsad punkt  $d$  ja  $e$  lühisesse);
- põleb läbi tarbija  $R_1$  juurde viiv juhe punktis  $f$ ;
- punktis  $a$  tekitame juhtmes katkestuse;
- põleb läbi tarbija  $R_2$ ;

- e) lühistame tarbija  $R_2$ ;
- f) põleb läbi tarbija  $R_3$ ;
- g) lühistame tarbija  $R_3$ .



Joonis 1.

## Vastused:

a) Vool kindlasti tugevneb, sest võrku jääb sel puhul lülitatuks ainult  $R_3$ , kuna ülejäänud takistid muutuvad praktiliselt pingetuks (sest pingelang punkti  $d$  ja  $e$  vahel on null). Voolutugevust piirab ainult  $R_3$  ja vooluallika sisetakistuse suurus.

b) Vool, mis voolas  $R_1$  kaudu (paralleelselt  $R_4$ ,  $R_5$  ja  $R_6$ -ga), jääb ära, seadme kogutakistus suureneb, vool nõrgeneb.

c) Vool nõrgeneb, kuna kogutakistus suureneb.

d) Vool nõrgeneb, kuna  $R_2$  kaudu läbiv vool jääb ära.

e) Vool tugevneb, kuna  $R_7$  ja  $R_6$  on ühendatud rööbiti.

f) Vooluring katkeb; vool on null.

g) Vool tugevneb.

105. Kuidas muutub eelmises ülesandes antud andmete puhul vool  $J$ , kui lühistatakse punktid  $d$  ja  $f$ ?

106. Mis juhtub eelmises ülesandes esitatud seadmega, kui lühistada punktid  $b$  ja  $g$ ?

107. Kaks kaarlampi normaalvooluga 10 A on ühendatud järjestikku ja neid toidetakse 110 V alalisvoolu võrgust. Mitme oomiline peab olema eeltakisti? Lambi tööpinge on 45 V.

108. Kas võib kasutada 4 A kaitsmeid, kui 220 V selle kaitsmega kaitstud võrku ühendada triikraud takistusega  $92 \Omega$  ja elektripliit takistusega  $62 \Omega$ ?

109. Milline pingelang tekib vaskjuhtmes, mille läbimõõt on 1,2 mm ja pikkus 6,2 m, kui teda läbib vool tugevusega 9,4 A?

110. Alalisvoolu mootor asub vooluallikast eemal 50 m ja töötamiseks normaalkoormusel kasutab voolu tugevusega

40 A. Pingelang juhtmes ei tohi ületada 2,2 V. Milline vaskjuhtme ristlõige valida?

Märge: Mõelda, kui suur on  $l$ .

111. Milline vool läbib 16 mm<sup>2</sup> ristlõikega alumiiniumjuhet, kui 45 m eemal asuv tarbija saab 5,5 V vooluallika klemmipingest madalamat pinget?

112. Raudjuhtme (16 mm<sup>2</sup> ristlõikega) kaudu juhiti 9,5 A vool 35,5 m kaugusel oleva tarbijani, kusjuures pingelang juhtmes oli 6 V. Millist eritakistust omab juhe?

113. Taskulambi patareid läbib vool 0,32 A ja patarei klemmpinge on 3,64 V. Kui suur on patarei sisetakistus, kui on teada, et nimetatud taskulambi patarei elektromotoorne jõud on 4,61 V?

Pingelang vooluallika sees on  $\Delta U = 4,61 - 3,64 = 0,97$  V,

$$\text{sisetakistus } R = \frac{\Delta U}{J} = \frac{0,97}{0,32} = 3,04 \Omega.$$

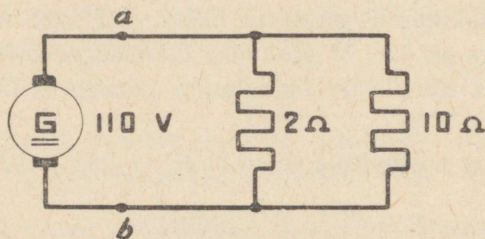
114. Alalisvoolu dünamo sisetakistus on 0,12  $\Omega$ , mille klemmidel mõõdetakse pinget 114 V. Dünamost 119 m eemal on tarbija, mis on ühendatud dünamoga 1,5 mm<sup>2</sup> vaskliiniga. Juhtmes voolab 3,9 A. Milline on pingelang juhtmes, kui suur on dünamo elektromotoorne jõud ja kui suurt pinget saab tarbija?

Märge: Elektromotoorne jõud = vooluallika klemmpinge + pingelang vooluallika sees ( $E = U + U_s$ ).

115. Talupidajal oli majas elektervalgustus, vooluallikaks oli 6 V aku. Talupidaja seadis elektervalgustuse ka lauta, kasutades juhtmeks telefoni välrikaablit, mis on ehitatud selliselt, et peeneks köieks on kokku põimitud ja isolatsioonainega kaetud 6 terastraati (läbimõõduga 0,18 mm,

eritakistusega  $0,14$ ) ja üks vasktraat (läbimõõt  $0,2$  mm). Kokku kulub talupidajal välikaablit (ühekordselt)  $39$  meetrit. Valgusallikaks laudas on lambike andmetega  $6$  V/ $0,5$  A. Arvutada, kui suur on tegelik voolutugevus välikaablis ja kui suurt pinget saab lambike.

116. Alalisvoolu dünamo, mille  $E = 110$  V, toidab kahte tarbijat, millede takistused on  $2 \Omega$  ja  $10 \Omega$  (vt. joon. 2). Dünamo sisetakistus  $U_s$  on  $0,1 \Omega$ . Tingituna sellest, et dünamo klemmi mutter, mille alla on ühendatud tarbija juurde kulgev juhe, on keeratud halvasti kinni ja juhe on



Joonis 2.

mutri seibi alt oksüdeerunud, tekib klemmi all vahete-vahel nn. muutu v kontakt, mille ülemineku takistus võib küündida kuni  $0,5 \Omega$ . a) Kuidas muutub vool  $J$ ? b) Milline on vool, kui ka teise klemmi juures on muutu v kontakt  $0,5 \Omega$  takistusega? c) Milline on vool, kui mõlemad klemmid on kinnitatud ideaalselt hästi ja nende takistus on praktiliselt võrdne nulliga? Ülesandes eeldada, et juhtmed on nii jämedad, et nende takistus ei kuulu arvestamisele.

M ä r g e: Eelnenud ülesande lahendusel selgub, kui suurel määral võib muutu v kontakt mõjutada voolu, eriti suurte tugevuste puhul. Muutu v kontakti võime avastada, kui ühendada vooluringi ampermeetri ja siis kahtlasi ühenduskohti koputada või raputada. Ampermeetri hälbe muutus

registreerib muutuva kontakti olemasolu. Võib ka kahtlase koha, kui see on võimalik, lühistada jämeda juhtmega — kui suureneb sel puhul vool, omab liitekoht liiga suurt takistust.

117. Vooluring koosneb vooluallikast, juhtmetest ja tarbijast. Mida tuleb teha, et vool, mis läbib tarbijat, suureneks kolm korda?

118. Traattakisti, mis on valmistatud 10 m pikkusest ja 1,6-mm läbimõeduga nikeliintraadist, asendati niisama pika ja samast materjalist traadiga, mille läbimõõt oli eelmisega võrreldes kaks korda suurem. Kuidas muutus takistus?

119. Juhe pikkusega 20,7 m ja läbimõeduga 1,98 mm lõigati keskelt pooleks ja saadud kaks traati ühendati rööbiti ning kasutati seda uue, poole lühema juhtmena. Kui suureks kujunes juhtme takistus?

120. Tehase andmetel on 2,8-mm läbimõeduga nikeliintraati lubatud hea õhkjahutuse puhul koormata maksimaalselt 42 ampriga. Kui suur on sel puhul lubatud voolutihedus  $j$ ?

121. Kitsasfilmi-aparaadis oli kasutusel lamp 110 V/2,3 A, mis põles läbi. Asenduseks oli võimalik kasutada lampi 60 V/5 A. Arvutada, kui suur peab olema eeltakistus, et nimetatud 60 V lampi võiks ühendada 110 V võrku. Kui pikalt tuleb võtta eeltakistis nikeliintraati ( $\rho = 0,4$ ;  $j = 6 \text{ A/mm}^2$ )?

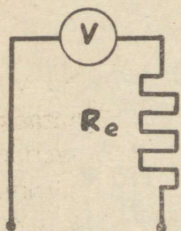
122. Telefonikeskjaama releele on märgitud, et see omab takistust 620  $\Omega$ , mähise materjaliks on vasktraat läbimõeduga 0,12 mm. Mitme-milliampriline vool läbib releed, kui ta on ühendatud 24 V vooluallikaga? Kui pikk on releele keritud traat?

123. Raadiolamp vajab eelpinget 16,8 V. Eelpinge tekitatakse automaatselt lambi anoodvoolu (42 mA) toimel, mis läbides takistust tekitab selles vajaliku 16,8-voldilise pinge-langu. Raadioamatööril olid kasutada järgmised masstakistid: 1 tk. 100  $\Omega$ , 1 tk. 200  $\Omega$ , 2 tk. à 500  $\Omega$ , 2 tk. à 800  $\Omega$  ja 3 tk. à 1,2 k $\Omega$ . Kui suur peab olema vajalik takistus ja kuidas kombineeris aparaadi ehitaja olemasolevaist takistitest vajaliku suurusega takistuse?

124. Taimelava soojendamiseks seadis aednik lavasse kaks elektriküttekeha, üks takistusega 0,47  $\Omega$ , teine 0,8  $\Omega$ . Takistuste toiteks ta kasutas akut, mille klemmipinge oli 6,2 V. Juhtmed akust rööbiti ühendatud küttekehadeni oma-sid takistust 0,0038  $\Omega$ . Kui suure vooluga on koormatud aku?

Märge: Lahendus teostada nii, et enne leida üldine välisvooluringi takistus ja siis voolutugevus.

125. Raadiojaamas voltmeeter, millega mõõdetakse lõppastme anoodpinget, omab mõõtpiiri 15 000 V. Selle pinge mõõtmisel läbib voltmeetri 10 mA vool. Kui suurt eeltakistust omab voltmeeter, kui mõõteriista süsteemi omatakimis on 75  $\Omega$ ?



$R_e$ -eeltakisti

Joonis 3.

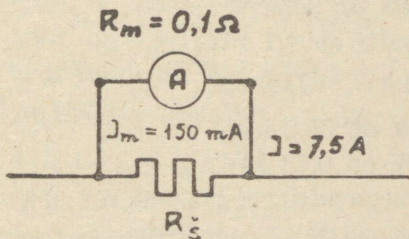
Märge: Kogu riista takistus, mis koosneb mõõteriista oma- ja eeltakistusest, peab olema nii suur, et antud pinge puhul ei tohi vool ületada ettekirjutatud (mispuhul mõõteriist näitabki 15 kV). Kogu riista takistus koosneb mõõteriista ja eeltakistuse summast, mis on ühendatud järjestikku (vt. joonis 3).

126. Kui suur peab olema 220 V võrgust toidetava mootori käivitustakistus (ühendatud järjestikku mootoriga), kui

mootorile, mis täiskoormal tarvitab 20 A, on lubatud käivitamisel voolu 30 A? Mootor omab 0,18  $\Omega$  takistust.

Märge: Kui mootor seisab, oleneb vool käivitamise momendil peamiselt ainult mootori mähise takistusest, sest voolu piirav vastuektromotoorne jõud tekib alles mootori pöörlemisel. Vool oleks aga teoreetiliselt (kui mitte arvestada seda, et vool ei saa kasvada momentselt maksimaalseks mootorimähiste induktiivsuste tõttu)  $\frac{220}{0,18} \approx 1200$  A. Meie soov aga on, et vool ei ületaks 30 A.

127. Milline ristlõige tuleb valida juhtmele, mille kogupikkus (sinna ja tagasi) on 60 m ja milles 18 A voolu puhul ei tohi pingelang ületada 4,4 volti? (2b) ja (1b)



Joonis 4.

128. Kui tugevat voolu võib 16-mm<sup>2</sup> alumiiniumjuhtme kaudu 45 m kaugusele üle kanda nii, et pingelang ei ületaks 5,5 V? (1), (2)

129. Raudjuhet ristlõikega 16 mm<sup>2</sup> läbis 9,5 A. Tarbija asus 35,5 m kaugusel. Pingelang tekkis 5,9 V. Kui suur oli juhtme eritakistus? (2c), (1b)

130. Ampermeeter takistusega 0,1  $\Omega$  sobib otseselt 150 mA mõõtmiseks. Et mõõta sama mõõteriistaga maksimaalselt 7,5 A, tuleb mõõteriistale ühendada paralleelselt nn. šunt (vt. joonis 4). Kui suur peab olema šundi takistus  $R_s$ ?

Pingelang mõõteriistal (niisama suur ka šundil) on:

$$U = J_m \cdot R_m = 0,15 \cdot 0,1 = 0,015 \text{ V.}$$

Šunti läbib vool  $J_s = 7,5 - 0,15 = 7,35 \text{ A}$ ,

$$R_s = \frac{U}{J_s} = \frac{0,015}{7,35} = 0,00204 \Omega.$$

### Ühikute ümberarvutusi.

131. Mitu kW on 12 000 W?

$$12\,000 \text{ W} = 12 \text{ kW.}$$

132. Mitu kW on 960 W?

133. Mitu kW on 3050 W?

134. Mitu vatti on 1,1 kW?

$$1,1 \text{ kW} = 1100 \text{ W.}$$

135. Mitu W on 35,2 kW?

136. Mitu W on 0,73 kW?

137. Mitu megavatti on 605 000 W?

$$605\,000 \text{ W} = 0,605 \text{ MW.}$$

138. Mitu MW on 11 000 000 W?

139. Mitu MW on 82 000 W?

140. Mitu vatti on 1,6 MW?

$$1,6 \text{ MW} = 1\,600\,000 \text{ W.}$$

141. Mitu W on 0,002 MW?

142. Mitu W on 0,99 MW?

143. Mitu hobujõudu on 1500 W?

$$1 \text{ HJ} = 736 \text{ W,}$$

$$1500 \text{ W} = \frac{1500}{736} = 2,04 \text{ HJ.}$$

144. Mitu HJ on 600 W?

145. Mitu HJ on 95 W?  
 146. Mitu HJ on 12 kW?  
 147. Mitu HJ on 2,5 kW?  
 148. Mitu kilovatti on 5 HJ?

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ HJ},$$

$$5 \text{ HJ} = \frac{5}{1,36} = 3,68 \text{ kW}.$$

149. Mitu kW on 0,75 HJ?  
 150. Mitu W on 0,1 HJ?  
 151. Mitu W on 20 HJ?  
 152. Mitu kilovatt-tundi on 520 Wh?

$$520 \text{ Wh} = 0,52 \text{ kWh}.$$

153. Mitu kWh on 14 320 Wh?  
 154. Mitu kWh on 0,9 Wh?  
 155. Mitu vatt-tundi on 7,36 kWh?

$$7,36 \text{ kWh} = 7360 \text{ Wh}.$$

156. Mitu Wh on 0,21 kWh?  
 157. Mitu Wh on 0,0029 kWh?  
 158. Mitu vatt-sekundit on 2,5 Wh?

$$2,5 \text{ Wh} = 2,5 \cdot 3600 = 9000 \text{ Ws}.$$

159. Mitu Ws on 0,75 Wh?  
 160. Mitu vatt-sekundit on 0,6 kWh?

$$0,6 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \cdot 0,6 = 2\,160\,000 \text{ Ws}.$$

161. Mitu Ws on 0,0024 kWh?  
 162. Mitu Wh on 4630 Ws?

$$4630 \text{ Ws} = \frac{4630}{3600} = 1,29 \text{ Wh}.$$

163. Mitu Wh on 29 Ws?  
 164. Mitu kWh on 832 000 Ws?

$$832\,000 \text{ Ws} = \frac{832\,000}{3\,600\,000} = 0,231 \text{ kWh}.$$

165. Mitu kWh on 7100 Ws?  
 166. Mitu kWh on 94 Ws?  
 167. Mitu kalorit on 1,12 kilokalorit?  
 $1,12 \text{ kcal} = 1,12 \cdot 1000 = 1120 \text{ cal.}$
168. Mitu cal on 0,07 kcal?  
 169. Mitu cal on 14,92 kcal?  
 170. Mitu kilokalorit on 76 250 cal?  
 $76\,250 \text{ cal} = 76,25 \text{ kcal.}$
171. Mitu kcal on 4440 cal?  
 172. Mitu kcal on 52 cal?

