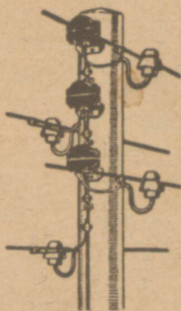


INSENER V. SEPHANS

ELEKTROMONTAAŽ

III

JÕUJAAMAD JA VOOLUALLIKAD



RK

PEDAGOOGILINE KIRJANDUS

TALLINN

ELEKTROMONTAŽ

ELEKTROMONTAŽ

Průmyslová elektrotechnika

Elektromotory

Elektronika

Elektrická měření

Elektrická instalace

Ins. V. SEPHANS

ELEKTROMONTAAŽ

III

Jõujaamad ja vooluallikad

KAASA TÖÖTANUD INSENERID:

R. KULBAS, R. RAVA,

E. PUUSEPP

RK

PEDAGOOGILINE KIRJANDUS

TALLINN 1941

ELEKTROMONTAŽ

III

Teoriline ja praktiline

C. 35988125

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

I. ELEKTRIJÕUJAAMADE JA -VÕRKUDE LIIGID.

1. Jõujaamad.

Elektrijõujaamas muundatakse kütteaines peituv soojusenergia või vee kukkumises peituv mehaaniline energia elektrienergiaks.

Vastavalt varustuspiirkonnale jagunevad jaamad ülemaalisteks (rajooni-), linna- ja blokkjõujaamadeks. Esimesed varustavad laiemat maa-ala või mitut linna, teised ühtainust linna, kolmandad üksikuid majaderühmi, haaramata avalikke tänavaid, või väiksemaid alevikke ja külasid.

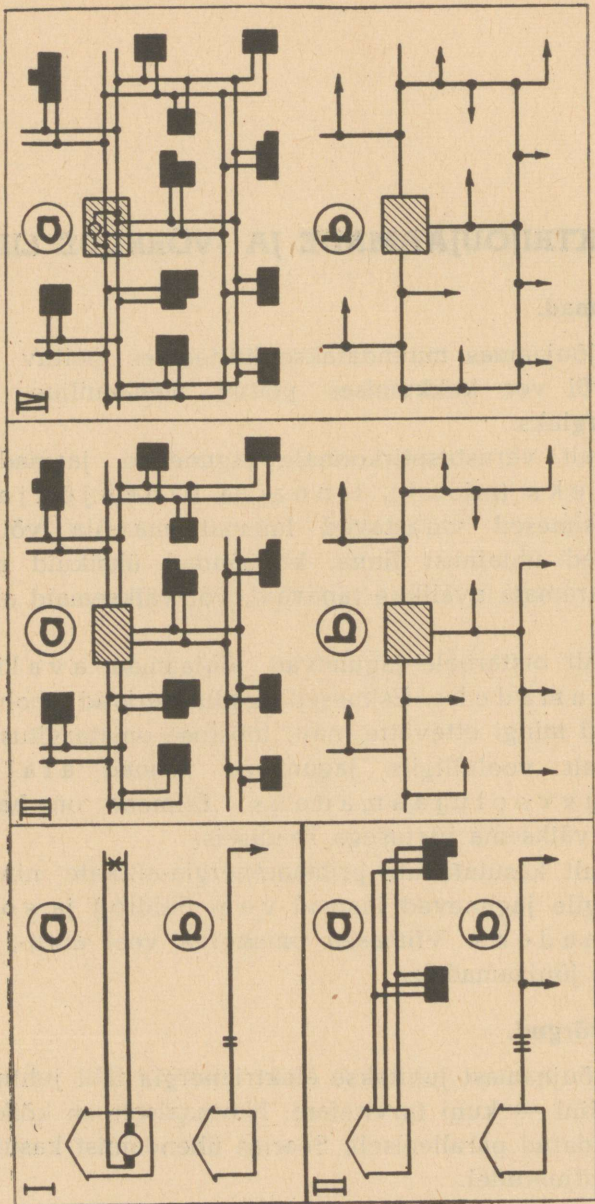
Vastavalt otstarbele jagunevad jõujaamad avalikeks ja erajaamadeks. Esimesed produtseerivad voolu müügiks, teised mingi ettevõtte, näit. tööstuse omatarvituseks.

Vastavalt vooluliigile jagunevad jaamad alalis- ja vahelduvvoolujaamadeks. Esimene on harilikult kasutatav väiksema ulatusega seadiseis.

Vastavalt kasutatavale primaarenergia-allikale ning jõumasina liigile jagunevad jaamad vee- (hüdro-) ja soojusjõujaamadeks. Viimased omakorda veel auru-, gaasi-, diisel- jne. jõujaamadeks.

2. Jaotusvõrgud.

Elektrijõujaamast juhitakse elektrienergia läbi juhtmestiku — elektriliini — kuni tarvitajani. Normaalselt on kõik tarvitajad ühendatud paralleelselt. Seerias ühendamist kasutatakse ainult erandjuhtudel.



Joon. 1. Jaotusvõrkude skeem: a) mitme, b) ühe joonega kirjutatult.

Pealiine suurema arvu tarvitajate varustamiseks nimetakse magistraal- ehk toiteliinideks.

Kui jaam peab korraga voolu andma suuremale hulgale tarvitajaile, mis asetsevad laialipaisatult, siis hargnevad liinid elektrivõrguks (joon. 1). Enamasti on võrk lahtine (joon. 1—3), kuid kasutatakse ka ringliine ja kinnisi võrke (joon. 1—4).

Liinid ja võrgud ehitatakse 2- kuni 4-juhtmelised, olenevalt voolu liigist. Plaanidel ja skeemidel märgitakse nad harilikult ühejooneliselt (joon. 1-b).

3. Pinge astmed.

Mida kõrgem valida ülekande süsteemis võrgu pinge U , võrdse võimsuse ja juhtme põikpinna juures, seda väiksem on vool J ja ühtlasi voolust tingitud pinge langus ning võimsuse kadu.

Võimsuse kadu ühes juhtmes vattides on $N = J^2 r$, kusjuures r on juhtme takistus (vt. käesoleva raamatu I osa „Elektriteooria“ p. 24). Ülaltoodust tingituna suureneb pinge tõstmisel ülekantava energia hulk või überpöördult tegevusraadius sama põikpinna juures võrdeliselt võrgupinge teisele astmele.

Piiri pinge tõstmisele paneb vajalik tugevam ja kallim isolatsioon, kallimad aparaadid, eriti 600 V ülespoole, ning suurenev hädaohtlikkus.

Pinged kuni 24 V loetakse täielikult mittekardetavaiks koduloomadele.

Pinged kuni 40 V loetakse täielikult mittekardetavaiks inimestele.

Pinged kuni 250 V maa ja juhtme vahel loetakse madalpingeks; selle kasutamine on lubatud õppimata personaali poolt käsitletavais seadiseis ja aparaatides.

Pinged üle 250 V loetakse kõrgepingeks julgeoleku mõttes; pinged 1000 V ja üle selle loetakse kõrgepingeks elektromontaaži mõttes. Viimaste juures tuleb kasutusele eriline kõrgepinge materjal.

4. Normaalpinged seadiseile üle 100 V.

Kasutamisel on järgmised normaalpinged (vastavalt IEG kongressi otsusele 1926. a. New Yorgis, täiendustega 1935. a. Prahast):

a. Alalisvoolul:

110, 220, 440, 550, 750, 1100, 1500, 3000 V.

Pinged 550 kuni 3000 V on määratud trammidele ühepoolilise maandusega.

b. Keerdvoolul:

125, 220, 380, 500, 1000, 3000, 6000, 10000, 15000, 20000, 30000, 45000, 60000, 80000, 100000, 120000, 150000, 200000, 300000, 400000 V.

Jämedalt trükitud on eelispinged, mille kasutamine on soovitatav uudisehituste ja suuremate laienduste juures.

Peale ülaltoodud pingete esinevad vanemais seadiseis veel 5000, 12000, 25000, 35000, 50000 ja 70000 V.

Pinge võib ajaliselt ja ruumiliselt muutuda (pinge langus). Ülaltoodud pinge normid kujutavad keskmist talituspinget voolutarvitaja klemmidel. Vooluallika pinge võib kuni 10% kõrgem olla: alalisvoolul tavaliselt 115, 230, 460 jne. volti, keerdvoolul 133, 230, 400, 550, 1100, 3000, 6600, 11000, 16500, 33000, 66000 jne. V.

Kui pinge tõus ei ületa normaalpinget 10% (s. o. vooluallika pinget), siis võib kasutada normaalset installatsioonimaterjali. Tarvitusaparaadid peavad taluma pinge kõikumisi kuni $\pm 5\%$.

5. Normaalpinged seadiseile 1 kuni 100 V.

Kasutusel on järgmised normaalpinged: 1,5, 2, 3, 4, 4,5, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 40, 48, 60, 80 V.

Jämedalt trükitud on eelispinged, mille kasutamine on soovitatav esimeses järjekorras.

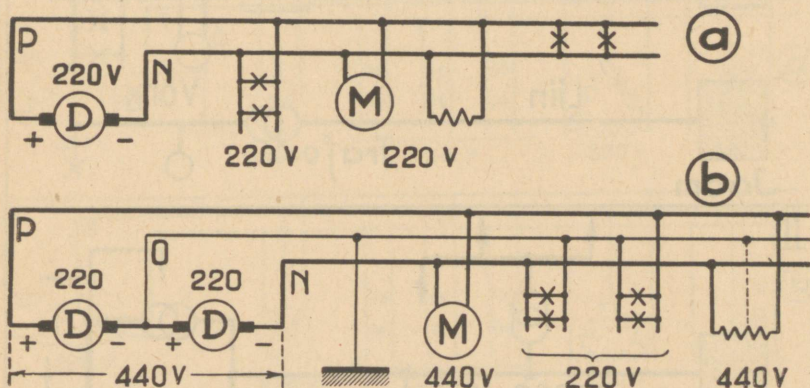
Ülaltoodud pingesuurused käivad talitusaparaatide kohta.

Vooluallika pinge võib olla, arvesse võttes pingelangust juhtmeis, veidi kõrgem; näit. kellatransformaatoris 3, 5 ja 8 V 2-, 4- ja 6-V aparraadi jaoks.