### ÜLESANDEID LAHENDUSNÄIDETEGA.

173. Missuguse võimsusega on elektrilamp, kui ta 110 V võrku ühendatuna kasutab voolu 0,54 A? (8)

$$N = J \cdot U = 0,54 \cdot 110 = 59,4 \approx 60 \text{ W.}$$

174. Mitme vatiline on triikraud, kui 220 V pingel puhul läbib teda 2,05 A? (8)

175. Missuguse võimsusega on jalgrattalamp, millele on märgitud 6 V/0,5 A? (8)

176. Moskva allmaaraudtee keskjaamas registreeriti teataval momendil voolutugevus 9350 A (pinge 600 V). Kui suur oli nimetatud momendil kõigi rongide poolt tarvitatav võimsus vattides, kilovattides ja megavattides?

177. Elektripliidi koguvõimsus (kõik keeduplaadid ja praeahi) on 4750 W. Kui tugev on pliidi ühendusjuhtmeis vool, kui kogu pliit on rakendatud? Pinge on 220 V. (8a) Kas tohib kasutada 15 A kaitsmeid?

$$J = \frac{U}{N} = \frac{4750}{220} = 21,7 \text{ A.}$$

15 A kaitsmeid ei tohi kasutada, kui kogu pliit korraga tööle rakendada. On vaja 25 A kaitsmeid.

178. Korteris elektrivõrk oli kaitstud 6 A kaitsmetega. Pingeline on 220 V. Kas tohib korraga võrku ühendada 450 W triikraua ja 600 W kiirkeetja? (8a)

179. Tehas tootis tuulegeneraator-akulaadijaid, millede kohta teatas, et 6-meetrilise tuulekiiruse juures on generaatori võimsus 30 vatti. Generaatori pingeline oli 6,4 V. Kui tugev oli laadimisvool? (8a)

180. Raadiolambi automaatse eelpingeline takisti on 1-vatiline, s. t. teda läbiva voolu ja temal tekkiva pingelangu arvel ei tohi takistil soojuseks muutuv elektrienergia ületada 1 vatti, kuna muidu takisti liigselt kuumeneks. Kui suur tohib olla pingelang takistil, kui ta peab läbi juhtima 40 mA? (8b)

$$U = \frac{N}{J} = \frac{1}{0,04} = 25 \text{ V.}$$

181. Millisele pingeline on sobitatud elektriahi, kui ta võimsus on 1,1 kW ja voolutugevus töötamisel 5 A? (8b)

182. Alalisvoolu jõujaama väljumisvool alajaamade jaotusvõrku oli 132 A. Vattmeeter näitas 0,8 MW (megavatti). Kui suur oli pingeline? (8b)

183. Mitme vatiline peab olema raadiolambi 20 kΩ takisti, et ta taluks pingelangu 90 V? (8c)

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{90 \cdot 90}{20\,000} = \frac{8100}{20\,000} = 0,405 \text{ W.}$$

Tähendab — takisti peab olema vähemalt 0,5-vatiline.

184. 6600-oomiline voltmeeter on ühendatud 220 V elektrivõrguga. Mitu vatti kasutab voltmeeter? (8c)

185. Kui suur on 220 V võrku ühendatud 48,5  $\Omega$  takistusega elektriühjuga võimsus? (8c)

186. Mitmevatilist võimsust omab auto tuuleklaasi soojendaja, mis omab takistust 9  $\Omega$ ? Auto akupatarei pingeline on 12 V. (8c)

187. Mitmevatilist masstakistit tuleb kasutada raadioaparaadi lõplambile automaatseks eelpinge tekitamiseks, kui takisti on 500  $\Omega$  ja teda läbiv vool on 40 mA? (8d)

$$N = J^2 \cdot R = 0,04^2 \cdot 500 = 0,8 \text{ W.}$$

Takisti valime ühevatilise.

188. Elektritarbijat, mille takistus on 184  $\Omega$ , läbib 1,2 A. Kui suur on tarbija võimsus? (8d)

189. Kui suurele pingele sobib 300 W võimsusega soojendusvaip, mis omab takistust 40  $\Omega$ ? (8e)

190. Kui suurt takistust omab tarbija, mis on ühendatud 24 V allikaga ja mille võimsus on 3 W? (8f)

191. Elektriaparaat tarbib võimsust 0,264 kW, tema takistus on 45,8  $\Omega$ . Kui suur on teda läbiv vool? (8g)

192. Kui suur on soojenduskapi küttekeha takistus, kui ta võrku ühendatuna tarbib 0,99 kW ja temaga järjestikku ühendatud ampermeeter näitab 4,5 A? (8h)

193. Kui suur on tarbija takistus, kui vattmeeter näitab võimsust 1360 W ja ampermeeter 6,2 A? (8h)

194. Mitu kilovatt-tundi kulub elektrienergiat, et 2 tundi 30 minutit käitada mootorit, mis omab keskmist võimsust 7,75 kW? (9)

$$A = N \cdot t = 7750 \cdot 2,5 = 19,38 \text{ kWh.}$$

195. Mitu kilovatt-tundi on tarvitatud elektrit 4-tunnise triikimise kestel 450 W triikrauaga? (9)

196. Vooluarvesti näitas 0732,6 kWh. Võrku oli ühendatud 900 W elektri-praeahi ja 1200 W elektripliit. Kui palju näitas arvesti pärast ülalnimetatud riistade 45-minutilist kasutamist? (9)

197. Kaheksatunnise tööpäeva lõpul oli tööstus-arvesti registreerinud 408 kWh energia tarbimist. Kui suur oli tööstuse mootorite keskmine võimsus? (9)

$$A = N \cdot t; N = \frac{A}{t} = \frac{408}{8} = 51 \text{ kW.}$$

198. Korteriomanik läks 14 päevaks maale puhkusele ja unustas 40 W elektripirni põlema. Mitu kWh raiskas ta asjatult elektrienergiat? (9)

199. Elektriijaama taastamise ajaks limiteeriti voolutarvitused. Korteri limiit oli 19 kWh kuus. Mitu tundi võis selle energiaga põletada 25 W lampi? (9)

200. Raadioaparaadi võrgust võetav võimsus oli 58 W. Mitu tundi päevas võib raadioaparaati kasutada, kui elektri-voolu limiit raadioaparaadi jaoks ühe kuu kohta (30 päeva) on 8 kWh? (9)

201. Kas jätkub 168 kWh elektrilimiidist kuus, et peale 70 W raadioaparaadi, ühe 40 W ja kahe 25 W lambi, mida kasutatakse 4 tundi päevas, ühendada võrku veel iga päev kaheks tunniks 1800 W võimsusega elektriboiler? (9)

202. Mitu tundi päevas võib kasutada 750 W elektriühiku, et ta ei tarvitaks rohkem kui 4,5 kWh elektrienergiat? (9)

203. Voolumõõtja kontrollija märkis vooluarvesti näidu 15. septembril 2391,8 kWh ja 19. oktoobril 2408,3 kWh. Mitu tundi oli korteriomanik päevas keskmiselt kasutanud 60 W elektrilampi? (9)

204. Kui palju maksab kolmetunnine pesu triikimine 500 W triikrauaga, kui kilovatt-tunni hind on 40 kopikat? (9)

$$A = N \cdot t = 500 \cdot 3 = 1500 \text{ Wh} = 1,5 \text{ kWh},$$

$$\text{hind on } 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ kopikat.}$$

205. 1200 W kiirkeetjaga aeti 11 minuti jooksul keema 1,8 l vett. Kui palju maksis vee keetmine (kilovatt-tunni hind oli 40 kop.)? (9)

206. Elektriboiler 1200 W küttekehaga oli kuu kestel ühendatud võrku 160 tundi. Kui palju kulutati vee soojendusele, kui kWh hind oli 25 kopikat? (9)

207. Elektrimootor õmblusmasinale tarbib võimsust 45 W. Mitu kWh kulub kuus (25 tööpäeva) elektrienergiat, kui õmblusmasina mootor töötab päevas keskmiselt 5,5 tundi? (9)

208. Mitu tundi võib soojendada haiget elektrilise soojenduspadjaga (30 W), kuni on tarvitatud 1 kWh? (9)

209. Mitu kalorit on vaja soojus-energiat, et 1,5 l vee temperatuuri tõsta 14°C pealt kuni 85°C? (10)

$$Q = G(\tau_2 - \tau_1)c = 1500 \cdot (85 - 14) \cdot 1 = 1500 \cdot 71 = \\ = 106\,500 \text{ cal} = 106,5 \text{ kcal.}$$

210. Kui palju on vaja kaloreid, et 400-g jootetõlvikut (-kolbi) soojendada temperatuurist 18° C kuni 250° C? (Eri-soojus  $c$  vase puhul on 0,09.) (10)

211. Kui suure hulga vett suudab soojendada 1000 kcal-ga temperatuurist 10° C kuni 85° C? (10a)

$$G = \frac{Q}{(\tau_2 - \tau_1) \cdot c} = \frac{1\,000\,000}{(85 - 10) \cdot 1} = \frac{1\,000\,000}{75} = 13\,300 \text{ g} = 13,3 \text{ kg.}$$

212. Kilogramm kivisütt annab põledes 8000 kcal soojust. Kui suure hulga vett saab soojendada katlas 6 kg kivisõega temperatuurist 15° C kuni 100° C, arvestades, et kivisões peituvast soojus-energiast oli antud juhul võimalik vette juhtida 20% soojusest? (10a)

213. Mitme kraadini kuuenes 130 g raskune algtemperatuuriga 20° C vasetükk ( $c = 0,09$ ), kui ta sai soojust 193 cal? (10b)

$$\tau_2 - \tau_1 = \frac{Q}{G \cdot c} = \frac{193}{130 \cdot 0,09} = 16,5^\circ \text{ C.}$$

Temperatuuri tõus oli 16,5° C, seega vasetükk kuuenes temperatuurini  $20 + 16,5 = 36,5^\circ \text{ C}$ .

214. Kui palju soojenes teeklaasitäis (200 g) vett, kui temasse juhiti 2 kcal soojust? Vesi oli varem temperatuuriga 21° C. (10b)

215. Kui palju kaloreid tekib poole tunni jooksul 1 kW võimsusega elektriküttekehas? (11)

0,5 tundi on 0,5 korda 60 minutit korda 60 sekundit, on 1800 sek.

$$Q = 0,24 \cdot N \cdot t = 0,24 \cdot 1000 \cdot 1800 = 432\,000 \text{ cal} = 432 \text{ kcal.}$$

216. Kui palju soojust levitab 25 W elektrilamp 24 tunni jooksul, kui ta põleb täiesti kinnises ruumis? (Arvestada

tuleb, et ka see energia, mis lambis muutub valguseks, absorbeerudes ruumi seintes, muutub soojuseks.) (11)

217. Kui palju soojust toodab 500 W kiirgahi 3 tunni jooksul? (11)

218. Kui kauaks peab olema võrku ühendatud 4,5 kW küttekeha, et saada 300 kcal soojust? (11a)

$$t = \frac{Q}{0,24 \cdot N} = \frac{300\,000}{0,24 \cdot 4500} = \frac{300\,000}{1080} = 2780 \text{ sek.} \approx 46 \text{ min.}$$

219. Kui palju läheb aega, et 600 W küttekeha toodaks 1,44 cal soojust? (11a)

220. Milline peab olema elektriküttekeha võimsus, et ta 1 tunni jooksul oleks suuteline tootma 340 kcal soojust? (11b)

$$N = \frac{Q}{0,24 \cdot t} = \frac{340\,000}{0,24 \cdot 3600} = \frac{340\,000}{864} = 3930 \text{ W} = 3,9 \text{ kW.}$$

221. Missugust võimsust on vaja, et 280 kcal soojust tekitada 25 minuti jooksul? (11b)

222. Mitu kalorit soojust tekib 1 tunni jooksul elektri magistraaljuhtmes, milles 48 A voolu puhul oli pingelang 1,9 V? (11c)

$$1 \text{ tund} = 3600 \text{ sekundit.}$$

$$Q = 0,24 \cdot J \cdot U \cdot t = 0,24 \cdot 48 \cdot 1,9 \cdot 3600 = 78\,800 \text{ cal} = 78,8 \text{ kcal.}$$

223. Raadioaparaadi lõpplambi küttevool on 1,2 A, pinge 6,3 V. Kui palju soojust tekib küttevoolu arvel 6 tunni jooksul? (11c)

224. Osmiumtraadist hõõglambi takistus oli 15<sup>o</sup> C temperatuuril 300 Ω. Kui suur on takistus lambi hõõgumisel temperatuuril 1500<sup>o</sup> C? Osmiumil on  $\alpha = 0,004$ . (12)

$$R_t = R[1 + \alpha(\tau_2 - \tau_1)] = 300 [1 + 0,004(1500 - 15)] = 2082 \Omega.$$

225. Kroomnikkeltraadi takistus külmas olekus oli 47  $\Omega$ . Kui suur on takistus 700° C temperatuuril? (12)

226. Kui kõrge oli kroomnikli temperatuur, kui tema takistus külmas olekus oli 177  $\Omega$  ja kuumutatult 195  $\Omega$ ? (12a)

227. Materjali takistus külmalt (15° C) oli 577  $\Omega$  ja 800° C juures 652  $\Omega$ . Kui suur on selle aine temperatuuritegur? (12b)

228. Kui suur on temperatuur hõõguval söeniitlambil, kui lambi takistus 15° C juures on 1400  $\Omega$  ja lamp ühendatuna 220 V võrguga tarvitab 1 A voolu? (1b) ja (12a)

Lambi takistus kuumalt on:

$$R_t = \frac{U}{J} = \frac{220}{1} = 220 \Omega.$$

Söeniidi temperatuuritegur on negatiivne ( $\alpha = -0,0005$ ), s. t. et söeniidi takistus väheneb temperatuuri tõusuga.

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \tau_1 + \frac{R_t - R}{\alpha \cdot R} = 15 + \frac{220 - 1400}{-0,0005 \cdot 1400} = \\ &= 15 + \frac{-1180}{-0,7} = 15 + 1686 = 1701^\circ \text{C}. \end{aligned}$$

229. Eelmises ülesandes kirjeldatud lamp ühendati 110 V võrku, mispuhul vool oli 0,2 A. Leida hõõguva lambi söeniidi temperatuur.