Ulaltoodud pisipingetega töötavad alalis- ja vahelduvvoolu signaalkellad ja seadmed, telegraaf ja telefon, akumulaatoreist või patareidest toidetud valgustus, akudega elektromobiilid, seadised märgruumes, elektromediitsiinilised aparaadid, elektromotorite küte jne.

6. Alalisvooluvõrgud.

Tarvitatavad lülitused on näidatud joon. 2. a. Kahejuhtmeline — kõiki vooluallikaid ja voolutarvitajaid toidetakse



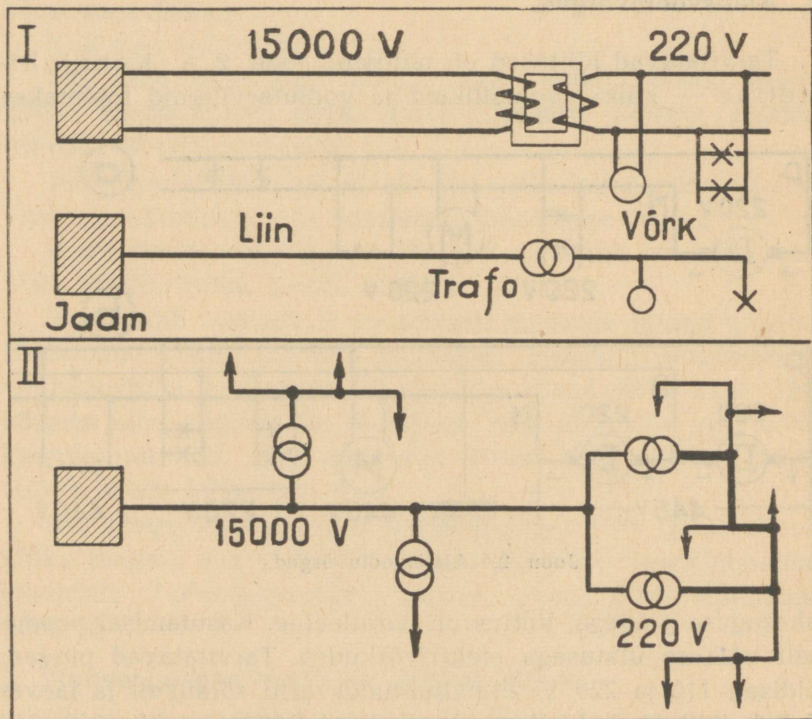
Joon. 2. Alalisvooluvõrgud.

ühesuguse pingega, lülitus on paralleelne. Kasutamisel peamiselt väikese ulatusega elektrivõrkudes. Tarvitatavad pinged: üldiselt 110 ja 220 V; erandjuhtudel, eriti sõidukeil ja laevaldel 4—110 V; puht-jõuseadiseis kuni 3000 V (näit. 550, 750 jne.).

b. Kolmejuhtmeline. Kaks kahejuhtmelist süsteemi on lülitatud järjestikku. Keskmise juhe, nn. nulljuhe, on ühine. Viimane on maandatud, s. o. maaga elektriliselt ühendatud. Kasutatavaiks pingeks on harilikult 2×220 V, vanades seadistes ka 2×110 V. Pinge kahe välisjuhtme vahel on 2×220 V võrgus 440 V; pinge välisjuhtmete ja nulljuhtme (maa) va-

hel 220 V. Mootorid ja suuremad aparaadid töötavad 440, lambid (joonisel 2 märgitud ristiga) ja väiksemad aparaadid 220 voldiga. Seadis loetakse madalapingeliseks.

Koormatus jaotatakse võimalikult ühtlaselt mõlema võrgupoole vahel. Täiesti ühtlasel jaotusel puudub nulljuhtmes vool.

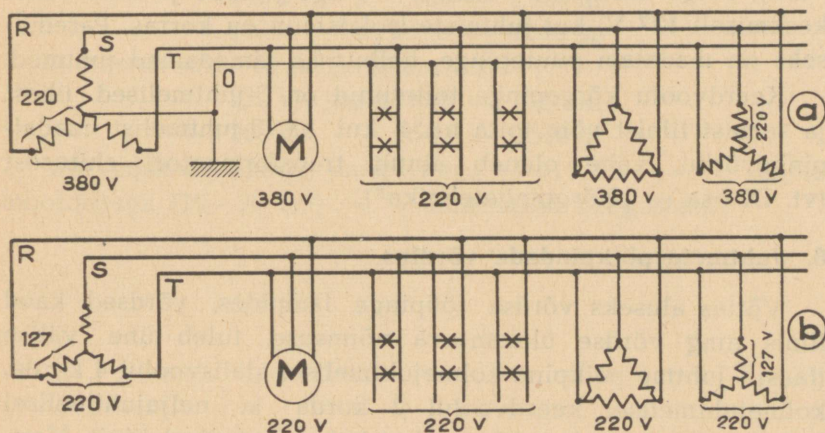


Joon. 3. Voolu jaotus kõrgepingega.

Kolmejuhtmeline võrgu paremusel on: kaks korda kõrgema pingega tõttu on ülekantava energia hulk või tegevusraadius neli korda suurem. Vooluallikana kasutatakse õige väikeses seadiseis kahte 220-voldilist dünamot seerias, suuremais — 440-V dünamoid erilise pingejagajaga (vt. p. 19—21).

7. Vahelduvvooluvõrgud.

Suuremate kauguste või energiahulkade juures kasutatakse vahelduvvoolu. Viimase ainsaks, kuid väga oluliseks paremuks alalisvooluga võrreldes on kerge pinge ümbertransformeerimise võimalus: voolu võib jaamast välja saata kõrge pingega ja transformeerida harilikuks madalapingeliseks alles koha peal (joon. 3). Kõrge pinge tõttu on juhtmed peened ja odavad.



Joon. 4. Keerdvooluvõrgud.

Transformaator-alajaamu võib kõrgepingeliinil asetseda terve rida; samuti võivad kaks või mitu transformaatorit töötada paralleelselt ühisesse madalpingevõrku (joon. 3 II).

Väga suurtes võrkudes võib transformeerimine toimuda mitmes astmes, näit. 60 kV algul 15 kV-le ja alles viimane 220 V-le.

Uhefaasiline vahelduvvool on valgustuseks niisama kohanekui alalisvoolgi, kuid mootorid on sellega raskelt käivitatavad; seetõttu kasutatakse üldvõrkudes ainult keerdvoolu. Viimane annab ka suurema kokkuhoiu juhtme materjalis.

Keerdvoolu madalpingevõrkudes kasutatavad lülitused on näidatud joonisel 4.

a. Neljajuhtmeline keerdvool (tähtvõrk). Pinge harilikult $3 \times 380/220$ V. Lambid ja väiksemad ühefaasilised aparaadid ühendatakse faasi- ja nulljuhtme vahele ning töötavad 220 V-ga. Mootorid ja suuremad aparaadid ühendatakse faasi- (pea-) juhtmete vahele ja töötavad 380 V-ga. Pinge juhtme ja maa vahel (puutepinge) on 220 V. Koormatus jaotatakse võimalikult ühtlaselt kõigi kolme faasijuhtme vahel.

b. Kolmejuhtmeline keerdvool (kolmnurkvõrk). Pinge harilikult 3×220 V. Pinge juhtme ja maa vahel keskmiselt 127 V, kui juhtmete isolatsioon on korras. Paremuks on madalam puutepinge, halbuseks jämedamad juhtmed.

Keerdvoolu kõrgepinge toiteliinid on 3-juhtmeline, ühest ja samast liinist võib toita nii 4- kui ka 3-juhtmelist madalpingevõrku, vahe oleneb ainult transformaatori ehitusest (vt. IX osa — „Kõrgpingetehnika”).

8. Juhtmete põikpindade võrdlus.

Võttes aluseks võrdse tööpinge lampides, võrdsed kaod liinis ning võrdse ülekantava võimsuse, tuleb ühe välise (faasi-) juhtme põikpind kolmejuhtmeline alalisvoolul 4 korda, kolmejuhtmeline keerdvoolul 2 korda ja neljajuhtmeline keerdvoolul 6 korda väiksem kui kahejuhtmeline liinil. Harilikult võetakse nulljuhtme põikpind 50% faasijuhtmest. Arvestades viimase juurde, saame allmargitud juhtmematerjali kaalude vahekorra.

Vooluliik	Juhtmete arv	Juhtmete kogu põikpinna %
Alalisvool, kahejuhtmeline	2	100
Ühefaasiline	2	100
Kahefaasiline	4	100
Kahefaasiline liidetult	3	85
Keerdvool, kolmnurgas	3	75
Alalisvool, kolmejuhtmeline	3	31
Keerdvool, tähes	4	29

9. Tegevusraadius.

Teoreetiliselt on elektrivõrkude tegevusraadius igasuguse pinge juures piiramatu: mida väiksem on koormatus või mida jämedam valida juhe, seda suurem on ulatus. Praktiliseks pii-riks majanduslikel kaalutlustel võib võtta valgustus- ja väike-
mootoritega (kuni 3 HJ) elektrivõrkudes ligikaudu:

a) alalisvoolul (eraldi toitemagistraalideta):

110 V juures 150 — 250 m

220 V " 600 — 1000 m

440 V " 2500 — 4000 m

b) keerdvoolul (transformaatorita):

220 V juures 800 — 1200 m

380 V " 2500 — 3500 m

Võrkudes keskmiste mootoritega (3—10 HJ) — $\frac{2}{3}$, suurte
mootoritega (10—30 HJ) — $\frac{1}{3}$ ülaltoodud kaugustest.

II. ALALISVOOLUJAMAD.

A. KAHEJUHTMELISELE VÖRGULE.

10. Alalisvoolugeneraatorid ehk dünamod.

Töötavad magneto-elektrilise induktsiooni põhimõttel (vt. käesoleva raamatu I osa, „Elektriteooria”, p. 33 ja 34). Ehitusviisilt vastavad nad alalisvoolumootoreile (vt. käesoleva raamatu VI osa, „Mootorid”, p. 5, 6, 9, 10, 14—20 ja 22); üht ja sama masinat võib kasutada nii dünamona kui ka mootorina (vt. „Mootorid”, p. 29).

Vastavalt ergutusele jagunevad dünamod šunt- (haruvoolu-), seerias- (peavoolu-), kompaund- ja välisergutusega masinaiks.