230. Kui palju eraldub elektrolüüsi puhul katoodil hõbedat 18 A vooluga 2 tunni jooksul? (13)

$$2 \text{ tundi} = 7200 \text{ sek.}$$

$$G = \alpha \cdot J \cdot t = 1,118 \cdot 18 \cdot 7200 = 145\,000 \text{ mg} = 145 \text{ g.}$$

231. Kui suur hulk niklit eraldub 40 A vooluga galvaanisel 30 minuti jooksul? (13)

232. Kui tugev on vool, kui elektrolüüsi puhul katood raskenes hõbedasoolade vannis 25 minuti jooksul 0,072 g võrra? (13b)

233. Volhovi hüdroelektrijaama juurde ehitatud alumiiniumitehase üks elektrolüüsi-alumiiniumvann eraldab ööpäevas 110 kg metalli. Kui suur on vanni läbiva voolu tugevus? (13b)

234. Kui kaua läheb aega, et kullata metallese 2 A vooluga 0,007 g võrra raskemaks? (13c)

235. Kui suur on 220-voldilise alalisvoolu mootori võimsus, kui teda täiskoormusel läbib 65 A? (8)

236. Milline 220-voldiline lamp standarditud lambivõimsuste hulgast (15, 25, 40, 60, 75, 100, 150, 200 W) vajab 682 mA voolu? (8)

237. Kaarlamp on ühendatud joonise 5 kohaselt (ampermeeter nagu tavaliselt voolu mõõtmisel järjestikku ja voltmeeter pinget mõõtmiseks rööbiti tarbijaga). Kui suur on lambi võimsus kilovattides, kui ampermeeter näitab 8,5 A ja voltmeeter 112 V? (8)

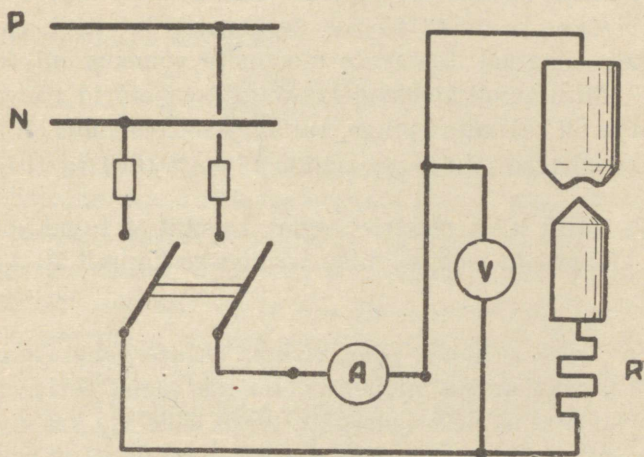
238. Kui suur on elektriahju võimsus, kui ta takistus on 35  $\Omega$  ja ahi on ühendatud 220 V võrguga? (1), (4) või (8c)

239. Kui suur on aparadi takistus, kui ta 110 V vooluallikaga ühendatuna omab võimsust 0,88 kW? (8a), (1b) või (8f)

240. Millise pinget all asub 250  $\Omega$  takisti, kui ta tarbib võimsust 1 kW? (8e)

241. Tarbija, takistusega  $35 \Omega$ , oli normaalselt ette nähtud kasutamiseks pingega 220 V. Ühendatuna 110 V võrguga on ta võimsus väiksem. Mitu korda on võimsus väiksem, kui tarbija takistus ei muutu? (8c)

242. Pingele 110 V sobiv elektritriikraud omab võimsust 440 W. Triikraua küttemähis on valmistatud kroomnikkel-lindist, mille laius on 1 mm ja paksus 0,1 mm. Eritakistus  $\rho$  on 1,1. Mitu meetrit on vaja kroomniklit küttemähise valmistamiseks? (8a), (1b) ja (2a)



Joonis 5.

243. Elektripliidi kütteleplaat omab 110 V pinge jaoks kahte küttemähist, milledest ühe takistus  $R_1 = 20 \Omega$  ja teise takistus  $R_2 = 15 \Omega$ . Kui suured küttevõimsused on võimalik selle plaadiga rakendada ( $R_1$  ja  $R_2$  järjestikku,  $R_1$  üksi ühendatuna,  $R_2$  üksi ja  $R_1, R_2$  rööbiti ühendatud)? (4), (1), (8), (6)

244. Kui suur peab olema minimaalne juhtme ristlõige, et 11 kW-st alalisvoolu võimsust pingelanguga 5,5 V juhtida 80 m kaugusele, kusjuures tarbija pinge on 110 V, kui juhtmaterjaliks on alumiinium? (8a), (1b), (2c)

Märge: Kuna juhe on kahekordne, siis  $l = 2 \cdot 80$  m.

245. Kui kaugele võib 16 mm<sup>2</sup> ristlõikelise vaskjuhtmega juhtida 12 kW võimsust, kui pingelang ei tohi ületada 6,6 V? Algpinge on 220 V. (8a), (1b) ja (2a)

246. Kui Pärnus oli veel tarvitusel alalisvool, kasutas suusatööstus „Lennuk“ päevas keskmiselt 300 kWh elektrienergiat. Korruga töötavate mootorite võimsus oli kokku 50 kW. Mitu tundi töötasid keskmiselt mootorid päevas ja kui kõrge oli kasutatav pinge, kui ampermeeter, mis oli ühendatud magistraaljuhtmesse, näitas 114 A? (8b) ja (9)

247. Mitu kWh elektrienergiat kasutab 4 tunni jooksul 220 V alalisvoolu mootor, mille vool on keskmiselt 72 A? (9) ja (8)

248. Tööstusruumis põles elekter õhtuse vahetuse kestel 5 tundi ja vooluarvesti numeratsioon, mis registreeris valgustuseks tarvitatud elektrienergiat, liikus selle aja kestel edasi 2932,1 kWh näidu pealt 2946,1 kWh näidule. Kui suur oli vool valgustusseadme magistraalis (pinge oli 220 V)? (8a)

249. Kui suurt soojusehulka toodab 90 Ω takisti 15 minuti jooksul, kui teda läbib 2,5 A vool? Millisele pingele on takisti sobitatud? (11d), (1a)

250. Mitmevatiline küttekeha on vajalik elektri-kiirkeetjale, et 1,5 liitri vee temperatuuri 10 minutiga 18° C temperatuurilt tõsta 100° C-ni, kui kiirkeetja kasutegur on 90%? (10), (11b)

251. 1200 W võimsusega elektripliidile paigutati keedunõu ja kallati sellesse 2 l vett, mille temperatuur oli 16° C. Vee temperatuur tõusis 19 minuti jooksul kuni 94° C. Kui suur oli keeduseadme (keeduplaat ja nõu) üldine kasutegur?

Esiteks arvutame, mitu kalorit sai vesi:

$$Q_2 = G(\tau_2 - \tau_1) \cdot c = 2000(94 - 16) \cdot 1 = 156\,000 \text{ cal.}$$

Aeg 19 minutit = 19 · 60 = 1140 sekundit.

Kulutatud elektrienergia soojuslikus mõõdus on:

$$Q_1 = 0,24 \cdot N \cdot t = 0,24 \cdot 1200 \cdot 1140 = 328\,000 \text{ cal.}$$

Seadme üldine kasutegur

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{156\,000}{328\,000} = 0,476 = 47,6\%.$$

252. Elektrikeetjas, mille raskus on 300 g ja mille materjali erisoojus  $c = 0,228$ , kuumutati 200 g vett 17° C kuni 95° C temperatuurini 7 minuti 45 sekundi jooksul. Keeduriistaga ühendatud vattmeeter näitas 232 W. Kui palju läheb teoreetiliselt soojust vee ja kui palju keedunõu soojendamiseks ja kui palju kiirgas soojust ümbrusse? Kui suur on üldine kasutegur (arvestades kasulikult kulutatud energiaks ainult vee soojendamiseks kulunud soojust)? (10), (11)

253. Elektriboileris, mille maht on 50 l, tuli vesi ajavahemikus kella 24 kuni 05 hommikul tõsta 10° C temperatuurilt 90° C temperatuurini. Võrgupinge oli 110 V. Mitu kilovatt-tundi kulus elektrienergiat, arvestades, et ülaltoodud aja jooksul oli boileri kiirguskadu 300 kcal? Boiler omab kahte võrdse võimsusega küttekeha. Kui suur on nende võimsus üksikult? Kui suur on küttekeha takistus? (10), (11b), (9), (8f)

254. Mitmele kWh vastab energialt 1 kg antratsiiti, mille soojusesisaldus kütmisel on 8500 kcal ühe kilogrammi kohta?

255. Kroomniklist elektriküttekeha ühendati 220 V võrku, kusjuures ampermeeter näitas sisselülitamise momendil 5,2 A ja pärast seda, kui küttekeha oli kuumenenud 1000° C-ni — 4,43 A. Kui suur on kroomnikli temperatuuritegur? (1b) ja (12b)

256. Sooviti hõbetada teemasinat, mille pindala oli 29 ruutdetsimeetrit. Hõbedakihi paksus pidi olema 0,02 mm. Lubatud on vool galvaanimisel 0,25 A/dm<sup>2</sup>. Kui kaua peab kestma hõbetamine, et tekkiv hõbedakiht omaks soovitud paksust? (13c)

M ä r g e: Teades hõbetatava keha pindala, hõbedakihi paksust ja hõbeda erikaalu, saame arvutada pealekantava hõbeda kaalu. Ka voolutugevus on arvutatav, teades lubatud voolutihedust ja eseme pindala.

257. Kui tugev oli vool, kui galvaanimisel metallkuupi, serva pikkusega 8 cm, kaeti 0,1 mm paksuse vasekihiga kahe ja poole tunni vältel? (13b)

258. Vanast, tarvituskõlbmatust kinofilmide kinnitivedelikust eraldati elektrolüütiliselt hõbedat. Kui palju sadenes katoodil hõbedat 8 tunni jooksul, kui vool oli 7,5 A? (13)

## VAHELDUVVOOL.

### KASUTATAVAID VALEMEID.

Vahelduvvoolu tekitaja (generaatori) vahelduvvoolu sagedus  $f$ , rootori pöörete arv minutis  $n$  ja poolusepaaride arv  $p$  on seotud valemiga:

$$\boxed{f = \frac{p \cdot n}{60}} \quad \text{perioodi sekundis (p/s ehk Hz),} \quad (14)$$

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{pööret minutis,} \quad (14a)$$

$$p = \frac{60 \cdot f}{n} \quad \text{poolusepaari.} \quad (14b)$$

Nurkkiirust arvutame valemiga:

$$\boxed{\omega = 2 \cdot \pi \cdot f} \quad (15)$$

millest

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}. \quad (15a)$$

Liikuvast juhtmes, kui liikumine toimub magnetväljale risti, indutseerub pinge, mille suurust arvutame järgmise valemi abil:

$$\boxed{e = B \cdot v \cdot l} \quad \text{volti.} \quad (16)$$

Juhtme pikkus  $l$  antakse sentimeetrites (cm), kiirus  $v$  sentimeetrites sekundis (cm/s) ja  $B$  on magnetvälja tihe-  
 dus (väljatihedus) voltsekundites ruutsentimeetri kohta  
 ( $\text{Vs}/\text{cm}^2$ ). Sageli kasutatakse viimase ühiku asemel ka  
 gaussi (G):  $1 \text{ Vs}/\text{cm}^2 = 10^8$  gaussi. Indutseeritud pinge  
 valem võtab siis kuju:

$$e = \frac{B \cdot v \cdot l}{10^8} \text{ volti.} \quad (16a)$$

Siinuskõvera järgi muutuva indutseeritava pinge hetk-  
 väärtuse ja maksimaalväärtuse vahel on seos:

$$\boxed{e = E_m \cdot \sin \alpha} \quad \text{volti,} \quad (17)$$

millest indutseeritud pinge maksimaalväärtus ehk amplituud

$$E_m = \frac{e}{\sin \alpha} \text{ volti.} \quad (17a)$$

Siinus- ja koosinusväärtused on antud tabelis 7.

Efektiihväärtus ( $U$  või  $J$ ) ja maksimumväärtus ( $J_m$  või  
 $U_m$ ) on seotud järgmiselt:

$$\boxed{U_m = U \cdot \sqrt{2}} \quad \text{volti,} \quad (18)$$

$$\boxed{J_m = J \cdot \sqrt{2}} \quad \text{amprit,} \quad (19)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \text{ volti,} \quad (18a)$$

$$J = \frac{J_m}{\sqrt{2}} \text{ amprit.} \quad (19a)$$

Transformaatoril on keerdude arvu ja tühikäigu pinge  
 vahel järgmine seos (tühikäigu ehk tühijooksu pinge vastab  
 praktiliselt indutseeritud pingele):

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}} \quad (20)$$

$E_1$  on pinge ja  $w_1$  keerdude arv primaarmähisel,  $E_2$  — pinge ja  $w_2$  keerdude arv sekundaarmähisel.

Transformaatori koormusvoolu ja keerdude arvude vahel on seos praktiliselt järgmine:

$$\boxed{\frac{J_1}{J_2} = \frac{w_2}{w_1}} \quad (21)$$

$J_1$  on vool primaarmähises,  $J_2$  — sekundaarmähises.

Eelmisele valemile (21) võib anda teise kuju, millest nähtub, et amperkeerdude arvud (s. o. vool korda keerdude arv) on mõlemas mähises praktiliselt võrdsed.

$$J_1 \cdot w_1 = J_2 \cdot w_2 \quad (21a)$$

Pöörivooludest tingitud energiakadusid trafoplekis arvu-  
tame ligikaudselt valemist:

$$\boxed{N_P = \frac{B^2 \cdot V \cdot f^2 \cdot \delta^2}{5 \cdot 10^9}} \text{ vatti,} \quad (22)$$

kus  $B$  on väljatihedus gaussides,  $V$  raua maht ( $\text{dm}^3$ ),  $f$  sagedus (Hz) ja  $\delta$  pleki paksus millimeetrites.

Vahelduvvoolu puhul näivvoolu ( $J_n$ ) olenevus tegev-  
voolust ( $J$ ) ja ebavoolust ( $J_e$ ) on järgmine:

$$\boxed{J_n = \sqrt{J^2 + J_e^2}} \quad (23)$$

$$J = J_n \cdot \cos \varphi, \quad (23a)$$

$$J_e = J_n \cdot \sin \varphi.$$

Ohmi seadus, laiendatuna vahelduvvoolule:

$$\boxed{J = \frac{U}{Z}} \text{ amprit,} \quad (24)$$

kus  $Z$  on näivtakistus (oomides).

Näivtakistus koosneb tegevtakistusest  $R_t$  ja ebatakistusest  $X$ . Oomiline takistus vahelduvvooluga on tavaliselt suurem kui alalisvooluga ja nimelt pinnanähtuse tõttu.

Näivtakistus:

$$\boxed{Z = \sqrt{R_t^2 + X^2}} \text{ oomi,} \quad (25)$$

millest tegevtakistus

$$R_t = Z \cdot \cos \varphi \text{ oomi} \quad (25a)$$

ja ebatakistus

$$X = Z \cdot \sin \varphi \text{ oomi.} \quad (25b)$$

On vooluringis tegevtakistus  $R_p$ , induktiivtakistus  $X_L$  ja mahtuvustakistus  $X_C$  järjestikku, siis näivtakistus

$$\boxed{Z = \sqrt{R_t^2 + (X_L - X_C)^2}} \text{ oomi;} \quad (26)$$

on need rööbiti; siis:

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R_t}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2} \quad (26a)$$

Induktiivtakistust  $X_L$  arvutame järgnevalt, kus  $L$  on ringi või selle osa induktiivsus henrites:

$$\boxed{X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} \text{ oomi.} \quad (27)$$

Mahtuvustakistust  $X_C$  arvutame alltoodud valemi järgi, kus  $C$  on ringis asetsev mahtuvus faradites:

$$\boxed{X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}} \quad \text{oomi.} \quad (28)$$

On mahtuvus antud praktikas kasutatud ühikutes mikrofaradites, siis tuleb see enne muuta faraditeks ( $1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F}$ ).

Kinnise raudrõngaga pooli induktiivsust henrites (H) saame arvutada valemiga

$$\boxed{L = \frac{1,25 \cdot \mu \cdot S \cdot w^2}{l \cdot 10^8}} \quad \text{henrit,} \quad (29)$$

kus  $w$  on pooli keerdude arv,  $\mu$  — poolisüdamiku permeaabelus,  $S$  — pooli ristpindala ruutsentimeetrites ja  $l$  — pooli südamiku keskmine pikkus sentimeetrites.

Küllalt pika rauata pooli induktiivsust saame arvutada sama valemiga 29, kuid siis on  $\mu = 1$ .

Teadmiseks:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ H} = 1000 \text{ mH} & 1 \text{ mH} = 0,001 \text{ H} \\ 1 \text{ H} = 1\,000\,000 \mu\text{H} & 1 \text{ mH} = 1\,000\,000 \text{ cm} \\ 1 \text{ H} = 10^9 \text{ cm} & 1 \mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H} \\ & 1 \mu\text{H} = 1000 \text{ cm} \end{array}$$

Järjestikku ühendatud induktiivsused liituvad:

$$\boxed{L = L_1 + L_2 + L_3 + \dots} \quad (30)$$

Rööbiti ühendatud induktiivsuste pöördväärtused liituvad:

$$\boxed{\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots} \quad (31)$$

Kondensaatori mahtuvuse arvutamist teostame järgmise valemi abil:

$$C = \frac{S \cdot (n-1) \cdot \varepsilon}{0,9 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot \pi \cdot d} \quad \text{mikrofaradit,} \quad (32)$$

kus  $S$  on ühe kondensaatori plaadi ühepoolne pind ruutsentimeetrites,  $n$  — plaatide arv,  $\varepsilon$  — dielektriku konstant (vt. tabel 8) ja  $d$  — plaatidevaheline kaugus sentimeetrites.

T e a d m i s e k s :

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} & 1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F} \\ 1 \text{ F} = 10^{12} \text{ pF} & 1 \mu\text{F} = 10^6 \text{ pF} \\ 1 \text{ F} = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm} & 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^5 \text{ cm} \\ 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F} & 1 \text{ pF} = 0,9 \text{ cm} \end{array}$$

Rööbiti ühendatud kondensaatorite mahtuvused liituvad:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (33)$$

Järjestikku ühendatud kondensaatorite mahtuvuste pöördväärtused liituvad:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (34)$$

Vahelduvvoolu võimsusi arvutame järgmiselt:

Näivvõimsus

$$N_n = U \cdot J \quad \text{voltamprit.} \quad (35)$$

Tegevvõimsus

$$N = U \cdot J \cdot \cos \varphi \quad \text{vatti.} \quad (36)$$

Ebavõimsus

$$N_z = U \cdot J \cdot \sin \varphi \quad \text{var'i.} \quad (37)$$

Seos näivvõimsuse, tegevvõimsuse ja ebavõimsuse vahel:

$$N_n = \sqrt{N^2 + N_z^2} \quad (38)$$

Keerdvoolu puhul, kui ühendus on tähtlülituses ja faasipinge on  $U_f$ , arvutame üld- ehk liinipinget järgmiselt:

$$U = \sqrt{3} \cdot U_f \quad \text{volti} \quad (39)$$

ja faasipinget:

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} \quad \text{volti.} \quad (39a)$$

Üldvool ja faasivool on tähtlülituse puhul võrdsed, s. o.

$$J = J_f$$

On ühendus (keerdvoolu puhul) kolmnurklülituses, siis liinipinge ja faasipinge on võrdsed, s. o.  $U = U_f$ , liinivool aga on:

$$J = \sqrt{3} \cdot J_f \quad \text{amprit} \quad (40)$$

ja faasivool:

$$J_f = \frac{J}{\sqrt{3}} \quad \text{amprit.} \quad (40a)$$

Keerdvoolu puhul, kui faasid omavad ühtlast koormust, arvutame võimsust (tegevvõimsust) järgmiselt:

$$N = \sqrt{3} \cdot J \cdot U \cdot \cos \varphi \quad \text{vatti.} \quad (41)$$

Nagu näeme, omab keerdvoolu võimsuse arvutamise valem peaaegu sama kuju mis valem 36, ainult et esineb veel lisategur  $\sqrt{3}$ . Ka näivvõimsuse ja ebavõimsuse leiame keerdvoolu puhul, kui valemeile 35 ja 37 lisame juurde teguri  $\sqrt{3}$ .

Eetrilainetuse puhul on laine levimise kiirus 300 000 km/s. Lainepikkust arvutame valemiga:

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{f} \text{ meetrit,} \quad (42)$$

ja sagedust

$$f = \frac{300\,000\,000}{\lambda} \text{ Hz.} \quad (42a)$$

Resonantsi puhul vahelduvvooluga:

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (43)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{C \cdot L}} \quad (43a)$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C \cdot L}} \quad (43b)$$

Eeltoodud valemis on mahtuvus  $C$  faradites, induktiivsus  $L$  henrites.

## ÜLESANDEID LAHENDUSNÄIDETEGA.

**259.** Kui suur on vahelduvvoolu sagedus, kui generaator omab ühte poolusepaari ja pöörete arv minutis on 3000? (14)

$$f = \frac{p \cdot n}{60} = \frac{1 \cdot 3000}{60} = 50 \text{ Hz.}$$

**260.** Milline on sagedus, kui generaator teeb 3000 pööret minutis ja poolusepaare on 8? (14)

**261.** Kui suur peab olema vahelduvvoolu generaatori rootori pöörete arv, mis omab 3 poolusepaari, et vahelduvvoolu sagedus oleks 50 perioodi sekundis? (14a)

262. Elektriraudteed toidetakse ühefaasise vahelduvvooluga, mille sagedus on  $16\frac{2}{3}$ . Generaatori rootor, mis sellele raudteele toodab elektrienergiat, teeb 250 pööret minutis. Kui suur on poolusepaaride arv? (14b)

$$p = \frac{60 \cdot f}{n} = \frac{60 \cdot 16\frac{2}{3}}{250} = \frac{60 \cdot \frac{50}{3}}{250} = \frac{60 \cdot 50}{250 \cdot 3} = 4 \text{ poolusepaari.}$$

263. Kui suur on 50 p/s sagedusega vahelduvvoolu nurkkiirus? (15)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314$$

264. Kui suur on vahelduvvoolu nurkkiirus, mille sagedus on  $16\frac{2}{3}$ ? (15)

265. Milline sagedus vastab nurkkiirusele 628 000? (15a)

266. Kui suur elektromotoorne jõud indutseeritakse 600 mm pikkuses juhtmes, milline kiirusega 20 meetrit sekundis lõikab magnetvälja, mille tihedus  $B = 10\,000$  gaussi? (16)

$$e = \frac{B \cdot v \cdot l}{100\,000\,000} = B \cdot v \cdot l \cdot 10^{-8} = 10\,000 \cdot 2000 \cdot 60 \cdot 10^{-8} = 12 \text{ V.}$$

267. Magnetvälja tihedus, milles liikus 1 m/s kiirusega 10 cm pikkune juhe, oli 1730 gaussi. Mitme voldiline oli indutseeritud pinge? (16)

268. Vahelduvvoolu maksimaalväärtus oli 5000 volti. Kui suured on momentväärtused  $\alpha = 30^\circ$  ja  $\alpha = 60^\circ$  puhul? (17) Siinuse ja koosinuse väärtused vaadata tabelis 7.

$$e = E_m \cdot \sin 30^\circ = 5000 \cdot 0,5 = 2500 \text{ V,}$$

$$e = E_m \cdot \sin 60^\circ = 5000 \cdot 0,866 = 4330 \text{ V.}$$

269. Maksimaalväärtus vahelduvvoolul oli 550 V. Joonistada kõver, kuhu on kantud momentväärtused, kui  $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 85^\circ, 90^\circ$ ? (17)

270. Momendil, kui  $\alpha$  oli  $72^\circ$ , oli vahelduvvoolu pinge momentväärtus 196 V. Kui suur on pinge maksimaalväärtus? (17a)

271. Kui suur on vahelduvpinge maksimaalväärtus, kui voltmeeter (mis näitab ju efektiivpinget) osutab 380 V? (18)

$$U_m = U \cdot \sqrt{2} = 380 \cdot 1,415 = 538 \text{ V.}$$

272. Milliseid maksimaalväärtusi omab vahelduvvool, mille pinge on 35 kV ja vool 0,125 kA? (18), (19)

273. Millisele vahelduvpingele peab vastu kondensaator, millele on märgitud, et alaline tööpinge on 350 V? (18a)

$$U = \frac{350}{\sqrt{2}} = 248 \text{ V} \approx 250 \text{ V.}$$

M ä r g e: Eeltoodud ülesandes tähistatakse seda, et vahelduvvoolu puhul 250 V pinge tipud — momentväärtused — ulatuvad 350 voldini ja sellise pingeni on kondensaator läbilöögikindel.

274. Kui kõrge vahelduvpingega võib kasutada kaablit, mida alalispinge puhul on lubatud kasutada kuni 1000 V-ni? (18a)

275. Transformaatori primaar- ja sekundaarmähiste keerdude arvud suhtuvad kui 1 : 18,5. Milline pinge (tühi-käigupinge) indutseeritakse sekundaarmähises, kui trafo madalpinge poolel on pinge 6000 V? (20)

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}; \quad E_2 = E_1 \cdot \frac{w_2}{w_1} = 6000 \cdot \frac{18,5}{1} = 111\,000 \text{ V} = 111 \text{ kV.}$$

276. Raadioaparaadi võrgutrafo primaarmähis on sobitatud 220 V pingele ja omab 1820 keerdu. Kui suur on keerdude arv sekundaarmähises, kus on vaja pingeid: a) 2 korda 350 V; b) 5 V ja c) 6,3 V? (20)

277. Transformaatoriga on vaja 15 kV pinget transformeerida 250 V (tühikäigupingele). Kui suur on keerdude arv kõrgepinge poolel, kui madalpinge mähise keerdude arv on 400? (20)

278. Trafo omab primaarmähises 47 keerdu, sekundaarmähises 3200 keerdu. Milline pinge esineb sekundaarmähises, kui primaarmähises on pinge 220 V? (20)

279. Trafo, milles primaarpoolel täiskoormusel voolab 20 A vool, omab 3000 keeruga primaarmähist ja 200 keeruga sekundaarmähist. Kui suur on sekundaarvool? (21)

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{w_2}{w_1}; \quad J_2 = J_1 \cdot \frac{w_1}{w_2} = 20 \cdot \frac{3000}{200} = 300 \text{ A.}$$

280. Generaatori ankur on koostatud 0,5 mm paksusest dünamoplekist. Kui suur on ligikaudne pöörivoolu kadu rauas, kui väljatihedus  $B = 14\,600$  gaussi, voolu sagedus — 50 Hz ja ankru raua maht — 86,5 dm<sup>3</sup>? (22)

$$N_P = \frac{B^2 \cdot V \cdot f^2 \cdot \delta^2}{5 \cdot 10^9} = \frac{14\,600^2 \cdot 86,5 \cdot 50^2 \cdot 0,5^2}{5 \cdot 10^9} = 2300 \text{ W.}$$

281. Kui suur on eelmises ülesandes kadu vattides rauas ühe kilogrammi kohta?

282. Kui suur on ülesandes 280 kadu rauas, kui pleki paksus on 0,5 mm asemel 0,3 mm?

283. Trafo südamik on koostatud 0,5 mm paksusest plekist ja kaalub 1156 kg (erikaal trafoplekil 7,7). Kui suur

on väljatiheduse  $B = 12\ 000$  gausi puhul kadu rauas, kui sagedus on  $16\frac{2}{3}$  Hz? (22)

284. Vahelduvvoolu mootor võtab võrgust 18 A tegev-  
voolu ja 15 A ebavoolu. Mitu amprit näitab mootori voolu-  
ringi ühendatud ampermeeter? (23)

$$J_n = \sqrt{J^2 + J_e^2} = \sqrt{18^2 + 15^2} = \sqrt{324 + 225} = \sqrt{549} = 23,4 \text{ A.}$$

285. Kui suur on eelmises ülesandes toodud mootori  
puhul  $\cos \varphi$ ? (23a)

$$J = J_n \cdot \cos \varphi; \quad \cos \varphi = \frac{J}{J_n} = \frac{18}{23,4} = 0,77.$$

286. Vooluringis, mille  $\cos \varphi = 0,9$ , on vool 68 A. Kui  
suur on tegev- ja ebavool? (23a) ja (23b)

$$J = J_n \cdot \cos \varphi = 68 \cdot 0,9 = 61,2 \text{ A,}$$

$$J_e = J_n \cdot \sin \varphi = 68 \cdot 0,438 = 29,8 \text{ A.}$$

287. Vahelduvvoolu mootori tegev-  
vool on 8 A ja ebavool 6,45 A. Kui suur on  $\cos \varphi$ ? (23) ja (23a)

288. Vahelduvvoolu ringis on 230 V pingepuhul vool  
26,5 A. Kui suur on vooluringi näivtakistus? (24)

$$J = \frac{U}{Z}; \quad Z = \frac{U}{J} = \frac{230}{26,5} = 8,68 \ \Omega.$$

289. Pingepuhul 98 mV tekitab vooluringis 27 mA voolu. Kui  
suur on vooluringi näivtakistus? (24)

290. Näivtakistusele  $137 \ \Omega$  on ühendatud pingepuhul 0,108 V.  
Kui suur on vool? (24)

291. Kui suur on vahelduvvoolu ringi näivtakistus, kui tegevtakistus on  $25 \Omega$  ja ebatakistus on  $8 \Omega$ ? (25)

$$Z = \sqrt{R_t^2 + X^2} = \sqrt{25^2 + 8^2} = \sqrt{689} = 26,2 \Omega.$$

292. Otsitav on näivtakistus, kui tegevtakistus on  $0,3 \Omega$  ja ebatakistus  $192 \Omega$ . (25)

293. Vahelduvvoolu ringis, mille oomiline takistus on  $35 \Omega$ , tekitab  $220 \text{ V}$  pingega  $5 \text{ A}$  voolu. Kui suur on ebatakistus? (24) ja (25)

Näivtakistus:

$$Z = \frac{U}{J} = \frac{220}{5} = 44 \Omega,$$

$$Z = \sqrt{R_t^2 + X^2};$$

siit ebatakistus:

$$\begin{aligned} X &= \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{44^2 - 35^2} = \sqrt{1936 - 1225} = \\ &= \sqrt{711} = 26,6 \Omega. \end{aligned}$$

294. Vahelduvvoolu ringile mõjub pingega  $120 \text{ V}$  ja tekitab voolu  $4 \text{ A}$ . Vooluringi  $\cos \varphi = 0,9$ . Kui suur on näivtakistus, tegevtakistus ja ebatakistus? (24), (25a), (25b)

$$Z = \frac{U}{J} = \frac{120}{4} = 30 \Omega,$$

$$R_t = Z \cdot \cos \varphi = 30 \cdot 0,9 = 27 \Omega,$$

$$X = Z \cdot \sin \varphi = 30 \cdot 0,438 = 13,1 \Omega.$$

295. Tarbija  $\cos \varphi = 0,59$  näivtakistus on  $0,69 \Omega$ . Kui suur on ebatakistus ja tegevtakistus? (25b), (25a)

296. Vooluringis on järjestikku ühendatud paispool, mille oomiline takistus on  $R = 12 \Omega$  ja induktiivne ebatakistus

$X_L = 20 \Omega$ , ning kondensaator, mille ebatakistus  $X_C = 24 \Omega$ .  
Kui suur on vooluringi näivtakistus? (26)

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R_t^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{12^2 + (20 - 24)^2} = \\ &= \sqrt{144 + (-4)^2} = \sqrt{144 + 16} = \sqrt{160} = 12,65 \Omega. \end{aligned}$$

297. Vooluringis on järjestikku ühendatud oomtakistus  $0,3 \Omega$ , induktiivtakistus  $16,1 \Omega$  ja mahtuvustakistus  $1,9 \Omega$ .  
Leida näivtakistus. (26)