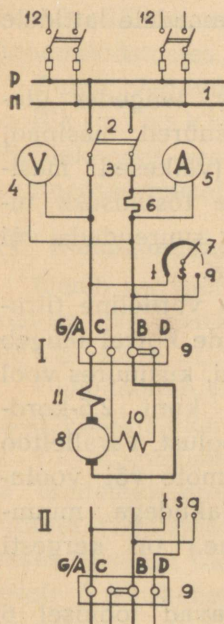
11. Dünamo võimsus.

Kui dünamo töötab tühjalt, siis on tema jõutarvitus võllil väike, piirdudes peamiselt ergutus- ja hõõrumiskadudega.

Kui dünamot koormata, s. o. voolu võtta, — suureneb ka jõutarvitus võllil, dünamo käitamiseks on vaja rohkem võimsust. Koormamisel soojenevad ühtlasi dünamo mähised. Piiri kestvale koormatuse suurusele paneb maksimaalne temperatuur, milleni dünamo sisemus tohib soojeneda. Lubatud temperatuuri piiriks tavalistes mähistes on ca 95°C , täpsed andmed on antud mootorite osas p. 12.

Dünamo sildil on märgitud tema nimivõimsus kW-des või A-tes, millega teda kestvalt võib koormata. Sealjuures ei tohi esineda ülemäärast soojenemist ja kommuteerimine peab olema praktiliselt sädemetevaba.

Ülekoormatus. Töötanud (soe) dünamo peab taluma vigastumatult 1,5-kordse ülekoormatuse 2 min. vältel; seejuures võivad harjad sädelda, kuid peavad jääma töökõlblikku olukorda.



Joon. 5. Alalisvoolu šuntdünamo lülitusskeem.

Suurem ülekoormatus (näit. otsesidevool) võib tekitada ringtuld kollektoril viimast rikkudes, mispärast tuleb tarvitada kiirautomaati või kaitsmeid.

Kasutegur. Juhtmete kaudu edasi-antav võimsus on alati väiksem dünamole võlli kaudu antavast võimsusest. Nende võimsuste suhet nimetatakse kasuteguriks (vt. „Elektriteooria”, p. 19). Dünamote kasuteguri suurus on ligikaudu sama mis mootoreilgi (vt. „Mootorid”, p. 24).

12. Šunt- (haruvoolu-) dünamo.

Šuntdünamo ergutusmähis asetseb ankruga paralleelselt. Mähist läbib kogu dünamo voolust ainult väike osa (1—5%).

Ergutusmähis on suure takistusega ja suure keerdude arvuga ning peenest traadist.

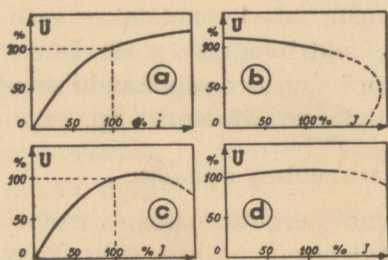
Dünamo käivitamisel puudub ergutusvool. Dünamo hakkab voolu andma remanentsmagneti mõjul. Tekkinud vool omakorda suurendab magnetivoogu, kuni dünamo on saavutanud täispinge (endaergutus). Piiri pingetõusule paneb magnetiline küllastus (vt. „Elektriteooria” p. 30).

Pinge reguleerimine toimub kas ergutusvoolu suuruse muutmisega ergutusregulaatori abil või harvem ka tiirude arvu muutmisega.

Šuntdünamo ühendamine võrguga on näidatud joonisel 5; I parempoolse, II vasakpoolse pöörlemissuuna jaoks. Joonisel tähendavad: 1 — kogumislatid; 2 — lüliti; 3 — kaitsmed

(toru- või diazed-kaitsmed); lihtlüliti ja kaitsmete asemel tarvitatakse suuremail masinail ka ülevoolu automaatlüliti; 4 — voltmeeter; 5 — ampermeeter; 6 — ampermeetri šunt; 7 — ergutus- (pinge-) regulaator; 8 — dünamo ankur; 9 — dünamo klemmlaud; 10 — ergutusmähis; 11 — lisapooluste mähis; 12 — väljuvad liinid — või ka teise, paralleelselt samadele lattidele töötava dünamo ühendusjuhtmed.

Omadused. Pinge on võrdlemisi püsiv, langedes üleminekul tühijooksult täiskoormatusele 1% (suured masinad) kuni 10% (väikesed masinad). Pinge tõstmiseks tuleb ergutust suurendada või tiirusid tõsta.



Joon. 6. Alalisvoolu šuntdünamote karakteristikud.

Pinge on võrdeline tiirudele. Otseside korral langeb pinge nullini, kusjuures vool tõuseb 1,5- kuni 2,5-kordseks nimivoolust. Paralleeltöö teiste dünamote või vooluallikatega (akudega, muundajatega jne.) on kergesti teostatav.

Ülevaate dünamo pinge muutumisest annavad joonisel 6 toodud dünamo karakteristikud.

Joon. 6-a. Šuntdünamo tühijooksu karakteristik: pinge (või E) muutumine ergutusvoolu i muutmisel, kui koormatus $J = 0$ ja tiirud on püsivad.

Joon. 6-b. Šuntdünamo väline karakteristik: klemmpinge U muutumine olenevalt koormatuse J muutumisest, kui tiirud ja ergutusahela takistus on püsivad.

Kasutuskohad. Kõige levinum dünamo liik jõujaamades valgustus-, tööstus-, elektrokeemiliseks jne. otstarbeks, akude laadimiseks jne.

13. Seerias- (peavoolu-) dünamo.

Ergutusmähis on ankruga järjestikku (vt. „Mootorid”, p. 15 ja 30).

O m a d u s e d. Pinge on peaaegu võrdeline koormatusele; masin annab ainult püsiva koormatuse juures püsiva pinge. Paralleellülitus ei ole teostatav. Ei sobi akude laadimiseks ja keemiatööstustes.

Pinge olenevus koormatusest on toodud joonisel 6-c.

K a s u t u s k o h a d. Leeklampide (prožektorite) toitmisel, jõuülekandel peavoolumootorile ja boosterina pingelanguse kompenseerimisel pikkades alalisvooluliinides.

14. Kompaunddünamo.

Omab nii seerias- (peavoolu-) kui ka šunt- (haruvoolu-) mähist, mis tekitavad ühesuunalise magnetivälja (vt. „Mootorid”, p. 15 ja 32).

Ühendamine võrguga on näidatud joonisel 7; I parempoolse ja II vasakpoolse pöörlemissuuna jaoks.

1 — kogumislatic; 2 — lüliti; 3 — ühepooliline maksimaal- ja minimaal-automaatlüliti (joonisel näidatud kahekordseid lüliteid kasutatakse ainult kompaunddünamo paralleeltöötamisel, üksikult töötav dünamo ühendatakse analoogiliselt joo-
hisele 5 liht-kahepoolilise lülitiga); 4 — kaitsmed; 5 — voltmeeter; 6 — voltmeetri ümberlüliti; 7 — ampermeeter; 8 — ampermeetri šunt; 9 — ergutusregulaator; 10 — dünamo ankur; 11 — dünamo klemmlaud; 12 — šuntmähis; 13 — kompaund- (peavoolu-) mähis; 14 — lisapooluste mähis; 15 — tasandusjuhe (viimane tuleb kasutamisele ainult kompaunddünamote paralleeltöötamisel, üksikult töötaval dünamol jääb see ära).

O m a d u s e d. Kompaunddünamo pinge jääb igasugusel koormatusel ligikaudu püsivaks (kõikuvus $\pm 2\%$) või, tugeva kompaundmähise korral (ülekompaundeeritud masin) täiskoormatusel tõuseb, missugune asjaolu kergendab pingelanguse kompenseerimist magistraallines.

Pinge olenevus koormatusest ülekompaundeeritud masinal on toodud joonisel 6-d.

Paralleellülitamine on võimalik, kuid kõigi paralleelselt töötavate dünamote kompaundmähised tuleb omavahel paralleelselt ühendada tasandusjuhtmega.

K a s u t u s k o h t. Kasutamisel erandjuhtudel jõujaamades šuntdünamo asemel, peamiselt väga kõikuval koormatusel (elektriraudteed, rauavaltsimistööstused jne.).

Kõikuvate tiirude juures (näit. autodel) kasutatakse mõnikord ka vastukompaundmähisega (diferentsiaal-) dünamot.

15. Välisergutusega dünamo.

Ehitus ja lülitus samad, mis tavalisel šuntmasinal, kuid ergutusmähist toidetakse eraldi vooluallikast.

O m a d u s e d. Pinge vähene muutumine, olenevalt koormatusest. Kerge pingereguleerimise võimalus väga suurtes piirides.

K a s u t u s k o h t. Ergutusmasinad väga suurtel vahelduvvoolu alternaatoritel ja lisamasinad akupatareide laadimisel.

16. Põikvälja (Rosenbergi) dünamo.

Dünamo on välisergutusega. Harju on 4. Tavalisel kohal neutraaljoonel asetsevad harjad on otsesidestatud. Voolu andvad harjad seisavad risti, pooluste all; voolutekitajana mõjub ankru reaktsioon (põikväli).

O m a d u s e d. Püsiv voolutugevus igasugusel koormatusel (välistakistusel), peaaegu olenematult tiirudest. Voolusuund on ühesugune parem- ja vasakpoolse tiirlemise juures.

K a s u t u s k o h t. KeevitUSDünamod, leeklampide toitmine ja välis- (aku-) ergutusega rongide valgustusdünamod.

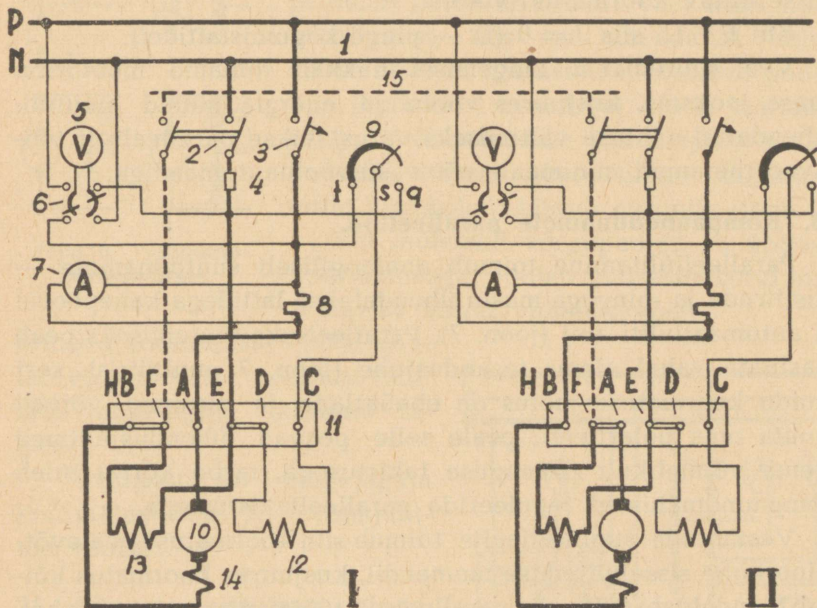
17. Šuntdünamote paralleeltöö.