298. Bifilaarselt keritud  $40 \Omega$  takisti, induktiivtakisti  $220 \Omega$  ja kondensaator, mille takistus teadmata, on ühendatud järjestikku  $220 \text{ V}$  pingega, kusjuures voolutugevus on  $2 \text{ A}$ . Kui suur on kondensaatori mahtuvuslik ebatakistus? (26), (24)

299. Tegevtakistus  $8,5 \Omega$  ja ebatakistus  $17 \Omega$  on lülitatud rööbiti. Kui suur on näivtakistus? (26a)

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z} &= \sqrt{\left(\frac{1}{R_t}\right)^2 + \left(\frac{1}{X}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{8,5}\right)^2 + \left(\frac{1}{17}\right)^2} = \\ &= \sqrt{0,1175^2 + 0,0588^2} = \sqrt{0,0138 + 0,0035} = \\ &= \sqrt{0,0173} = 0,1315, \\ Z &= \frac{1}{0,1315} = 7,6 \Omega. \end{aligned}$$

300. Kui suur on näivtakistus, kui tegevtakistus  $20 \Omega$ , induktiivne takistus  $30 \Omega$  ja mahtuvuslik takistus  $120 \Omega$  on ühendatud rööbiti? (26a)

301. Kui suur on ebatakistus poolil induktiivsusega  $0,25 \text{ H}$   $50 \text{ Hz}$  sageduse juures? (27)

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot 50 \cdot 0,25 = 78,5 \Omega.$$

302. Raadioaparaadi paispooli induktiivsus on 1,6 mH. Kui suur on paispooli ebatakistus 500 kHz sageduse puhul? (27)

303. Paispooli induktiivsus on 0,08 H, oomiline takistus 2,16  $\Omega$ . Kui suur on pooli näivtakistus 800 Hz sageduse puhul? (27), (25)

304. Kui suurt mahtuvustakistust omab 2  $\mu\text{F}$  kondensaator 50 Hz sageduse puhul? (28) või (28a)

$$2 \mu\text{F} = 0,000\ 002 \text{ F},$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{6,28 \cdot 50 \cdot 0,000\ 002} = 1592 \Omega.$$

305. Kui suur on mahtuvuslik ebatakistus 0,05  $\mu\text{F}$  kondensaatoril 1 kHz sageduse juures? (28a)

306. 10  $\mu\text{F}$  kondensaatori ebatakistus oli 300  $\Omega$ . Kui suur oli sagedus? (28a)

307. Kui suur on kondensaatori mahtuvus, kui tema takistus 50 Hz sageduse puhul on 800  $\Omega$ ? (28a)

308. 220-voldilise vahelduvvoolu võrku soovitakse ühendada taskulambi pirnike 3,5 V/0,15 A, kusjuures voolu piirajana kasutatakse kondensaatorit. Kui suur peab olema kondensaatori mahtuvus? Kui suur peaks olema eeltakisti, mis asendaks kondensaatorit? Kui suur on võimsuse kasutus kondensaatori puhul ja kui suur eeltakisti puhul? Kumba voolupiiramise moodust on antud juhul otstarbekam kasutada?

309. Kui suur on omainduktsiooni koefitsient henrites rauata poolil, mille pikkus on 120 mm ja keskmine läbimõõt 66,8 mm, kui ta omab 850 keerdu? (29)

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 6,68^2}{4} = 35 \text{ cm}^2,$$

$$L = \frac{1,25 \cdot \mu \cdot S \cdot w^2}{l \cdot 10^8} = \frac{1,25 \cdot 1 \cdot 35 \cdot 850^2}{12 \cdot 10^8} = 0,0265 \text{ H}.$$

**310.** Pooli kehale on keritud 200 mm pikkuselt keerd keeru kõrvale üks kiht lakkisolatsiooniga traati, mille läbimõõt on 0,5 mm. Pooli keha läbimõõt on 50 mm. Kui suur on pooli induktiivsus? (29)

**Märge:** Esmajärjekorras arvutada, mitu keerdu mahub 200 mm pikkuse pooli kehale, kasutades tab. 2 abi.

**311.** Poolile on keritud 1500 keerdu ja selle induktiivsus on 29,5 mH. Pooli ristpindala on 1800 mm<sup>2</sup>. Kui pikk on pool? (29)

**312.** Solenoidi pikkus on 12 cm ja südamikü permeaablus  $\mu = 135$ . Kui suur on keerdude arv, kui solenoidi ristpindala on 28,2 cm<sup>2</sup> ja omainduktsiooni tegur on 0,325 H? (29)

**313.** Kui suur on rauata pooli induktiivsus, kui pool omab 60 keerdu, pooli pikkus on 42 mm ja pooli läbimõõt 40 mm? (29)

**314.** Poolid induktiivsustega 0,9 H, 1,11 H ja 0,37 H on ühendatud järjestikku. Kui suur on kogu induktiivsus? (30)

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 0,9 + 1,11 + 0,37 = 2,38 \text{ H}.$$

**315.** Kõrgesagedus-paispoolid, millede omainduktsiooni koefitsiendid  $L_1 = 4200 \mu\text{H}$ ,  $L_2 = 190\,000 \text{ cm}$  ja  $L_3 = 0,0088 \text{ H}$ , on ühendatud järjestikku. Kui suur on kogu induktiivsus millihenrites? (30)

316. Kaks induktiivsust 0,7 H ja 350 mH on ühendatud rööbiti. Kui suur on kogu induktiivsus? (31)

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} = \frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,35} = 1,43 + 2,86 = 4,29$$

$$L = \frac{1}{4,29} = 0,234 \text{ H.}$$

317. Kolm paispooli, millede omainduktsiooni tegurid on:  $L_1 = 0,5 \text{ H}$ ;  $L_2 = 1,2 \text{ H}$  ja  $L_3 = 2,5 \text{ H}$ , on ühendatud paralleelselt. Kui suur on kogu seadise induktiivsus? (31)

318. Kondensaator omab 13 õhuga isoleeritud ( $\varepsilon = 1$ ) plaati, plaadi suurus on  $16 \text{ cm}^2$ , plaatide kaugus  $0,4 \text{ mm}$ . Kui suur on kondensaatori mahtuvus pF-ites? (32)

$$C = \frac{S \cdot (n - 1) \cdot \varepsilon}{0,9 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot \pi \cdot d} = \frac{16 \cdot 12 \cdot 1}{0,9 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 0,04} = \\ = 0,000 425 \mu\text{F} = 425 \text{ pF.}$$

319. Kui suur on eelmises ülesandes toodud kondensaatori mahtuvus sentimeetrites?

320. Kondensaator oli koostatud 191 plaadist, millede vahel asus  $0,08 \text{ mm}$  paksune vilgukivi ( $\varepsilon = 7,5$ ). Plaadi mõõdud olid  $60 \text{ mm}$  korda  $85 \text{ mm}$ . Kui suur on kondensaatori mahtuvus? (32)

321. Raadioamatöör ühendas, kuna tal puudus sobiva suurusega kondensaator, rööbiti 2 kahe-mikrofaradilist ja 3 à  $1 \mu\text{F}$  kondensaatorit. Kui suur oli saadud kogumahtuvus? (33)

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots = 2 + 2 + 1 + 1 + 1 = 7 \mu\text{F.}$$

322. Kondensaator, mille mahtuvus oli  $8 \mu\text{F}$ , oli koostatud kuuest üksikust rööbiti ühendatud kondensaatorist, mil-

lede mahtuvused olid võrdsed. Kui suur oli üksiku kondensaatori mahtuvus?

323. Raadioaparaadi skeemis oli ühendatud järjestikku kolm kondensaatorit:  $C_1 = 0,2 \mu\text{F}$ ;  $C_2 = 0,4 \mu\text{F}$  ja  $C_3 = 0,8 \mu\text{F}$ . Kui suur on kogumahtuvus? (34)

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,8} = 5 + 2,5 + 1,25 = 8,75.$$

$$C = \frac{1}{8,75} = 0,114 \mu\text{F}.$$

324. Järjestikku on ühendatud kondensaatorid 900 000 cm ja 0,000 71  $\mu\text{F}$ . Kui suur on kogumahtuvus? (34)

325. Vaskjuhe, mille ristlõige on 50 mm<sup>2</sup>, omab 2 km pikkust ja 50 Hz sagedusega voolu läbimisel induktiivsust 0,005 H. Kui suur on selle juhtme näivtakistus? (2), (27), (25)

$$R = \frac{\rho \cdot l}{q} = \frac{0,0175 \cdot 2000}{50} = 0,7 \Omega,$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot 50 \cdot 0,005 = 1,57 \Omega,$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0,7^2 + 1,57^2} = \sqrt{2,95} = 1,72 \Omega.$$

326. Pooli induktiivsus 600 Hz puhul oli 69 mH ja ta oli keritud vasktraadist, mille läbimõõt 0,08 mm ning pikkus 114 meetrit. Kui suur on pooli näivtakistus? (3), (2), (27), (25)

327. Vahelduvvoolu ringis on 4-pooluseline generaator, mis teeb 1800 pööret minutis. Vooluringi välise osa induktiivsus  $L = 25,5$  mH ja see koosneb 35-mm raudjuhtmest, mille pikkus on 400 m. Kui suur on vooluringi välise osa näivtakistus? (14), (25), (27), (2)

328. Vooluringi tegevtaakistus on  $128 \Omega$  ja induktiivsus  $0,23 \text{ H}$ . Kui suur peab olema pinge, et  $50 \text{ Hz}$  sagedusega vool oleks tugevusega  $5 \text{ A}$ ? (24), (25), (27)

329. Kaks pooli  $200 \text{ mH}$  ja  $600 \text{ mH}$  on ühendatud järjestikku ja asetsevad paralleelselt pooliga, mille induktiivsus on  $0,4 \text{ H}$ . Kui suur on kogu seadise omainduktsiooni tegur, ebataakistus ja vool, kui seadis on ühendatud  $220 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$  võrguga ja seadme tegevtaakistus on  $50 \Omega$ ? (24), (25), (27), (30), (31)

$$L' = L_1 + L_2 = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ H},$$

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L'} + \frac{1}{L_3} = \frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,4} = 1,25 + 2,5 = 3,75 \frac{1}{\text{H}},$$

$$L = \frac{1}{3,75} = 0,267 \text{ H},$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot 50 \cdot 0,267 = 83,8 \Omega,$$

$$Z = \sqrt{R_t^2 + X^2} = \sqrt{50^2 + 83,8^2} = \sqrt{9520} = 97,6 \Omega;$$

$$J = \frac{U}{Z} = \frac{220}{97,6} = 2,25 \text{ A}.$$

330. Kui suur on näivtaakistus ja vool ringis, mis koosneb järjestikku ühendatud takistist  $200 \Omega$  ja kondensaatorist  $6 \mu\text{F}$ , kui pinge on  $220 \text{ V}$  ja sagedus  $50 \text{ Hz}$ ? (24), (25), (28a)

$$X_C = \frac{10^6}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1\,000\,000}{6,28 \cdot 50 \cdot 6} = 530 \Omega \text{ jne.}$$

331. Takisti  $20 \Omega$ , paispool induktiivsusega  $0,5 \text{ H}$  ja oomilise takistusega  $5 \Omega$  ning kondensaator mahtuvusega  $10 \mu\text{F}$  on ühendatud järjestikku ja toidetakse  $120 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$  pingega. Kui suur on näivtaakistus ja vool? (24), (26), (27), (28a)

$$R = 20 + 5 = 25 \Omega,$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot 50 \cdot 0,5 = 157 \Omega,$$

$$X_C = \frac{1\,000\,000}{6,28 \cdot f \cdot C} = \frac{1\,000\,000}{6,28 \cdot 50 \cdot 10} = 318 \Omega,$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{25^2 + (157 - 318)^2} = \\ = \sqrt{25^2 + (-161)^2} = \sqrt{625 + 25\,950} = \sqrt{26\,575} = 163 \Omega,$$

$$J = \frac{U}{Z} = \frac{120}{163} = 0,736 \text{ A.}$$

**332.** Oomiline takistus  $125 \Omega$ , paispool  $400 \text{ mH}$  ja kondensaatorpatarei  $20 \mu\text{F}$  on ühendatud rööbiti ja toidetakse  $110 \text{ V}$ ,  $60 \text{ Hz}$  pingega. Kui suur on näivtakistus ja koguvool? Paispooli oomiline takistus on suhteliselt nii väike, et ei kuulu arvestamisele. (24), (26a), (27), (28a)

**333.** Ringis vahelduvpingega  $220 \text{ V}$  voolab  $35 \text{ A}$ , kusjuures  $\cos \varphi = 0,8$ . Kui suur on tegev- ja ebavool, tegev võimsus, ebavõimsus ja näiv võimsus? (23a), (23b), (35), (36), (37)

$$J = J_n \cdot \cos \varphi = 35 \cdot 0,8 = 28 \text{ A,}$$

$$J_e = J_n \cdot \sin \varphi = 35 \cdot 0,6 = 21 \text{ A,}$$

$$N = U \cdot J_n \cdot \cos \varphi = U \cdot J = 220 \cdot 28 = 6160 \text{ W,}$$

$$N_s = U \cdot J_n \cdot \sin \varphi = U \cdot J_e = 220 \cdot 21 = 4620 \text{ var'i,}$$

$$N_n = U \cdot J_n = 220 \cdot 35 = 7700 \text{ VA.}$$

**334.** Kui suur on ühefaasise vahelduvvoolu mootori võimsus, mis  $550 \text{ V}$  võrguga ühendatuna võtab  $42 \text{ A}$ , kui  $\cos \varphi = 0,83$ ? (36)

**335.** Millist voolu võtab vahelduvvoolu mootor  $220 \text{ V}$  pingega võrgust, kui mootori tegev võimsus on  $3,6 \text{ kW}$  ja võimsustegur on  $0,85$ ? (36)

336. Paispool omab voolu 15,15 A puhul võimsust 1,250 kW ja võimsustegurit  $\cos \varphi = 0,55$ . Millise pingega on ta ühendatud? (36)

337. Vahelduvvoolu mootori klemmidele saabub pinge, tingituna suurest pingelangusest, 190 V. Vool on 16 A ja võimsus 2540 W. Kui suur on  $\cos \varphi$ ? (36)

$$\cos \varphi = \frac{N}{U \cdot J_n} = \frac{2940}{190 \cdot 16} = 0,835.$$

338. Kui suur on mootori võimsustegur, mille näivvõimsus on 9350 VA ja millega ühendatud vattmeeter näitab 7,95 kW võimsust? (35), (36)

$$\cos \varphi = \frac{N}{U \cdot J_n} = \frac{N}{N_n} = \frac{7950}{9350} = 0,85,$$

sest

$$N_n = U \cdot J_n = 9350 \text{ VA}.$$

339. Millist kasutegurit omab ühefaasine trafo, millesse primaarpoolel siseneb 74,4 kVA ja sekundaarpoolest väljub 133 A, 500 V? Võimsustegur  $\cos \varphi_1$  primaarpoolel on 0,86 ja sekundaarpoolel  $\cos \varphi_2 = 0,9$ . (36)

Primaarne võimsus:

$$\begin{aligned} N_1 &= U_1 \cdot J_{n_1} \cdot \cos \varphi_1 = N_{n_1} \cdot \cos \varphi_1 = \\ &= 74\,400 \cdot 0,86 = 64\,000 \text{ W}. \end{aligned}$$

Sekundaarne võimsus:

$$N_2 = U_2 \cdot J_{n_2} \cdot \cos \varphi_2 = 500 \cdot 133 \cdot 0,9 = 60\,000 \text{ W}.$$

Kasutegur:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{60\,000}{64\,000} = 0,938 = 93,8\%.$$