Masina tiirude tõustes normaalseni ja pinget reguleerides võrdseks kogumislattide pingele, lülitatakse masin sisse. Koormatuse üleviimine juurdellülitatud masinale teostub tema

elektromotoorse jõu (pinge) tõstmisega ergutuse suurendamise või ka tiirude tõstmise teel.

Väljalülitamisel talitada überpööratud järjekorras.

Erinevat tüüpi või erineva suurusega masinate paralleelsel töötamisel on soovitatav, et nende masinate väliskarakteristik, s. o. klemmpinge olenevus koormatusest, oleks



Joon 7. Kompaund-dünamote lülitusskeem.

ühesugune, sest ainult sel juhul jaguneb koormatuse kõikumisel viimane iseenesest, automaatselt üksikuile masinaile, võrdeliselt nende suurusele. Vastasel korral võtab koormatuse kasvamisel suhteliselt väiksema pingelangusega masin endale suurema koormatuse ning koormub üle, samal ajal kui teine pooltühjalt kaasa jookseb, ning koorma jaotamiseks tuleb ergutusregulaatoriga järele reguleerida.

Esmakordsel paralleellülitamisel on soovitatav kontrollida,

et ühendamisele tuleksid ühenimelised poolused. Ühendatava dünamo üks poolus ühendatakse kogumislattidega, teiste vahel mõõdetakse pinget — pingete vahe peab olema ligikaudu null (vt. ka transformaatorite paralleellülitus).

Kui paralleelselt töötaval dünamol tiirud langevad, siis väheneb tema elektromotoorne jõud E ning sellega ka lattidesse antav koormatus (vool).

Kui $E = U$, siis $J = 0$ (U — pinge kogumislattidel).

Veel suuremal E langemisel hakkab dünamo mootorina kaasa jooksuma, kusjuures voolu ja energia suund muutub; tähendatud nähtuse vältimiseks varustatakse paralleelselt töötavad dünamod minimaal- või vastuvooluautomaadiga.

18. Kompaunddünamote paralleeltöö.

Paralleellülitamine toimub analoogiliselt šuntdünamole — täistiirude ja -pingega masin ühendatakse lattidega kahepoolse ja automaatlüliti abil (joon. 7). Paralleelseks töötamiseks peab masinate vahel olema tasandusjuhe (joon. 7 punktiiris), sest muidu koormatuse jaotus on ebaühtlane ja masinad võivad muuta oma polariteeti; peale selle peavad ühendusjuhtmed olema võimalikult ühesuguse takistusega, tarbe korral tuleb kompaundmähiseid reguleerida paralleeltakistustega.

Vastandina šuntmasinaile toimub siin koormatuse pealevõtmine kohe sisselülitamise momendil, kusjuures koormatus kõigub (pendeldab) mõne aja paralleelselt töötavate masinate vahel.

Koormatuse jaotust reguleeritakse ergutusregulaatori abil.

B. ALALISVOOLUJAAMAD KOLMEJUHTMELISELE VÕRGULE.

19. Nullpunkti saavutamine.

Nullpunkti saavutamiseks on neli võimalust (joon. 8):

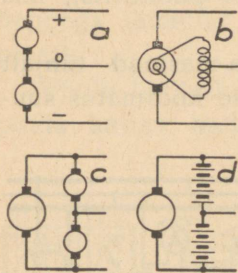
a. Kaks dünamot asetatakse järjestikku, nulljuhe viiakse välja ühenduspunktist. 460 V saamiseks tuleb võtta kaks 230-V dünamot.

b. Eriline dünamo väljatoodud nullpunktiga.

c. Dünamo eraldi pingejagajaga, mis koosneb kahest eri masinast.

d. Dünamo pinge jagamisega akupatarei abil.

20. Dünamo väljatoodud nullpunktiga.



Joon. 8. Nullpunkti väljatoomine.

Dünamo ehitatakse võrgu täispingele ja omab peale kollektori veel kaks kontakt-rõngast, mis on ühendatud kahe, ankru mähisel vastastikku asetseva punktiga (kollektori lamelliga). Neile kontakt-rõngaile ühendatakse üle harjade paralleelselt drossel (induktiivne takistus), mille keskkohalt lähtub nulljuhe (joon. 9).

Kui mõlemad võrgupooled on ühtlase koormatusega, voolab ülaltähendatud pingejagajas ainult vahelduvvool;

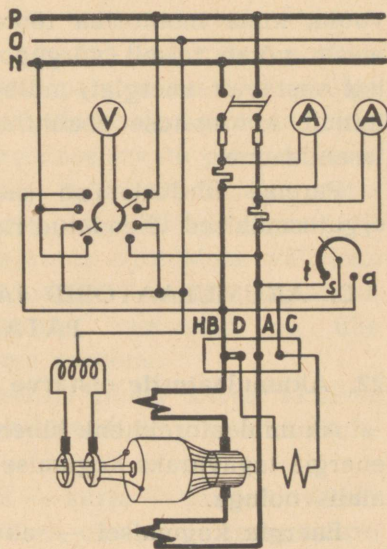
erineva koormatuse korral voolab välisjuhtmete voolude vahe läbi pingejagaja ankrusse tagasi.

Tavaliselt on pingejagaja koormatav kuni 15% välisjuhtme voolust.

21. Dünamo pöörleva pingejagajaga.

Dünamo on hariliku ehitusega ja lülitusega (vt. p. 12), ehitatud täispingele.

Pinge jagamiseks on agregaat kahest järjestikku lülitatud poole väiksema pingega alalisvoolumasinast. Masinad on omavahel mehaaniliselt siduriga ühendatud.

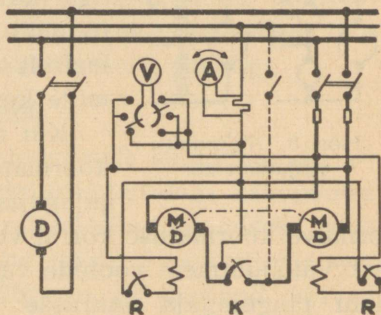


Joon. 9. Dünamo väljatoodud nullpunktiga.

Tavaline lülitus on näidatud joonisel 10. D — dünamo (440 V). MD — jagajamasinad (igaüks 220 V). K — käiviti. R — pinge regulaatorid.

Käiviti võib asetada ka ühte välisesse juhtmesse; sel juhul tuleb nulljuhtmesse asetada lüliti (joon. 10 punktiiris), mis lülitatakse sisse peale käivitamist.

Ühtlasel koormatusel jooksevad jagaja-masinad tühjalt nagu harilikud mootorid. Kui ühe võrgupoole koormatus suureneb, langeb selle poole pinge, kuna teisel poolel pinge tõuseb; viimases asetsev masin hakkab kõrgema pinge tõttu mootorina kiiremini tiirlema, sundides ka enamkoormatud poolel asetsevat masinat kiiremale tiirlemisele, mistõttu see muutub dünamoks, andes võrku voolu, kuna mootorina töötav masin võtab teiselt võrgupoolelt vastavalt energiat, millega toimub koormatuse ebaühtluse tasandamine.



Joon. 10. Dünamo eraldi pingejagajaga.

Parema ühtlustamise saavutamiseks on jagaja-masinate ergutusmähised ühendatud risti (vt. joon. 10).

C. AKUMULAATORID JA JAAMAD AKUMULAATORI PATAREIDEGA.

22. Akumulaatorite otstarve ja liigid.

Akumulaatoreid ehk lühendatult akusid kasutatakse elektrienergia tagavaraks kogumisel. Selline kogumine toimub ainult alalisvooluga.

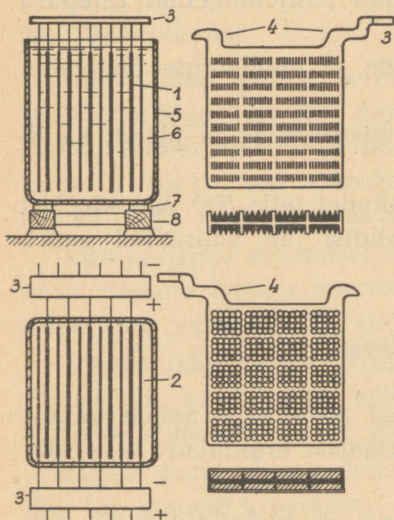
Energia kogumisel — akude laadimisel — muudetakse elektrienergia keemiliseks energiaks, hiljem akude tühjendamisel aga uuesti elektrienergiaks.

Vastavalt ehitusviisile on tarvitusel: a) tinaakumulaatorid; b) leelis- (raudnikkel-) akumulaatorid.

23. Tinaakumulaatorite tööviis.

Tinaaku kõige lihtsamal kujul koosneb lahjendatud väävelhappega täidetud anumast, millesse on asetatud kaks tina-plaati.

Voolu läbilaskmisel, s. o. aku laadimisel, muutub plaatide pinda kattev hall tinaoksüüdikiht pluss- (s. o. vooluallika pussklemmiga ühendatud) plaadil punakaspruuniks tinaülioksüüdiks — ülihapendiks (PbO_2), miinusplaadil halliks tinakäs-naks (tinapulbriks). Aku on laetud, kui oksüüdikiht on ter-vikuna ümber muudetud.



Joon. 11. Akumulaatori ehitus.

Voolu võtmisel annab aku voolu nagu galvaani element.

Aku mahtuvuse, s. o. temasse paigutatava elektrihulga suurendamiseks suurendatakse purgis asetsevate plaatide arvu; pluss- ja miinusplaadid asetatakse vaheldumisi (joon. 11), kusjuures äärmisteks välisteks plaatideks on miinusplaadid, mistõttu viimaseid on ühe võrra rohkem.

Peale selle suurendatakse plaatide pinda katva aktiivse massi hulka plaatide vastava ehitusviisiga või ettevalmistusega.

Ühe tinaakumulaatori elemendi — kärje — pinge on keskmiselt 2 V, kõikudes 1,8—2,1 V piires, olenemata tema suurus-st. Kõrgema pinge saamiseks tuleb rida elemente ühendada järjestikku akupatareiks.

24. Tinaakumulaatori ehitus.

Tinaaku tavaline ehitus on näidatud joonisel 11. Joonisel tähendavad:

1 — positiivsed plaadid,

2 — negatiivsed plaadid.

Plaadid toetuvad kas ülalservas asetsevate „lippudega” purgi äärelle või alumise randiga purgi põhjas asetsevaile klaasprismadele.

Plaadi alumine äär peab asetsema põhjast kõrgemal, et vältida otsesidet kahe plaadi vahel põhjalangenud tinapuru mõjul.

3 — tinaliistud üksikute plaatide ja elementide omavahe-
liseks ühendamiseks.

4 — „lipud” plaadi jootmiseks liistu külge ja plaadi kand-
miseks.

5 — anum (purk). Väiksemal akudel (alla 500 Ah) klaasist
või harvem ka tselluloidist, eboniidist jne. suuremal puust,
tinaplekist voodriga.

6 — väävelhape-elektrolüüt.

7 — purgi isolaator (klaas, portselan).

8 — puust alusraam.

Plaatide eraldamiseks üksteisest asetatakse nende vahele
auklikust puust, eboniidist või klaasist eraldajad — sepa-
raatorid.

Akudel, mis peavad taluma suuri voolutõukeid (auto star-
ter), on plaatide arv suurem ja plaadid õhemad; aktiivmassi
hulk ja mahtuvus on endised, lubatav vool suurem.

25. Plaadid.

Plaadid ehitatakse kas nn. ribiplaatidena, mille väline pind
on ribide tõttu tasapinnalisest kuni 10 korda suurem, kusjuures
aktiivne mass saadakse otse tinast, elektrokeemiliselt nn. for-
meerimise teel (näit. plaadi mitmekordse laadimise ja tühjen-
damisega), või kasutatakse võre- või auklike seintega

õhukesti kastikujulisi tinaplaate, milledele aktiivmass kantakse tinasilust (PbO) või menningist (Pb_3O_4) ja väävelhappest tehtud pasta näol.

Valmistamisel võivad plaadid olla täpselt ühesugused; nende polariteedi määrab esialgse laadimise või formeerimise suund.

Harilikult ehitatakse plussplaadid ribi-, miinusplaadid võreplaatidena.

Töötamisel omavad plussplaadid punakaspruuni, miinusplaadid hõbehalli värvust.

26. Väävelhape.

Väävelhape puhtal kujul on sööbiv vedelik. Koosseis: H_2SO_4 . Erikaal 1,84 (66° Bé). Elektrolüüdina kasutatakse tinaakumulaatoris destilleeritud veega lahjendatud väävelhapet. Hape ja vesi peavad võimalikult puhtad olema, sest vähimadki lisandid võivad mõjuda akule kahjulikult.

Vee ja happe segamisel tekib soojus, happesse vett valades võib viimane auruks muutudes happe laiali pritsida, seetõttu tuleb alati valada hapet vette.

Võttes lahjema elektrolüüdi, väheneb plaatide sulfatiseerumise oht, kuid ühtlasi väheneb lubatav maksimaalne voolutugevus, mida saab akust võtta.

Happe kangust märgitakse erikaaluga, harvem ka Beaumé (Bé; loe bomee) kraadides.

Mõõtmine toimub areomeetri abil. Viimane kujutab endast vedelikus püstasendis ujuvat ja jaotustega varustatud pulka; mida kergem on vedelik (mida väiksem tema erikaal), seda sügavamale vajub areomeeter.

Tavaliselt kasutatava happe kangus täislaetud akus on: starter- ja puhverakudel (suure voolutugevusega) 1,28; teistel akudel 1,18—1,20.

Tühjalt on happe kangus umbes 4—10 punkti väiksem, olenevalt aku ehitusest (massi ja happe hulgast jne.).

Happe pind peab asetsema plaatide ülemisest servast kõrgemal vähemalt 10—15 mm; happest ulatuvad välja ainult tinast lipud. Plaatide aktiivmassi happest väljaulatumine on kahjulik.

Kuna vee hulk elektrolüüsi tõttu väheneb, langeb aja jooksul elektrolüüdi pind ja viimast tuleb destilleeritud vee lisandamisega täiendada. Happe hulk normaalselt ei vähene ning selle juurdelisamine ei ole vajalik.

Tabel nr. 1. Akuhappe kangus ja koosseis.

Segu kangus: 1 l seguks vaja					Segu kangus: 1 l seguks vaja				
°Bé	Eri- kaal	hapet		vett l	°Bé	Eri- kaal	hapet		vett l
		l	kg				l	kg	
0	1,0	0	0	1	28	1,24	0,216	0,398	0,841
5	1,04	0,033	0,061	0,977	30	1,26	0,238	0,438	0,823
10	1,07	0,063	0,116	0,959	35	1,32	0,299	0,551	0,771
15	1,12	0,098	0,181	0,934	40	1,38	0,368	0,678	0,710
20	1,16	0,140	0,258	0,904	50	1,53	0,519	0,956	0,574
22	1,18	0,157	0,289	0,891	60	1,71	0,724	1,334	0,375
24	1,20	0,177	0,326	0,875	66	1,84	1,000	1,842	0,000
26	1,22	0,196	0,361	0,859	—	—	—	—	—

27. Akude laadimine ja tühjendamine. Aku vool.

Laadimine. Laadimisel ühendatakse mingi alalisvooluallika (näit. dünamo) plussklemm aku plussklemmiga ja miinus-klemm aku miinus-klemmiga.

Laadimiseks kasutatava vooluallika pinge peab olema vähe kõrgem aku patarei pingest — madalama pinge korral laadimine lakkaks (õgvendajatel) või aku koguni tühjeneks üle vooluallika; liiga kõrge pinge korral oleks vool ülemäära suur ning teda tuleks tarbe korral vähendada eeltakistusega.

Laadimisvoolu maksimaalne suurus on aku valmistaja firma poolt ette kirjutatud.

Tavaliselt:

$$J \text{ max} = \frac{Q}{3 \dots 5} \quad (\text{A})$$

(Q — akumulaatori mahtuvus Ah.)

(Näiteks on 10-Ah akul laadimisvool ca 3,5...2 Amp.)

Tavaliselt on lubatav voolutihendus 0,7—1 amprit ühe dm² plussplaadi pinna kohta (arvestada mõlema külje pinda).

Algul, kuni gaasimullide tekkimiseni (ca 2,4 V juures), laetakse täisvooluga, sealt edasi vähendatakse laadimisvoolu $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ peale.

Laadimisel tõuseb aku pinge ja elektrolüüdi erikaal.

Aku on täielikult laetud kui pinge ja erikaal enam ei muutu (vt. p. 26 ja 28).

Täislaetud akul on aktiivmass tervikuna keemiliselt ümber muudetud ja laadimise jätkamisel tarvitatakse elektrienergiat ainult vee elektrolüüsiks — vesi laguneb vesinikuks ja hapnikuks, mis mullidena eralduvad — öeldakse, et aku keeb.

Ülelaadimine nõrga vooluga ei ole akule kahjulik, aegajalt isegi soovitatav. Ülelaadimine tugeva vooluga (tugev happe keemine) loksutab aktiivmassi lahti ja on seetõttu ebasoovitav.

Tühjendamine. Aku plaadid ühendatakse välise vooluahelaga. Aku töötab galvaani elemendina — vool kulgeb plussplaadilt läbi välise vooluahela miinusplaadile ja sealt läbi happe uuesti plussplaadile.

Tühjendamisel tekib plaatidel tinasulfaat (PbSO₄) ja eraldub vesi, mistõttu hape lahjemaks muutub (erikaal langeb). Pinge langeb algul aeglaselt, hiljem kiiremini; ca 1,8 V juures tuleb tühjendamine lõpetada, sest edasisel tühjenemisel tekib suurel määral jämekristallilist tinasulfaati, mis on raskesti kõrvaldatav ja vähendab aku mahtuvust — akumulaator on „sulfatiseerunud“.

Sulfatiseerunud plaadid on välimuselt valkjad — jahutao-lise kattedega või tükkidega.

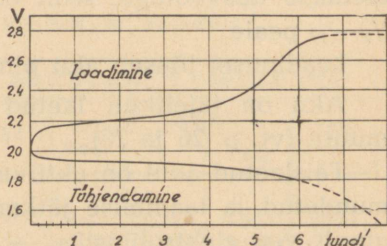
Tühjenemisvool võib laadimisvoolust paarkümmend protsenti suurem olla.

Ülemäära suur (näit. otseside-) vool on kahjulik — paisutab massi lahti või painutab plaadid kaardu.

Laadimise kontroll. Pinge mõõtmine annab ülevaate aku laadimise seisukorrast ainult laadimise alg- ja lõpp-punktides ja sedagi ainult töötaval akul (s. o. laadimise või tühjendamise ajal).

Täpse ülevaate aku laadimise olukorrast annab happe erikaalu mõõtmine; selleks tuleb aga algul kindlaks määrata happe erikaal täislaadimise lõpul (vt. p. 26).

Mõnikord on aku anumad varustatud laadimiskontrolliks 2—3 vastava erikaaluga ujukiga: kui kõik ujukid on põhjas, on aku tühi; on üks ujuk ülal — aku on pooltühi; kaks ujukit ülal — aku on laetud; kolm ujukit ülal — aku on täislaetud, kuid hape on liiga kange.



Joon. 12. Pinge muutumine aku laadimisel ja tühjendamisel.

28. Aku pinge.

Koormata seisva aku elemendi elektromotoorne jõud (pinge) on nii täislaetult kui ka tühjalt 2—2,05 V, olenevalt happe kangusest ja aku seisukorrast.

Täislaetud aku tühjendamisel (vooluvõtmisel) langeb pinge kohe 1,95—2 V-ni, sõltuvalt voolu suurusest, ning seejärel algul aeglaselt kuni 1,9 V, laadimise lõpu poole kiiremini, kuni ca 1,8 V-ni.