340. Kui suur on mootori ebavõimsus, mis  $\cos \varphi = 0,82$  puhul võtab võrgust võimsust 5,22 kW? (36), (37)

$$N = U \cdot J_n \cdot \cos \varphi = N_n \cdot \cos \varphi; \quad N_n = \frac{N}{\cos \varphi} = \frac{5220}{0,82} = 6370 \text{ VA};$$

$$N_z = U \cdot J_n \cdot \sin \varphi = N_n \cdot \sin \varphi = 6370 \cdot 0,57 = 3630 \text{ var'i} = 3,63 \text{ kilovar'i.}$$

341. Vahelduvvoolu generaator on suuteline  $\cos \varphi = 0,6$  juures arendama võimsust 3000 kW. Kui suur on generaatori näivvõimsus ja kui suur on maksimaalne näivvool, kui pinge on 6000 V? (35), (36)

$$N = U \cdot J_n \cdot \cos \varphi; \quad U \cdot J_n = N_n; \quad N = N_n \cdot \cos \varphi.$$

Neist valemeist:

$$N_n = \frac{N}{\cos \varphi} = \frac{3000}{0,6} = 5000 \text{ kVA},$$

$$J_n = \frac{N_n}{U} = \frac{5\,000\,000}{6000} = 833 \text{ A.}$$

342. 125 V generaator annab  $\cos \varphi = 0,65$  juures võimsust 275 kW. Kui suur on näivvool? (35), (36)

343. Kui suure tegev võimsusega võib koormata trafot, mille sildil on märgitud 125 kVA,  $\cos \varphi = 0,7$ , ja kui suur on ebavõimsus? (35), (36), (38)

$$N = U \cdot J_n \cdot \cos \varphi = N_n \cdot \cos \varphi = 125 \cdot 0,7 = 87,5 \text{ kW},$$

$$N_n = \sqrt{N^2 + N_z^2}; \quad N_n^2 = N^2 + N_z^2; \quad N_z^2 = N_n^2 - N^2;$$

$$N_z = \sqrt{N_n^2 - N^2} = \sqrt{125^2 - 87,5^2} = \sqrt{15\,625 - 7660} = 89 \text{ kvar'i.}$$

344. Tarbijaga ühendatud vattmeeter näitab võimsust 2 kW, samal ajal voltmeeter näitab 219 V ja ampermeeter 10 A. Kui suur on  $\cos \varphi$  ja ebavõimsus? (35), (36), (38)

345. Vooluring koosneb järjestikku ühendatud oomilisest takistusest  $R = 40 \Omega$ , induktiivtakistusest  $X_L = 820 \Omega$  ja mahtuvustakistusest  $X_C = 790 \Omega$ . Vooluringis olev ampermeeter näitab 440 mA ja voltmeeter, mis on ühendatud paralleelselt takistustega, osutab 220 V. Leida tegevvoimsus. (26), (25a), (36)

346. Keerdvoolu generaator, mille mähised on tähtühenduses, toodab 6000 V, 577 A. Kui suured on pinged ja voolu faasiväärtused? (39a)

$$U_f = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{1,732} = 3460 \text{ V,}$$

$$J_f = J = 577 \text{ A.}$$

347. Tähtühenduses trafost väljub pinged 660 V. Kui suur on faasipinged? (39a)

348. Millisele pingele tuleb valida elektrilamp, kui nullliiniga keerdvoolu süsteemis on välisjuhtmete vaheline pinged 380 V ja elektrilamp tuleb ühendada välis- ja nulljuhtme külge? (39a)

349. Keerdvoolu trafol on primaarpoolel 1000, sekundaarpoolel 125 keerdu faasi kohta. Primaarpoolel pinged kahe juhtme vahel on 3000 V. Kui suur on tühikäigu pinged sekundaarpoolel, kui: a) trafo on ühendatud  $\wedge/\wedge$ -, b)  $\triangle/\triangle$ -, c)  $\wedge/\triangle$ -, d)  $\triangle/\wedge$ -lülitusse? (39), (20), (40)

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

Tühikäigu puhul võime kirjutada, et:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \text{ ja } \frac{U_{f1}}{U_{f2}} = \frac{w_1}{w_2};$$

siit:

$$U_{f2} = U_{f1} \cdot \frac{w_2}{w_1}$$

a)  $\text{Y}/\text{Y}$ -lülituses:

$$U_{f1} = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{3000}{\sqrt{3}} = 1732 \text{ V},$$

$$U_{f2} = U_{f1} \cdot \frac{w_2}{w_1} = \frac{1732 \cdot 125}{1000} = 217 \text{ V},$$

$$U_2 = U_{f2} \cdot \sqrt{3} = 217 \cdot \sqrt{3} = 375 \text{ V}.$$

b)  $\Delta/\Delta$ -lülituses:

$$U_{f1} = U_1 = 3000 \text{ V},$$

$$U_{f2} = U_{f1} \cdot \frac{w_2}{w_1} = \frac{3000 \cdot 125}{1000} = 375 \text{ V},$$

$$U_2 = U_{f2} = 375 \text{ V}.$$

c)  $\text{Y}/\Delta$ -lülituses:

$$U_{f1} = \frac{U_1}{\sqrt{3}} = \frac{3000}{\sqrt{3}} = 1732 \text{ V},$$

$$U_{f2} = U_{f1} \cdot \frac{w_2}{w_1} = \frac{1732 \cdot 125}{1000} = 217 \text{ V},$$

$$U_2 = U_{f2} = 217 \text{ V}.$$

d)  $\Delta/\text{Y}$ -lülituses:

$$U_{f1} = U_1 = 3000 \text{ V},$$

$$U_{f2} = U_{f1} \cdot \frac{w_2}{w_1} = \frac{3000 \cdot 125}{1000} = 375 \text{ V},$$

$$U_2 = U_{f2} \cdot \sqrt{3} = 375 \cdot \sqrt{3} = 650 \text{ V}.$$

350. Keerdvoolu mootori  $\cos \varphi = 0,85$ , pinge 380 V, vool 12,5 A. Kui suur on võimsus? (41)

$$N = \sqrt{3} \cdot J_n \cdot U \cdot \cos \varphi = 1,732 \cdot 380 \cdot 12,5 \cdot 0,85 = 7000 \text{ W} = 7 \text{ kW}.$$

351. Millisele pingele on sobitatud keerdvoolu mootor, mille vool on 25 A ja  $\cos \varphi = 0,91$  puhul omab võimsust 8,7 kW? (41)

352. Keerdvoolu generaatori pingele on 6000 V, vattmäär näitab 4,2 MW ja  $\cos \varphi$ -näitaja 0,77. Kui tugev vool läbib generaatorit? (41)

353. Keerdvoolu mootor 380 V, 12 A omab võimsust 6,2 kW. Kui suur on  $\cos \varphi$ ? (41)

354. Keerdvoolu generaator pingega 3000 V annab 96 A juures 400 kW. Kui suur on näivvõimsus, ebavõimsus ja  $\cos \varphi$ ? (41) ühes lisamärkusega, (38).

$$N_n = \sqrt{3} \cdot U \cdot J_n = 1,732 \cdot 3000 \cdot 96 = 500\,000 \text{ VA} = 500 \text{ kVA},$$

$$N_z = \sqrt{N_n^2 - N^2} = \sqrt{500^2 - 400^2} = \sqrt{250\,000 - 160\,000} = \sqrt{90\,000} = 300 \text{ kvar'i},$$

$$\cos \varphi = \frac{N}{\sqrt{3} \cdot J_n \cdot U} = \frac{400\,000}{1,732 \cdot 96 \cdot 3000} = 0,8.$$

355. Moskva lähedal asuva šaturi elektriijaama keerdvoolu generaator omab pinget 6000 V ja võimsust  $\cos \varphi = 0,9$  puhul 44 MW. Leida generaatori mähist läbiv vool. Mõõtmisel osutus, et tegelik võimsustegur tarbijate võrgus oli  $\cos \varphi = 0,6$ . Mitme ampri võrra suurem vool läbib  $\cos \varphi = 0,6$  puhul generaatorit sama tegev võimsuse puhul? (41)

356. Enne fašistide poolt purustamist oli Dnepri hüdroelektriijaama võimsus 500 MW ( $\cos \varphi = 0,9$ ). Millist võimsust võis anda see jaam, kui faasinihe  $\varphi = 35^\circ$ ?

357. Üks Taga-Kaukaasia hüdroelektrijaam omab kahte keerdvoolu generaatorit, mis kestval koormamisel osutavad näivvõimsust 14 MVA. Päeva jooksul (24 tunni jooksul) toodavad generaatorid kokku 268,8 MWh. Kui suur on elektrijaama võimsustegur? (35), (36) ja (9)

358. Elektrijaamas registreeris 24 tunni jooksul tegevõimsuse arvesti 18,4 MWh, ebavõimsuse arvesti 21,3 Mvar-tundi. Kui suur oli keskmine tegevõimsus, ebavõimsus ja näivvõimsus, keskmine  $\cos \varphi$  ja keskmine vool, kui elektrijaama pingeline oli 6000 V? (9), (38), (41)

$$N = \frac{A}{t} = \frac{18\,400\,000}{24} = 767\,000 \text{ W} = 767 \text{ kW},$$

$$N_e = \frac{A_e}{t} = \frac{21\,300\,000}{24} = 888\,000 \text{ var'i} = 888 \text{ kvar'i},$$

$$N_n = \sqrt{N^2 + N_e^2} = \sqrt{767^2 + 888^2} = \\ = \sqrt{588\,000 + 789\,000} = \sqrt{1\,377\,000} = 1173 \text{ kVA},$$

$$\cos \varphi = \frac{N}{N_n} = \frac{767}{1173} = 0,65,$$

$$J_n = \frac{N}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{767\,000}{1,732 \cdot 6000 \cdot 0,65} = 113,5 \text{ A}.$$

359. Šokolaadi- ja kompvokitööstus „KAWE“ vahvliküpseti omab ühendust pingega 380 V ühes nulljuhtmega (s. o. saab kasutada ka 220 V pinget). Ahju on monteeritud kolm küttekeha, igauks takistusega 55  $\Omega$ . Lülitid võimaldab kolme astet:

- kaks takistust järjestikku 380 V pingele;
- kõik kolm takistust tähtühenduses;
- kõik kolm takistust kolmnurkühenduses.

Kui suur on iga astme võimsus? (1), (36), (39a), (40)

Aste a:

$$R = 2 \cdot 55 = 110 \Omega,$$

$$J = \frac{U}{R} = \frac{380}{110} = 3,45 \text{ A},$$

$$N = U \cdot J \cdot \cos \varphi = 380 \cdot 3,45 \cdot 1 = 1315 \text{ W}.$$

Märkus: Puhtoomilise takistuse puhul on  $\cos \varphi = 1$ .

Aste b:

$$J = J_f = \frac{U_f}{R} = \frac{220}{55} = 4 \text{ A},$$

$$N = \sqrt{3} \cdot J_f \cdot U \cdot \cos \varphi = 1,73 \cdot 4 \cdot 380 \cdot 1 = 2630 \text{ W}.$$

Aste c:

$$J_f = \frac{380}{55} = 6,9 \text{ A},$$

$$J = 1,73 \cdot J_f = 1,73 \cdot 6,9 = 12 \text{ A},$$

$$N = 1,73 \cdot 12 \cdot 380 \cdot 1 = 7890 \text{ W}.$$

360. Milline lainepikkus vastab sagedusele  $f = 50 \text{ Hz}$ ?  
(42)

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{50} = 6\,000\,000 \text{ m} = 6000 \text{ km}.$$

361. Tallinna saatja lainepikkus on 410,4 m. Kui suur on saatja võnkumise sagedus kilohertsides? (42a)

362. Lühilainesaatja saadab lainel 41,27 meetrit. Kui suur on saatja sagedus megahertsides? (42a)

363. Nähtava valguse roheline värvus omab lainepikkust umbes  $0,50 \mu$ . Kui suur on rohelise valguse sagedus? (42a)

364. Kui suur peab olema paispooli induktiivsus henrites, mis koos  $10 \mu\text{F}$  kondensaatoriga peab omama resonantsi  $50 \text{ Hz}$  sagedusega? (43)

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C \cdot L}}; \quad L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot C} = \frac{10^6}{4 \cdot \pi^2 \cdot 50^2 \cdot 10} = 1,015 \text{ H}.$$

365. Kui suur mahtuvus peab olema kondensaatoril, et koos 2 H paispooliga moodustaks sagedusel 60 Hz resonantsi? (43)

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{C \cdot L}}; \quad C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L} \quad F = \frac{10^6}{4 \cdot 9,87 \cdot 50^2 \cdot 2} \mu F = \\ = 3,52 \mu F.$$

366. Kondensaator mahtuvusega 2  $\mu F$  ja paispool induktiivsusega 2 H moodustavad filtri. Kui suur on resonants-sagedus? (43a)

367. Mitu kondensaatorit mahtuvusega 2  $\mu F$  tuleb ühendada rööbiti, et nad koos pooliga, mille induktiivsus on 0,507 H, annaksid resonantsi sagedusel 50 Hz? (43)

368. Raadioaparaadi võnkering omab pöördkondensaatorit, mille maksimaalne mahtuvus on 500 cm. Mitu keerdu peab omama pool, kui soovitakse raadioaparaadiga vastu võtta laineid kuni 600 meetrit ja pooli mähis on valmistatud ühekihilisena 40-mm läbimõõduga poolikehale 5 cm pikkuselt? (42), (43), (29)

$$500 \text{ cm} = \frac{500}{900\,000} = 0,000\,556 \mu F,$$

$$f = \frac{300\,000\,000}{600} = 500\,000 \text{ Hz},$$

$$L = \frac{10^6}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot C} = \frac{10^6}{39,4 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 0,000\,556} = 0,000\,183 \text{ H},$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4^2}{4} = 12,56 \text{ cm}^2,$$

$$L = \frac{1,25 \cdot \mu \cdot S \cdot w^2}{l \cdot 10^8};$$

$$w = \sqrt{\frac{L \cdot l \cdot 10^8}{1,25 \cdot \mu \cdot S}} = \sqrt{\frac{0,000183 \cdot 5 \cdot 10^8}{1,25 \cdot 1 \cdot 12,56}} = \sqrt{5800} = 76 \text{ keerdu.}$$

369. Raadioaparaadi võnkeringi pooli induktiivsus on 0,2 mH. Mitme cm mahtuvusega peab olema kondensaator, et vastu võtta 410,4 m pikkust Tallinna raadiolainet?

---

# MAGNETISM JA ELEKTROMAGNETISM.

## KASUTATAVAID VALEMEID.

Magnetvoog  $\Phi$  voltsekundites [Vs] ja magnetvoo tihe-  
dus  $B$  voltsekundites  $\text{cm}^2$  kohta [Vs/ $\text{cm}^2$ ] (nimetatav ka  
väljatiheduseks) on seotud valemiga:

$$\boxed{B = \frac{\Phi}{S}} \quad (44)$$

$$\Phi = S \cdot B, \quad (44a)$$

$$S = \frac{\Phi}{B}, \quad (44b)$$

kus  $S$  on magnetringi pindala ruutsentimeetrites.

Et Vs ja Vs/ $\text{cm}^2$  on väga suured ühikud, siis kasutatakse nende asemel ka  $10^8$  korda väiksemaid ühikuid: maksvelli ja gaussi.

Teadmiseks:

$$1 \text{ Vs} = 10^8 \text{ maksvelli [M]}$$

$$1 \text{ Vs/cm}^2 = 10^8 \text{ gaussi [G]}$$

$$1 \text{ M} = 0,000\,000\,01 \text{ Vs}$$

$$1 \text{ G} = 0,000\,000\,01 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$$

Väljatiheduse  $B$  suhet magnetvälja tugevusega  $H$  nime-  
tatakse aine magnetiliseks läbitavuseks ja tähistatakse  $\Pi$   
(suure pii-ga).

$$\boxed{\Pi = \frac{B}{H}} \quad (45)$$

$$H = \frac{B}{\Pi} \quad (45a)$$

$$B = \Pi \cdot H \quad (45b)$$

Vaakuumis on magnetiline läbitavus  $\Pi_0 = 0,4 \cdot \pi \cdot 10^{-8}$  Vs/Acm. Tavaliselt antakse tabeleis mitte aine magnetilise läbitavuse väärtus, vaid selle suhteline suurus võrreldes vaakuumi läbitavusega  $\Pi_0$ .