Lubatud lõpp-pinge on aeglasel (4—10 t.) tühjenemisel 1,80—1,83, kiirel (2—4 t.) tühjenemisel 1,75—1,80 V.

Aku pinge muutumine tühjendamise ja maksimaalse lubatud vooluga laadimise korral on näidatud joonisel 12.

Tühja aku pinge langeb vooluvõtmisel (tühjendamisel) kohe (mõne min. vältel) ca 1,8 V-ni.

Laadimisel tõuseb pinge kohe 2,15 V-ni ja seejärel algul aeglaselt, lõpu poole kiiremini kuni 2,7—2,75 V-ni.

29. Aku mahtuvus.

Aku mahtuvuse all mõistetakse seda elektrihulka, mida saab võtta laetud akust, kuni on saavutatud lubatav madalaim pinge (1,8 V). Aku mahtuvus ampertundides: $Q = J \times h$ (Ah), kus J on tühjendusvool (A), h — tühjendamise kestus tundides.

Mahtuvus on teatud piirini sõltuv tühjendusvoolu suuruselt.

Aluseks võttes 3 ha tühjenemist on mahtuvus:

tühjenemisel 1 tunni vältel	70%
" 2 " "	85%
" 3 " "	100%
" 5 " "	110—120%
" 10 " "	130—150%

Näide 1. Aku mahtuvus on 200 Ah. Mitu tundi saab akut tühjendada 10-A vooluga?

Lahendus: aeg $t = 200:10 = 20$ tundi.

Näide 2. Täislaetud akut koormati 3-A vooluga, kusjuures pinge 5 tunni pärast langes lubatud miinimumini. Kui suur oli mahtuvus? Lahendus: mahtuvus $Q = 3 \times 5 = 15$ Ah.

30. Aku kasutegur.

Gaasi tekkimise ja isetühjenemise tõttu on laadimiseks vajalik elektrihulk Q_1 suurem kui tühjenemisel saadav Q_2 .

Suhet $Q_2 : Q_1$ nimetatakse aku kasuteguriks ampertundides; selle suurus on tinaakul 0,9—0,95.

Energia suuruste suhtest olenev kasutegur vatt-tundides on pingelanguse ja sisetakistuse tõttu 0,7—0,75.

31. Akumulaatorite hooldamine.

Uued tinaakumulaatorid saadetakse välja kuivalt — kas purkidesse asetatult või eraldi pakitult. Akut tuleb pärast

esmakordset happega täitmist veidi aega (mõni tund) seista lasta ning siis täis laadida, soovitatavalt korduvalt, pausidega, kuni happe täieliku keemiseni.

Tinaakud vajavad võrdlemisi hoolikat järelevalvet ja kor-rashoidu.

Peamiselt tuleb valvata, et akusid ei tühjendataks üle-määra; selleks kontrollida aku pinget või happe erikaalu.

Elektrolüüdi hulka tuleb tarvidust mööda (umbes 2—4 näd. järel) täiendada destilleeritud vee juurdevalamisega.

Aeg-ajalt kontrollida elektrolüüdi kangust aku olles täis-laetud seisukorras; selleks tuleb akupatareid laadida, kuni kõik elemendid on täis laetud (s. o. keevad) ning siis elektro-lüüdi kangust vajadust mööda reguleerida üksikuis elemen-tides happe või vee juurdelisamisega.

Aku laadimisel tekivad hapnik ja vesinik, mis segunedes annavad plahvatava paukgaasi; seetõttu ei ole lubatav laadi-mise ajal akude läheduses lahtise tule tarvitamine ja samal põhjusel peavad ruumid olema hästi tuulutatavad.

Väiksemad akud on mõnikord kaetud õhukindla kaanega, milles leidub ava happe juurdevalamiseks ja gaaside eraldu-miseks. Ava sulgemine täiesti õhukindlalt ei ole lubatav, kuna sel juhul akus tekkiv gaasi ülesurve võib aku purustada.

Sulfatiseerunud akude parandamiseks tuleb hape välja va-lada, akud destilleeritud veega täita ja pikkamööda nõrga ca 10% vooluga täis laadida. Tarbe korral sama tehingut paar korda korrata.

32. Tinaakumulaatorite seismajätmine.

Seisev aku tühjeneb iseenesest ja võib pikaajalisel seismi-sel täielikult sulfatiseeruda. Seetõttu tuleb aku seismajätmisel täis laadida ja seda toimingut korrata iga 4—6 nädala tagant. Soovitatav on ka vähendada happe kangust.

Kui aku on vaja seisma jätta pikemaks ajaks, tuleb ta täis laadida, hape välja valada ja plaadid destilleeritud veega läbi loksutada. Happe paremaks kõrvaldamiseks võib ka täiend-

valt laadida nõrga ca 10% vooluga ja seejärel plaadid asetada puhtasse destilleeritud vette.

Plaatide kuivatamine ei ole soovitatav.

Alati täislaetud, kuid kasutamata aku mass võib kõveneda, mistõttu mahtuvus väheneb. Selle vältimiseks on soovitatav aku aeg-ajalt (2—3 kuu tagant) normaalvooluga tühjendada.

33. Tinaakumulaatorite iga.

Positiivsete plaatide iga on korralikul hooldamisel keskmiselt:

valgustusakudel 8—10 a.

starter- ja puhverakudel (mis töötavad suurte voolutõugete all) 6—8 a.

Negatiivsete plaatide iga on tavaliselt umbes kaks korda suurem.

Vananenud akul plussplaadid kõdunevad ja langevad lõpuks tükkidena nõu põhja. Kõlbmatuks muutunud ja lagunenud plussplaat saab üksikult uuendada, mistõttu aku iga suureneb ligi poole võrra.

34. Leelis- (raud-nikkel-) akumulaatorid.

Selle aku plaadid on nikeldatud terasplekist, milledesse on asetatud aktiivmass. Massi kandmiseks ehitatakse plaadid auklike õhukeste kastidena.

Aktiivmassiks on positiivseil plaatidel segu nikkelhüdrosüüdi ja nikli pulbrist, negatiivseil peenike käsnataoline rauapulber.

Elektrolüüdiks on kaaliumleelis (kaaliumi-seebikivilahus) erikaaluga 1,2.

Plaadid on asetatud terasnõusse (kasti), mille kaas on külge keevitatud. Kaanel asetsevad klemmid ning täiteava.

Seisva aku pinge on umbes 1,45 V, mis tühjendamisel langeb kiiresti 1,25—1,2 V-ni ja sealt edasi aeglaselt kuni 1 V-ni.

Keskmine tühjenemisinge on 1,2 V.

Laadimisel tõuseb pinge kuni 1,75 V.

Kasutegur ampertundides on ca 75%, vatt-tundides — 60%.

Leelisakude paremused, võrreldes tinaakuga, on:

1) veidi kergem kaal, 2) väiksem tundlikkus põrutuste, ülekoormatuse ja voolutõugete suhtes, 3) talub veatult ka aku täielikku tühjenemist.

Puuduseks on madalam pinge, kõrgem hind, väiksem kasutegur ja tundlikkus külma vastu.

35. Akude lülitus.

Tühjendamisel langeb ühe tinaaku pinge 1,8 V-ni. Sellele vastavalt peab tinaaku kärke (elementide) arv olema 110-V võrgus $110:1,8 = 60$; 220-V võrgus 120.

Laadimisel tõuseb pinge ca 275 V-ni, laadimiseks kasutatava vooluallika pinge peab olema 110-V võrgus 160—165 V; 220-V võrgus 320—330 V.

Aku ühendamisel laadimiseks tuleb täpselt jälgida, et poolused (+ ja —) oleksid õigesti külge ühendatud.

Kasutatavaid laadimislülitusi on kirjeldatud allpool.

36. Akumulaatori laadimine alalisvooluvõrgust.

Lülitus on näidatud joonisel 13-a. Kasutatav väikeste võimsuste juures.

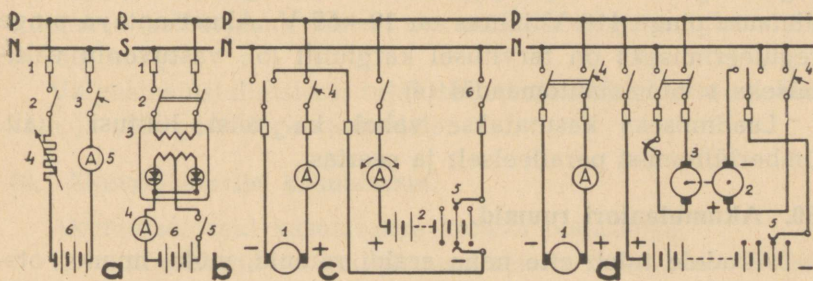
1 — kaitsmed; 2 — lihtlüliti; 3 — nullpinge-automaatlüliti, mis katkestab voolu pinge ärajäämisel (viimane võib ka puududa, kuid sel juhul tühjeneb laetav aku võrgupinge ärajäämisel); 4 — reguleeritav eeltakistus (takistusena kasutatakse tihti süsiniitlampe); 5 — ampermeeter. Lihtsamais seadmes võib see ka ära jääda — voolu suurus määratakse umbkaudu takistuse (või lampide arvu) põhjal.

Laadides madalpingelist akut (näit. 6-V) tavalise võrgupinge (110 või 220 V) juures, langeb suurem osa pingest ja ühtlasi võimsusest eeltakistusele, mispärast kasutegur on väga väike. Viimase suurendamiseks võib mitu (ka erineva pingega) akut lülitada seeriasse.

Suuremate võimsuste korral tuleb võrgu pinget vähendamiseks kasutada vastavat mootorgeneraatorit või umformerit.

37. Akumulaatori laadimine vahelduvvooluvõrgust.

Lülitus vastavalt joonisele 13-b. 1 — kaitsmed; 2 — lüliti; 3 — õgvendaja. Viimane sisaldab trafot (pinge vähendamiseks) ja õgvendusventiile (vt. p. 51). Õgvendaja on kas ühe teatava pingega (näit. 6-V) akude jaoks või saab õgvendajat



Joon. 13. Akude laadimislülitused.

kasutada erineva pingesuurusega (näit. 6- ja 12-V) akude jaoks — trafo mähiseid vastavalt ümber lülitades.

Nullpinge-automaat ei ole vajalik, sest õgvendaja vastasuunas voolu läbi ei lase.