Suhet  $\mu = \frac{\Pi}{\Pi_0}$  nimetatakse aine suhteliseks läbitavuseks ehk permeaabluseks. Permeaablus pole kindel suurus, vaid oleneb materjalist ja väljatugevusest.

Permeaablust võib arvutada valemist:

$$\mu = \frac{B \cdot 10^{-8}}{\Pi_0 \cdot H} = \frac{B'}{0,4 \cdot \pi \cdot H} \approx \frac{0,8 B'}{H}, \quad (45c)$$

kui väljatihedust  $B'$  mõõta gaussides, sest  $1 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2} = 10^8$  gaussi. Andmed  $\mu$  arvutamiseks saab joonisel 6 toodud kõveratelt.

Magnetomotoorne jõud ehk magneetimisergutus  $\theta$  (teeta) on magnetpooli keerdude arvu korrutis pooli läbiva vooluga:

$$\boxed{\theta = J \cdot w} \quad \text{amperkeerdu,} \quad (46)$$

$$J = \frac{\theta}{w} \quad \text{amprit,} \quad (46a)$$

$$w = \frac{\theta}{J} \quad \text{keerdu.} \quad (46b)$$

Tõkestuse (magnetilise takistuse)  $R_m$  arvutamiseks kasutatakse valemit:

$$R_m = \frac{l}{\Pi_0 \cdot \mu \cdot S} \quad \frac{1}{\text{henri}}, \quad (47)$$

kus  $l$  on magnetringi või selle osa pikkus sentimeetrites,  $\mu$  — permeaablus ja  $S$  — ristpindala ruutsentimeetrites. õhu ja vaakuumi puhul on  $\mu$  väärtus praktiliselt 1.  $\Pi_0 = 0,4 \cdot \pi \cdot 10^{-8}$  H/cm ehk  $\frac{Vs}{\text{Acm}}$ .

Ühist magnetringi moodustavad tõkestused liituvad:

$$R_m^p = R_{m1} + R_{m2} + R_{m3} + \dots \quad (48)$$

Nii nagu elektrivoolu kohta kehtis Ohmi seadus, nii ka magnetvoo kohta on kehtiv vastav seadus, kus magnetvoog  $\Phi$ , magnetomotoorne jõud  $\theta$  ja tõkestus  $R_m$  on seotud valemiga:

$$\Phi = \frac{\theta}{R_m}$$

ehk selle praktiline kuju:

$$\Phi = \frac{J \cdot w}{R_m} \quad (49)$$

$$\theta = \Phi \cdot R_m \text{ amperkeerdu,} \quad (49a)$$

kus  $\Phi$  on magnetvoog voltsekundites [Vs],  $J$  on pooli läbiv vool amprites [A],  $w$  — pooli keerdude arv ja  $R_m$  tõkestus.  $\left[ \frac{1}{H} = \frac{A}{Vs} \right]$ .

Väljatugevust  $H$  arvutame:

$$H = \frac{J \cdot w}{l} \quad \frac{\text{AK}}{\text{cm}}. \quad (50)$$

Et  $B = \Pi \cdot H$  (valem 45b) ja  $\Pi = \Pi_0 \cdot \mu = 0,4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot 10^{-8}$ ,  
siis

$$B = \frac{\Pi \cdot J \cdot w}{l} = \frac{0,4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot J \cdot w \cdot 10^{-8}}{l} \quad \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2} \quad (51)$$

või

$$B' = \frac{0,4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot J \cdot w}{l} \text{ gaussi,} \quad (51a)$$

kuna  $1 \text{ Vs/cm}^2 = 10^8$  gaussi.

Magnetringi (või pooli) pikkus  $l$  mõõdetakse sentimeetrites [cm].

Elektromagneti tõstejõudu arvutame valemiga:

$$P \approx \frac{B^2 \cdot S}{8 \cdot \pi \cdot 10^6} \approx \left( \frac{B}{5000} \right)^2 \cdot S \quad \text{kilogrammi,} \quad (52)$$

kus  $B$  on magnetvoo tihedus gaussides magneti ja tema poolt hoitava või tõmmatava eseme vahel,  $S$  — kokkupuutepinna suurus ruutsentimeetrites.

## ÜLESANDEID LAHENDUSNÄIDETEGA.

370. Magnetvoog  $\Phi$  oli 0,002 39 voltsekundit, kui suur oli magnetvoog maksvellides?

$$0,002 \ 39 \text{ Vs} = 239 \ 000 \text{ M.}$$

371. Mitu maksvelli on magnetvoog 0,000 071 3 Vs?

372. Magnetvoog on 42 000 M. Kui suur on  $\Phi$  voltsekundites?

373.  $\Phi = 89 \ 200 \text{ M}$ . Kui suur on voltsekundite arv?

374. Magnetvoo tihedus  $B = 0,000\ 017 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$ . Mitu gaussi on magnetvoo tihedus?

375. Mitu gaussi on  $0,006\ 43 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$ ?

376. Mitu voltsekundit ruutsentimeetriks on väljatihedus, kui gausside arv on 96 000?

377.  $B = 22\ 000\ \text{G}$ , leida  $\text{Vs}/\text{cm}^2$  arv.

378. Raudkehas läbimõõduga 63 mm on magnetvoog  $\Phi = 0,0017\ \text{Vs}$ . Leida magnetvoo tihedus selles kehas. (44)

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 6,3^2}{4} = 31,2\ \text{cm}^2,$$

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{0,0017}{31,2} = 0,000\ 054\ 5 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2} = 5450\ \text{gaussi}.$$

379. Paispooli südamikus mõõtudega  $120\ \text{mm} \times 80\ \text{mm}$  on magnetvoog  $0,007\ \text{Vs}$ . Kui suur on väljatihedus  $B$ ? (44)

380. Eelmises ülesandes toodud paispoolis vähendati magnetvoo tihedust 4300 gaussini; kui suur on nüüd magnetvoog? (44a)

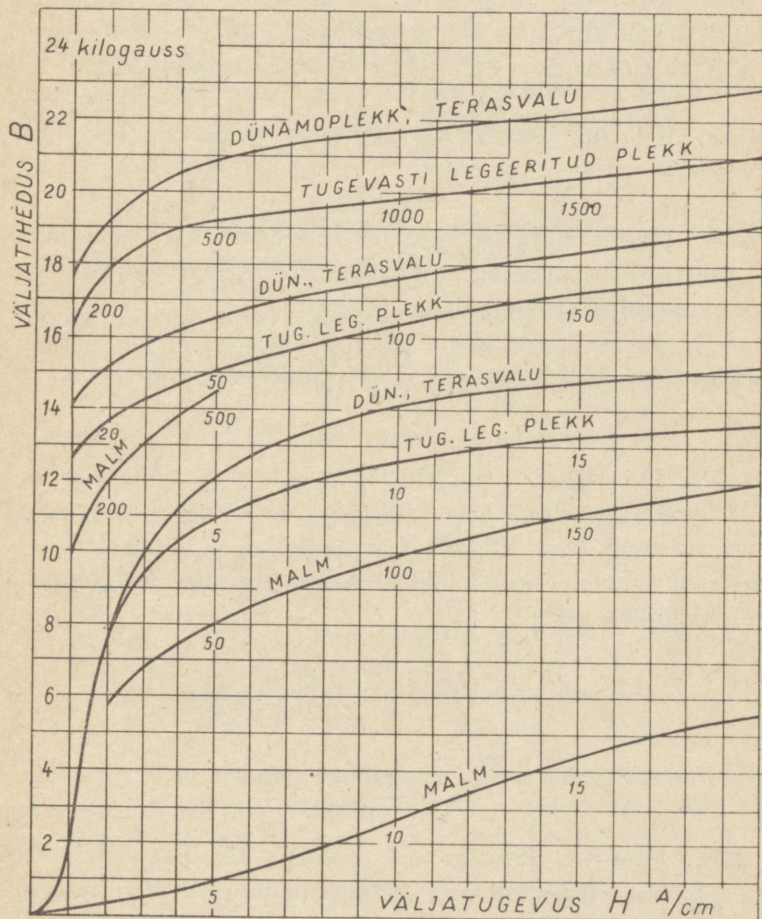
381. Dünaamilise valjuhääldaja ergutusmähise poolt tekitati magnetvoog  $\Phi = 0,000\ 66\ \text{Vs}$ , kusjuures väljatihedus oli 11 000 gaussi. Leida magnetvoo ristlõige. (44b)

382. Juuresoleval joonisel <sup>1</sup> 6 on toodud nn. magnetimiskõverad — horisontaalsele teljele on kantud väljatugevuse  $H$  väärtused  $\text{A}/\text{cm}$  ja vertikaaltelele vasta-

---

<sup>1</sup> Raamatust — H. R. Vörk, Elektrimasinad I.

vad väljatihedused  $B$  kilogaussides, s. o. tuhandetes gaussides. Kõver võimaldab leida kõiki vahepealseid väärtusi, mis tabelitena pole antavad. Permeaabluse  $\mu$  leiame valemi 45c kohaselt.



Joonis 6.

Joonestada millimeeter- või ruudulisele paberile permeaabluse kõverad malmi, dünamopleki ja terasevalu kohta ja vaadata, mispuhul omavad need maksimumväärtust.

383. Kui suur on magnetiline läbitavus, kui väljatihedus on 15 300 gaussi ja väljatugevus 21 AK/cm? Enne avaldada  $B$  voltsekundites  $\text{cm}^2$  kohta ja siis kasutada valemit 45.

384. Kui suur on  $H$ , kui  $B = 8300$  gaussi ja  $\mu = 154$ ? (45c)

385. Magnetvälja tugevus on 7 AK/cm. Leida ülesande 382 juures oleva magneetimiskõvera abil vastav väljatihedus ja permeaablus (materjal — terasvalu).

386.  $H = 15$  AK/cm,  $\mu = 980$ . Leida väljatihedus.

$$\Pi = \mu \cdot \Pi_0 = 0,4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot 10^{-8}. \quad (45)$$

387. Magnetring koosneb neljast osast, mille ristpinnad on:  $S_1 = 4 \text{ cm}^2$ ,  $S_2 = 1,2 \text{ cm}^2$ ,  $S_3 = 12 \text{ cm}^2$  ja  $S_4 = 0,9 \text{ cm}^2$ . Ringis on magnetvoog  $\Phi = 0,000 12$ . Leida magnetvoo tihedused igas ristlõikes. (44)

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{0,000 12 \cdot 10^8}{4} = 3000 \text{ gaussi},$$

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{12 000}{1,2} = 10 000 \text{ gaussi jne.}$$

388. Pool on keritud 920 keeruga ja teda läbib vool  $J = 250$  mA. Kui suur on magnetomotoorne jõud amperkeerdudes? (46)

$$\theta = J \cdot w = 0,25 \cdot 920 = 230 \text{ AK.}$$

389. Ümmarguse ristlõikega poolile on keritud keerd keeru kõrvale magnetmähis 60 mm pikkuselt 9 kihis. Palja traadi läbimõõt on 1,1 mm ja isolatsioon on kahekordsest siidist. Pool on ühendatud vooluallikaga, mille pinge on 2 V. Leida pooli amperkeerdude arv. (2), (3), (46)

Märge: Esialgselt arvutada traadi pikkus, kasutades tab. 2 abi (andmed — traadi läbimõõt koos isolatsiooniga ja kui palju keerdusid mahub 60 mm pikkusele). Edasi leida kogu traadi pikkus, arvutades enne keskmine keeru pikkus. Edasi — eelmärgitud valemite abil.

390. 1800 keeruga poolis on vaja tekitada  $\theta = 71$  AK. Kui tugev peab olema vool? (46a)

391. Järjestikku on ühendatud kaks pooli, mida läbib vool 550 mA. Poolides tekitatud magnetomotoorsed jõud on  $\theta_1 = 9200$  ja  $\theta_2 = 120$  AK. Leida poolide keerdude arvud. (46b)

392. Kahe magnetpooluse vahel, millede ristlõige on 4 cm<sup>2</sup>, asub 0,8-mm õhuvahe. Kui suur on õhuvahe tõkestus? (47)

õhu puhul on  $\mu = 1$ .

$$l = 0,8 \text{ mm} = 0,08 \text{ cm},$$

$$R_m = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu \cdot S} = \frac{0,08 \cdot 10^8}{0,4 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 4} = 1,59 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}.$$

393. Rauast on valmistatud rõngas, mille keskmine läbimõõt on 120 mm ja ristlõige 2,0 cm<sup>2</sup>. Leida tõkestus, kui permeaablus on 900. (47)

$$l = \pi \cdot 120 = 377 \text{ mm} = 37,7 \text{ cm},$$

$$R_m = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu \cdot S} = \frac{37,7 \cdot 10^8}{0,4 \cdot \pi \cdot 900 \cdot 2} = 1,67 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}.$$

394. Eeltoodud ülesandes kirjeldatud rõngast on eraldatud 10 mm pikkune osa. Leida tõkestus. (47), (48)

$$\text{M ä r g e: } l_1 = 377 - 10 = 367 \text{ mm} = 36,7 \text{ cm}$$

$$l_2 = 1,0 \text{ cm}$$

$$\mu_1 = 900$$

$$\mu_2 = 1$$

Kogu tõkestus on raudrõnga tõkestuse ja õhupilu tõkestuse summa. Võrrelda neid osatõkestusi omavahel.

395. Magnetsüdamiku ristlõige  $S = 20 \times 20 \text{ mm} = 400 \text{ mm}^2 = 4 \text{ cm}^2$ . Magnetvoo keskmine pikkus rauas on  $l_1 = 480 \text{ mm}$  ja õhupilus  $l_2 = 1 \text{ mm}$ . Südamikule on keritud 600 keeruga pool, mida läbib 700 mA. Leida magnetvoog, kui raudsüdamikus on  $\mu_1 = 1190$ . (47), (48), (49)

$$R_{m1} = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot S} = \frac{0,8 \cdot 48 \cdot 10^8}{1190 \cdot 4} = 0,79 \cdot 10^6,$$

$$R_{m2} = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_2 \cdot S} = \frac{0,8 \cdot 0,1 \cdot 10^8}{1 \cdot 4} = 2,0 \cdot 10^6,$$

$$R_m = R_{m1} + R_{m2} = (0,79 + 2,0) \cdot 10^6 = 2,79 \cdot 10^6,$$

$$\Phi = \frac{J \cdot w}{R_m} = \frac{0,7 \cdot 600}{2,79 \cdot 10^6} = 0,00015 \text{ Vs.}$$

396. Leida eelmises ülesandes toodud andmete abil väljatihedus. (44)

397. Eelmises ülesandes nimetatud paispool tehti õhupiluta, amperkeerude arv on endine. Leida magnetvoog, väljatihedus ja väljatugevus. (49), (44), (45a) või (50) — viimane kontrolliks.