Akusid võib laadida ka mitu korruga, kui õgvendaja võimsus seda võimaldab.

Õgvendaja asemel võib kasutada ka keerlevat muundajat.

38. Jõujaama patarei laadimine.

Väiksemates jõujaamades kasutatakse joonisel 13-c märgitud lülitust. See võimaldab võrgu toitmist dünamost, akust, mõlemast korraga ja aku laadimist võrgust eraldatud dünamoga, kusjuures laadimise ajal toidetakse võrku akupatareist. Joonisel tähendavad: 1) tavalise lülitusega šuntdünamo (joonisel on ergutusmähis märkimata), kuid pingetõstmise võimalusega 50% (näit. 110/165 V); 2 — aku patarei; 3 — ümber-

lüliti; 4 — minimaal-automaat — eraldab aku dünamost viimase seismajäämisel; 5 — kärglüliti — võimaldab (läbi lüliti 6) võrku antava pinge reguleerimist; reguleerimine toimub üksikute elementide juurde- ja ärälülitamise teel.

Kui dünamo pingest ei jätku aku laadimiseks või kui aku on võrreldes dünamoga väike — kasutatakse laadimiseks joo- nisel 13-d näidatud lisadünamot. Peadünamo (1) toidab ainult võrku; laadimiseks vajaliku lisapinge annab välis- (võrgu-) ergutusega lisadünamo (2), mida veab ringi mootor (3). Lisa- dünamo pinge 110 V juures on 10—55 V. Akust antava pinge reguleerimiseks on tarvitusel kärglüliti (5), vastuvoolu välti- miseks minimaalautomaadid (4).

Laadimiseks kasutatakse vahel ka teisi lülitusi, näit. ümberlülitamist paralleelselt ja seerias.

39. Akumulaatori ruumid.

Akudele tuleb ette näha eraldi ruumid, mida muuks ots- tarbeks ei kasutata. Ruum peab olema kuiv, valge ja hästi õhutatav, kaitstud tolmu sissetungi ja tugevate põrutuste eest.

Seinad ja lagi olgu puust või kivist. Ruumi koguneb vää- velhappe aurused, millede tungimist kõrvalruumi tuleb takis- tada. Raudosad kaetakse menningiga ja seejärel happekindla emallakiga. Lakiga kaetakse ka seinad, lagi ja ruumi muud osad.

Põrandaks võib olla puu või tsement asfaltkattega, või happekindlad põletatud saviplaadid.

Akupurgid asetatakse puuraamistikule. Viimane immuta- takse tõrva, värnitsa või asfaldiga. Purgid isoleeritakse tava- liselt üksikult raamistikust ja viimane omakorda põrandast klaas- või portselanplaatidega.

Purgid asetatakse nii, et juurdepääs neile oleks kerge.

Ühendusjuhtmeina (kärglülitisse jne.) kasutatakse isoleeri- mata ümmargust vaske või latte portselanisolaatoreil või man- telrullidel. Juhtmed kaetakse happekindla lakiga, õliga, vase- liiniga või tavotiga; samuti tuleb sisse õlitada kontaktkruvid.

Akupatareide kaal ja ruumitarvitus.

1 kWh kohta (3 tundi \times 0,33 kW)

	Väikesel; klaasnõus	Keskmisel; puunõus	Suurel; puunõus
Kaal kg	175	150	125
Põrandapind m ²	0,7—0,3	0,25	0,175

Juhtmete läbiviimised seinast tehakse õhutihedad — näit. suletakse isoleerplaati tehtud ava pudelikorgiga ja juhe viiakse läbi korgi.

Valgustusinstallatsioon tuleb teha vastavalt plahvatusohtlikele ja söövgaasidega ruumidele.

40. Akumulaatorite kasutamine.

Akumulaatoreid kasutatakse kaheks otstarbeks:

1) vooluallikana — kui dünamo seisab (näit. öösi väikese koormatuse ajal) või kui voolu hankimine otse dünamost on takistatud muul põhjusel;

2) puhvrina — kui koormatus on väga kõikum. Dünamo ja aku töötavad paralleelselt, väikese koormatuse ajal laeb dünamo akut, suure koormatuse ajal toidavad mõlemad võrku.

Erandjuhul asetatakse puhverakud ka võrku — toitepunktidesse, kus nad aitavad pingelangust vähendada.

Aku suureks puuduseks on ta kallis hind, eriti kõrgemate (üle 100-V) pingete juures, ja lühike iga.

Akusid kasutatakse praegu peaaegu eranditult väikese võimsuse juures: hädavalgustus kinodes, teatris ja avalikes ruumes, releede jne. käivitamiseks suurtes jõujaamades, autodel, rongidel, raadiovastuvõtu aparaatide toiteks jne. Harvem kasutatakse neid ka elektromobiilides — takistavalt mõjub siin aku suhteliselt suur kaal.

Suuremate võimsuste juures (7,5—15 kW ülespoole) on ehitus- ja kasutuskulude poolest odavam eraldi agregaaadi ülesseadmine.

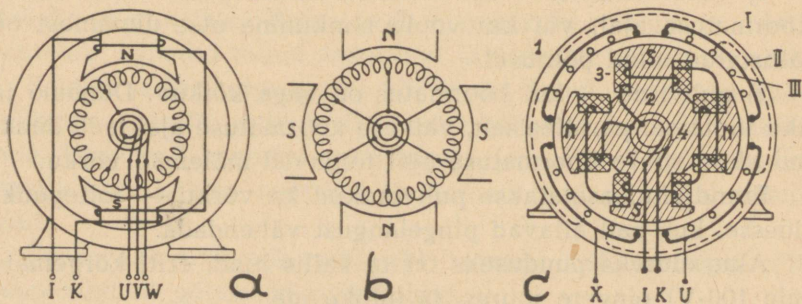
III. VAHELDUVVOOLU-JAAMAD

41. Alternaatoid.

Vahelduvvoolu-generaatorite — alternaatorite — tööviis põhjeneb „Elektriteoorias” p. 33 ning 34 a ja c kirjeldatud magnetoelektrilisel induktsioonil.

Neid ehitatakse kas pöörleva või paigalseisva ankruga.

Pöörleva ankruga alternaator. Kasutamisel väikeste (tavaliselt kuni 50-kW ja 500-V) võimsuste juures.



Joon. 14. Vahelduvvoolualternaatorite ehituskeem.

Ehituskeem on näidatud joonisel 14-a. Ehitus on täpselt sama, mis alalisvooludünamol, kuid kollektori asemel on keerdvoolul 3 (või 4), ühefaasilisel voolul 2 kontaktrõngast, millest vool juhitakse üle harjade välisvõrku.

Magnetmähiste toiteks vajalikku alalisvoolu võib võtta eraldi asuvast vooluallikast (välisergutus), kuid tavaliselt on ergutusvoolu saamiseks alternaatori võlli otsa asetatud veel

väike ergutusvoolu dünamo (omaergutus). Õige pisikestel masinatel võetakse ergutusvoolu ka otse ankrumähisest üle eraldi kollektori (endaergutus).

Pöörleva ankruga alternaatoreid ehitatakse kahe- või mitmepoolilistena (näit. joon. 14-b).

Paigalseisva ankruga alternaatori ehituskeem on näidatud joonisel 14-c. Joonisel tähendavad: 1 — staator (-ankur; ehitus- ja mähkimisviis on täpselt sama mis asünkroonmootoreil, vt. „Mootorid”, p. 34); 2 — pöörlev rootor — malmist või terasest ratas, külgekinnitatud magnetpoolustega; 3 — ergutusmähised; 4 — kontaktrõngad — ergutusvoolu rootoris juhtimiseks; 5 — rõngastel libisevad kontaktiharjad.

Masin ehitatakse kas ühe või mitme pooluse paariga.

Staatorist tuuakse välja klemmkarpi kuus mähise otsa, mähiste algused UVW ning lõpud XYZ. Tavaliselt on masin ühendatud tähes, kas väljaviidud nulljuhtmega või ilma, harvem ka kolmnurgas (vt. „Elektriteooria”, p. 62 ja 63).

42. Alternaatorite omadused.

1. P i n g e. Ehitatakse punktis 4 märgitud normaalpingeile. Tavaliselt kuni 15000 V-ni, erandjuhul kuni 35000 V-ni.

2. V õ i m s u s. Antud kVA-tes. Ülekoormatuse suhtes kehtib alalisvooludünamote kohta öeldu.

3. V õ i m s u s t e g u r oleneb võrgu koormatuse iseloomust. Tavaliselt ehitatakse alternaatorid $\cos \varphi = 0,8$, harvem 0,7 jaoks. Madalama $\cos \varphi$ korral suureneb võrdse amperaaži (kVA) juures pingelangus masinas, ergutust tuleb suurendada, mille tulemusena ergutaja ja magnetmähised võivad üle kuumeneda või ei suuda masin anda täiskoormatuse ajal täit pinget.

4. Kasuteguri suurus on väikestel masinatel (10—100 kVA) ligikaudu 0,85—0,9, suurtel 0,9—0,95.

5. Tiirud. Alalisvooludünamot saab ehitada igasugusele tiirude arvule, vahelduvvoolul on tiirud määratud pooluste arvu ja sagedusega. Tavalise 50 per/s korral on:

Pooluste arv:	2	4	6	8	10	12	16
Pöörete arv min.:	3000	1500	1000	750	600	500	375

43. Alternaatorite lülitus.

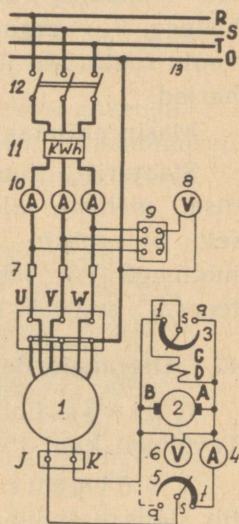
Alternaatorite lülitus ja ühendamine välisvõrguga väiksema jõujaama jaoks on näidatud joonisel 15. Joonisel on: 1 — alternaator; 2 — ergutusdünamo; 3—ergutusdünamo regulaator; 4—ergutusvoolu ampermeeter; 5 — alternaatori ergutusregulaator; 6—ergutusvoolu voltmeeter. Punkt 5 ja 6 võivad väiksemis seadiseis ka ära jääda. 7 — kaitsmed; 8 — voltmeeter; 9 — voltmeetri ümberlüli (viimase võib koostada kolmest seinakontaktist); 10 — ampermeetrid; 11 — voolumõõtja; 12 — kolmepooliline lülitus; 13 — kogumislatid.