398. Terasevalust valmistatud rõngale, mille keskmine läbimõõt on 220 mm ja ristlõige  $S = 20 \text{ cm}^2$ , on keritud 400

keeruga magnetmähis, mida läbib 5,3 A vool. Kui suur on rõngas magnetvoog? (50), (44a)

$$l = \pi \cdot 22 = 69 \text{ cm},$$

$$H = \frac{J \cdot w}{l} = \frac{5,3 \cdot 400}{69} = 30,7 \text{ A/cm}.$$

Joonisel 6 toodud kõveralt leiame, et kui  $H = 30,7 \text{ A/cm}$ , siis  $B = 15\,800 \text{ gaussi} = 0,000\,158 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$ .

$$\Phi = S \cdot B = 20 \cdot 0,000\,158 = 0,003\,16 \text{ Vs}.$$

399. Magneetimispuuki südamikü ristlõige on  $6 \times 6 \text{ cm}$  ja ta omab õhupilu 5 mm. Raudsüdamikü keskmine pikkus on 93,75 cm. Südamikul asub kaks traatpooli à 400 keerdu, mis on ühendatud järjestikku nii, et nende poolt tekitatud magnetvood liituvad. Magnetvoog on 0,005 56 Vs. Leida tõkestus, magnetomotoorne jõud, amperkeerude arv ja voolutugevus. Südamikü materjaliks on terasevalu. (44), (45), (47), (48), (49a), (46)

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{0,005\,56}{36} = 0,000\,154\,5 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2} = 15\,450 \text{ gaussi}.$$

Joon. 6 kõveralt leiame, et vastav  $H \approx 25 \text{ A/cm}$  ja seega läbitavus:

$$\Pi = \frac{B}{H} = \frac{154,5 \cdot 10^{-6}}{25} = 6,2 \cdot 10^{-6}.$$

Tõkestus südamikü on:

$$R_{m1} = \frac{l}{\Pi \cdot S} = \frac{93,75 \cdot 10^6}{6,2 \cdot 36} = 0,42 \cdot 10^6.$$

Tõkestus õhupilus:

$$R_{m2} = \frac{l}{\Pi_0 \cdot S} = \frac{0,5 \cdot 10^8}{0,4 \cdot \pi \cdot 36} = \frac{0,5 \cdot 10^8}{1,25 \cdot 36} = 1,11 \cdot 10^6.$$

Kogutõkestus:

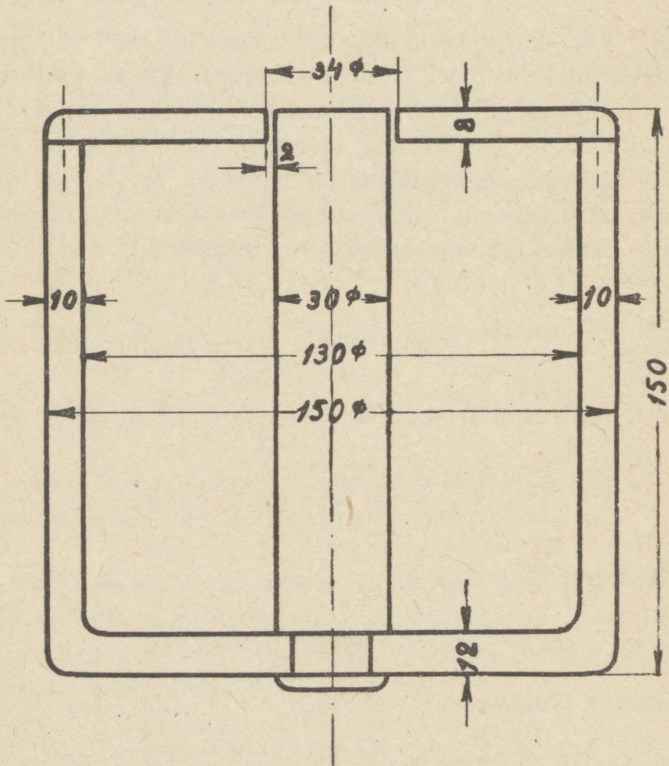
$$R_m = R_{m1} + R_{m2} = (0,42 + 1,11) \cdot 10^6 = 1,53 \cdot 10^6.$$

Magnetomotoorne jõud:

$$\theta = \Phi \cdot R_m = 0,005\,56 \cdot 1,53 \cdot 10^6 = 8500 \text{ AK}$$

ja voolutugevus:

$$\theta = J \cdot w; \quad J = \frac{\theta}{w} = \frac{8500}{800} = 1,06 \text{ A.}$$



Joonis 7.

400. Dünaamilise valjuhääldaja pott-ergutusmagnet omab joonisel toodud mõõte. Õhupilu, milles liigub valjuhääldaja võnkepool, on 2 mm lai. Poti südamik on terasest (vt. kõver!) ja pott-mantel malmist. Arvutada kõik vajalikud elektromagnetilised näitajad, kui on teada, et magnetvoo tihedus õhupilus  $B = 11\,000$ . Voolutugevus 45 mA.

M ä r g e: Tõkestus koosneb kolmest osast, nimelt tõkestus õhupilus, südamikus ja mantlis. Puiste arvel tuleb arvutamisega saadud amperkeerdude arvu suurendada 30% võrra.

401. Elektromagneti südamiku läbimõõt on 20 mm ja väljatihedus 3000 gaussi. Leida hoidejõud. (52)

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3,14 \text{ cm}^2,$$

$$P = \left(\frac{B}{5000}\right)^2 \cdot S = \left(\frac{3000}{5000}\right)^2 \cdot 3,14 = 1,13 \text{ kg}.$$

402. Hobuserauakujulise elektromagneti tõstejõud (hoidejõud) on 5 tonni, permeaablus  $\mu = 300$ , väljatihedus  $B = 16\,000$  gaussi ja magnetvoo tee pikkus, hulka arvatud hoitav metall, on  $l = 75$  cm. Leida magnetmähise keerdude arv, kui voolutugevus, mis läbib mähist, on 28 A. (52), (44a), (49a), (46)

Tabel 1.

## Eritakistusi

 $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m-ühikuis temperatuuril 15° C.

Materjali nimetus	Eritakistus $\rho$	Materjali nimetus	Eritakistus $\rho$
Hõbe	0,016	Plii (seatina)	0,2
Vask	0,0175	Uushõbe	0,3
Pronks	0,028	Nikeliin	0,40 ... 0,44
Alumiinium	0,028 ... 0,030	Manganiin	0,41
Volfram	0,06 ... 0,08	Konstantaan	0,48 ... 0,51
Tsink	0,06	Elavhõbe	0,96
Messing	0,08	Kroomnikkel	1,1
Plaatina	0,1	Grafiit	12 ... 40
Osmium	0,1	Klaas	$5 \cdot 10^{16} \dots 10^{17}$
Raud	0,10 ... 0,14	Vilgukivi	$5 \cdot 10^{19} \dots 10^{20}$

Tabel 2.  
Andmeid elektritratide kohta.

Isolat- sioo- nita	L a b i m õ õ t m m					Rist- lõige mm <sup>2</sup>	1 meetri takistus oomi	
	I s o l e e r i t u d						Vask	Konstan- taan
	Lakk	Siid 1 kord	Siid 2 kor- da	Puu- vill 1 kord	Puu- vill 2 kor- da			
0,05	0,062	0,085	0,12	—	—	0,00196	9,1	244,5
0,06	0,075	0,095	0,13	—	—	0,00283	6,31	169,6
0,07	0,085	0,105	0,14	—	—	0,00385	4,64	124,8
0,08	0,095	0,115	0,15	—	—	0,00503	3,55	95,4
0,10	0,115	0,135	0,17	0,20	—	0,00785	2,27	61,2
0,12	0,14	0,155	0,19	0,22	—	0,01131	1,58	42,5
0,14	0,16	0,175	0,21	0,24	—	0,0154	1,16	31,2
0,15	0,17	0,185	0,22	0,25	—	0,0177	1,01	29,1
0,16	0,18	0,195	0,23	0,26	—	0,0201	0,888	23,9
0,18	0,20	0,215	0,25	0,28	—	0,0254	0,703	18,9
0,20	0,22	0,235	0,27	0,30	0,36	0,0314	0,568	15,28
0,22	0,245	0,26	0,29	0,32	0,38	0,0380	0,470	12,63
0,25	0,275	0,29	0,32	0,35	0,41	0,0495	0,364	9,78
0,30	0,325	0,34	0,37	0,40	0,46	0,0707	0,253	6,79
0,35	0,38	0,39	0,42	0,47	0,55	0,0962	0,186	4,99
0,40	0,43	0,44	0,47	0,52	0,60	0,1257	0,142	3,825
0,50	0,535	0,54	0,57	0,62	0,70	0,1964	0,091	2,445
0,60	0,64	0,64	0,68	0,72	0,82	0,283	0,063	1,696
0,70	0,74	0,74	0,78	0,82	0,92	0,385	0,046	1,248
0,80	0,85	0,84	0,88	0,92	1,02	0,503	0,035	0,954
0,90	0,95	0,94	0,98	1,02	1,12	0,636	0,028	0,755
1,00	1,05	1,04	1,08	1,12	1,22	0,785	0,023	0,612
1,10	1,16	1,15	1,20	1,22	1,32	0,950	0,0188	0,545
1,20	1,26	1,25	1,30	1,32	1,42	1,131	0,0158	0,425
1,30	1,36	1,35	1,40	1,42	1,52	1,330	0,0134	0,361
1,40	1,46	1,45	1,50	1,52	1,62	1,54	0,0116	0,312
1,50	1,56	1,55	1,60	1,62	1,72	1,77	0,0101	0,271
1,60	—	—	—	1,75	1,86	2,01	0,0089	0,239
1,70	—	—	—	1,85	1,96	2,27	0,00787	0,212
1,80	—	—	—	1,95	2,06	2,54	0,00703	0,189
1,90	—	—	—	2,05	2,11	2,84	0,00629	0,169
2,00	—	—	—	2,15	2,26	3,14	0,00568	0,153

Tabel 3.

## Erisoojusi

(cal/g °C või kcal/kg °C).

Materjali nimetus	Erisoojus $c$	Materjali nimetus	Erisoojus $c$
Vesi	1,000	Vask	0,094
Piiritus	0,58	Messing	0,092
Alumiinium	0,214	Hõbe	0,056
Klaas	0,19	Elavhõbe	0,035
Raud	0,115	Plii (seatina)	0,030

Tabel 4.

## Elektriline temperatuuritegur

temperatuuril 15° C.

Materjali nimetus	$\alpha_1$	Materjali nimetus	$\alpha_1$
Hõbe	0,0036	Nikeliin	0,00021
Vask	0,0040	Manganiin	0,00001
Alumiinium	0,0038	Konstantaan	-0,000005
Raud	0,00465	Süsi	-0,0005
		Kroomnikkel	0,00025

Tabel 5.

**Elektrokeemilisi ekvivalente**  
(mg/As).

Materjali nimetus	Elektrokeem. ekvivalent $\alpha$	Materjali nimetus	Elektrokeem. ekvivalent $\alpha$
Hõbe	1,118	Hapnik	0,0829
Vask	0,329	Vesinik	0,0104
Nikkel	0,304	Paukgaas	0,0933
Kuld	0,681	Kloor	0,368
		Alumiinium	0,118

Tabel 6.

**Erikaalusid**  
(g/cm<sup>3</sup> või kg/dm<sup>3</sup>).

Materjali nimetus	Erikaal	Materjali nimetus	Erikaal
Plaatina	21,4	Teras	7,85
Kuld	19,2	Tina	7,3
Volfram	19,2	Malm	7,25
Elavhõbe	13,6	Tsink	7,1
Plii	11,3	Klaas	2,4...2,6
Hõbe	10,5	Alumiinium	2,7
Vask (tõmmatud)	8,9	Portselan	2,3
Nikkel	8,8	Betoon	1,8...2,8
Kroomnikkel	8,2...8,3	Elektronmetall	1,8

Tabel 7.  
Siinus- ja koosinusväärtused.

Kraad	Sin	Cos	Kraad	Sin	Cos
0	0,0000	1,0000	45	0,7071	0,7071
1	0,0175	0,9999	46	0,7193	0,6947
2	0,0349	0,9994	47	0,7314	0,6820
3	0,0523	0,9986	48	0,7431	0,6691
4	0,0698	0,9976	49	0,7547	0,6561
5	0,0872	0,9962	50	0,7660	0,6428
6	0,1045	0,9945	51	0,7772	0,6293
7	0,1219	0,9926	52	0,7880	0,6157
8	0,1392	0,9903	53	0,7986	0,6018
9	0,1564	0,9877	54	0,8090	0,5878
10	0,1737	0,9848	55	0,8192	0,5736
11	0,1908	0,9816	56	0,8290	0,5592
12	0,2079	0,9782	57	0,8387	0,5446
13	0,2250	0,9744	58	0,8481	0,5299
14	0,2419	0,9703	59	0,8572	0,5150
15	0,2588	0,9659	60	0,8660	0,5000
16	0,2756	0,9613	61	0,8746	0,4848
17	0,2924	0,9563	62	0,8830	0,4695
18	0,3090	0,9511	63	0,8910	0,4540
19	0,3256	0,9455	64	0,8988	0,4384
20	0,3420	0,9397	65	0,9063	0,4226
21	0,3584	0,9336	66	0,9136	0,4067
22	0,3746	0,9272	67	0,9205	0,3907
23	0,3907	0,9205	68	0,9272	0,3746
24	0,4067	0,9136	69	0,9336	0,3584
25	0,4226	0,9063	70	0,9397	0,3420
26	0,4384	0,8988	71	0,9455	0,3256
27	0,4540	0,8910	72	0,9511	0,3090
28	0,4695	0,8830	73	0,9563	0,2924
29	0,4848	0,8746	74	0,9613	0,2756
30	0,5000	0,8660	75	0,9659	0,2588
31	0,5150	0,8572	76	0,9703	0,2419
32	0,5299	0,8481	77	0,9744	0,2250
33	0,5446	0,8387	78	0,9782	0,2079
34	0,5592	0,8290	79	0,9816	0,1908
35	0,5736	0,8192	80	0,9848	0,1737
36	0,5878	0,8090	81	0,9877	0,1564
37	0,6018	0,7986	82	0,9903	0,1392
38	0,6157	0,7880	83	0,9926	0,1219
39	0,6293	0,7772	84	0,9945	0,1045
40	0,6428	0,7660	85	0,9962	0,0872
41	0,6561	0,7547	86	0,9976	0,0698
42	0,6691	0,7431	87	0,9986	0,0523
43	0,6820	0,7314	88	0,9994	0,0349
44	0,6947	0,7193	89	0,9999	0,0175
45	0,7071	0,7071	90	1,0000	0,0000

Tabel 8.

## Dielektriku konstante.

Materjali nimetus	Dielektriku konstant $\epsilon$	Materjali nimetus	Dielektriku konstant $\epsilon$
Õhk	1	Kvarts	4,3
Parafiin	2	Portselan	6
Eboniit	2...3	Vilgukivi	6...8
Trolituul	2,5	Piiritus	26
Klaas	4...10	Vesi	80



## SISUKORD.

	Lk.
Eessõna . . . . .	3
Sümboleid . . . . .	7
Ühikute tähistusi . . . . .	9
Kordsete suuruste tähistusi . . . . .	10
<b>Alalisvool.</b>	
Kasutatavaid valemeid . . . . .	11
Ühikute ümberarvutusi . . . . .	18
Ülesandeid lahendusnäidetega . . . . .	21
Ühikute ümberarvutusi . . . . .	36
Ülesandeid lahendusnäidetega . . . . .	38
<b>Vahelduvvool.</b>	
Kasutatavaid valemeid . . . . .	51
Ülesandeid lahendusnäidetega . . . . .	58
<b>Magnetism ja elektromagnetism.</b>	
Kasutatavaid valemeid . . . . .	80
Ülesandeid lahendusnäidetega . . . . .	83
<b>Lisa.</b>	
Tabel 1. Eritakistus . . . . .	92
Tabel 2. Andmeid elektritraatide kohta . . . . .	93
Tabel 3. Erisoojusi . . . . .	94
Tabel 4. Elektriline temperatuuritegur . . . . .	94
Tabel 5. Elektrokeemilisi ekvivalente . . . . .	95
Tabel 6. Erikaalusid . . . . .	95
Tabel 7. Siinus- ja koosinusväärtused . . . . .	96
Tabel 8. Dielektriku konstante . . . . .	97

Rbl. 8.—

A-16426

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00496917 8