Suuremais seadiseis tuleb üles seada veel vattmeeter.

44. Alternaatori kaitseabinõud.

a. Väiksemail masinail, kuni paarisaja kVA-ni: harilikud sulavkaitsmed või ülevooluautomaadid. Viimased ei kaitse masinat rikete (näit. 2 faasi vahelise otseside) korral masinas endas.

b. Suuremail masinail teostatakse kaitset järgmiste rikete vastu: 1) ülevool (ülekoormatuse- või otseside korral välises vooluahelas) — kaitseks ülevoolu rele; 2) faasidevaheline otseside masina enda sees — kaitseks väiksemail masinail (umbes 500 kVA alates) masina nullpunkti asetatud ülevoolu rele, suuremail (üle 1000 kVA) — eriline diferentsiaalrele;



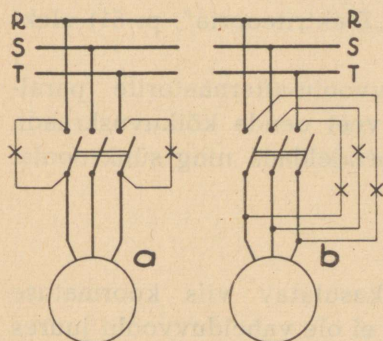
Joon. 15. Alternaatori lülitusskeem.

3) kere- (maa-) ühendus ja keerdudevaheline ühendus masina sees — kaitseks kasutatakse suuremail (üle ca 2500 kVA) vastavaid maaühendus- ja keerukaitsereleesid.

Ülaltähendatud releed mõjutavad masina pealülitit, lülides selle välja (vt. ka „Kõrgepingetehnika“) ja ühtlasi alandavad tavaliselt masina pinget, lülitades takistuse ergutusahelasse.

45. Paralleeltöö.

Vahelduvvoolu-alternaatorite lülitamisel paralleeltöös peab olema võrdne pinge, võrdne sagedus ja faaside ühtlus.



Joon. 16. Faaside kontroll alternaatorite paralleel-lülitusel.

Nende kolme tingimuse täitmisel jooksevad masinad sünkroonselt ning neid võib paralleelselt kokku lülitada ühiste lülitustele.

Pinget mõõdetakse tavaliselt ühe ümberlülitatava voltmeetriga. Tarbe korral muuta ergutust.

Sagedust mõõdetakse kahe eraldi või ühe kahekordse sagedusmõõtjaga. Tarbe korral muuta jõumasina tiirusid.

Kui pinge ja sagedus on võrdsed, võivad faasid veel erineda, näit. võib lülitel R-is olla pluss- ja ühendataval masinal samal hetkel ja samas juhtmes miinuskaksimum, s. o. faaside vahel on nihkenurk 180° ja ühendatavate klemmide vahel on kahekordne pinge.

Faaside ühtlust kontrollitakse väikestes seadistes faasilampidega; viimaste kasutamisel võib sagedusmõõtja külge lülitataval masinal ka puududa. Kasutusel on 2 lülitust, mis on märgitud joonisel 16.

a. „Pimelülitus“. Lülitite kontaktide vahele ühendatakse hõõglambid. Põlevad lambid tuhmilt või süttivad ja kustuvad kiiresti, on erinevus suur. Aeglasel süttimisel ja kustumisel

on masinad ligikaudu sünkroonis. Kui lambid on kustunud, on saavutatud sünkroonsus ning masinad ühendatakse lüliti abil. Ühendatud masinad jooksevad iseendast sünkroonselt.

b. „Pöördtuli-lülitus”. Sünkroonsuse puhul on ülemine lamp kustunud, alumised põlevad ühtlase heledusega; üle- või alasünkroonsuse juures pöörleb valgus (s. o. lampide süttimise järjekord) ühes või teises suunas.

Suuremais seadiseis kasutatakse faasilampide asemel mitmesuguse ehitusega (näit. osutiga) sünkronoskoope või automaatseid isetöötavaid sünkronisaatoreid.

Vahelduvvoolugeneraatorite paralleellülitamisel on vajalik, et nende voolukõverikud (vt. „Elektriteooria”, p. 51) oleksid võimalikult sinusoidaalsed.

Jõumasinate valikul vahelduvvoolu-alternaatorite paralleeltöökseks tuleb silmas pidada ka veel nende kõikuvuskraadi, sest muidu võivad alternaatorid pendeldada ning sünkroonist välja langeda (vt. p. 92).

46. Koormatuse jaotus.

Alalisvooludünamote juures kasutatav viis koormatuse jaotamiseks pingereguleerimisega ei ole vahelduvvoolu juures läbiviidav; ergutuse suurendamisel tekib masinate vahel ainult reaktiivne tasandusvool — amperaaž suureneb, kuid vattmeetri osutus jääb peaaegu endiseks.

Koormatuse pealevõtmiseks tuleb suurendada jõumasinate pöördemomenti, suurendades primaarenergia (auru, nafta, vee jne.) hulka. Esimesel hetkel rootori poolused nihkuvad staatoris keerleva magneti pöördvälja suhtes veidi edasi, kuni masin jookseb kaasa suurema võimsusega.

Kõigil paralleelselt töötavil masinail pöörlevad rootorid suhteliselt võrdse kiirusega, liikudes edasi poole perioodi vältel pooluse vahemaa võrra.

Tühijooksul pöörlevad rootori ja staatori (pöördvälja) poolused kohastikku. Väheneb jõumasina pöördemoment, hakkab pöördväli rootorit kaasa vedama — masin töötab sünkroon-

mootorina; pöördemomendi suurenemisel annab masin energiat võrku.

Jaama pinge tõstmiseks tuleb tõsta ergutust kõigil alternaatoreil, sageduse muutmiseks püsiva koormatuse jaotuse juures tuleb muuta tiiruregulaatori asendit kõigil jõumasinail. Viimane toimub väikestel masinatel käsitsi, suuremail lülituspuldilt juhitava, jõumasina regulaatoril asetseva, mootori abil.

Ulaltoodud põhjusil ei ole läbiviidav kahe paralleelselt töötava alternaatori käitamine ühelt ja samalt transmissioonilt või jõumasinalt, alternaator ja jõumasin moodustavad kokku omaette terviku — nn. agregaadid.

IV. VOOLU MUUNDAJAD.

47. Muundaja ülesanne ja tüübid.

Muundaja ülesandeks on antud vooluliigi ümbermuutmise mingiks teiseks liigiks.

Vastavalt ehitusele ja tööviisile jagunevad muundajad:

a. Pöörlevad muundajad:

- 1) mootorgeneraatorid;
- 2) üheankru-umformerid (konverterid);
- 3) kaskaadumformerid.

b. Õgvendajad (alaldajad), vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks:

- 1) mehaanilised õgvendajad;
- 2) elektrilised õgvendajad: oksüüd- (kuiv-) õgvendajad; elektrolüüt-õgvendajad; hõõgkatoodeõgvendajad — õhutühjad või gaasitäitega; helktuliõgvendajad; elavhõbedaauru leegiga õgvendajad.

c. Vaheldajad (inverterid) alalisvoolu vahelduvvooluks muutmiseks.

A. PÖÖRLEVAD MUUNDAJAD.

48. Mootorgeneraator.

Koosneb kahest eraldi masinast — mootorist ja generaatorist, mis on ühendatud omavahel siduri või rihmaga.

Kasutatav igasuguste vooluliikide ümbermuutmisel, näit.: alaline — vahelduvaks, vahelduv — alaliseks, alaline — teise-pingeliseks, vahelduv — teisesageduslikuks või -faasiliseks.

Vahelduvvoolumootorina kasutatakse väikeste võimsuste puhul asünkroonmootorit, suuremate puhul — võrgu $\cos \varphi$ parandamiseks — sünkroonmootorit.

Mootorgeneraatorite puuduseks on nende madal kasutegur, sest viimane on mootori ja generaatori kasutegurite korrutis. Asünkroon-alalisvooluagregaadil on see näit. ligikaudu:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ kW juures } 0,72 \times 0,79 = 0,57, \\ 10 \text{ " " " } 0,84 \times 0,86 = 0,72. \end{array}$$

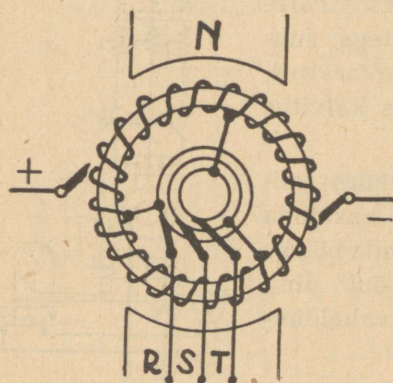
49. Üheankru-umformer (konverter).

Ehitus on sama, mis alalisvooludünamol, kuid ankur omab ühel pool otsas kollektorit, teisel pool kontaktrõngaid (joonis 17). Juhtides kollektori kaudu ankruksse alalisvoolu —

saame kontaktrõngastelt vahelduvvoolu ja ümberpöörduvalt, s.t. umformer võimaldab alalisvoolu muutmist vahelduvaks ja vahelduvvoolu muutmist alaliseks. Ehitatakse neid umbes 300 kW-ni kolmefaasilistena (3 rõngast), üle selle kuuefaasilistena.

Pingete suhe on kindel; kolmefaasilistel: $U_v = U_a \times (0,65 - 0,69)$, kuuefaasilistel: $U_a = U_v \times (0,71 - 0,76)$, kus U_a on alalisvoolu, U_v — keerdvoolu pinge.

Näit. 230 V alalisvoolu puhul on keerdvoolu pinge ca 154 V.



Joon. 17. Üheankru-umformeri ehitusskeem.

Normaalpingete saamiseks tuleb kasutada transformaatorit (joon. 18).

Pinge reguleerimine on võimalik ainult vahelduvvoolu poolt, tavaliselt astmelise trafoga, harvem (väiksemal) ka paispoolidega. Ergutuse muutmine muudab ainult võimsustegurit.

Käivitamiseks on kolm moodust:

a. Alalisvooluga, üle käiviti. Ühendamiseks pinge all

oleva vahelduvvooluvõrguga tuleb seda muundajat sünkroniseerida nagu alternaatoritki.

b. Keerdvoolu poolt, väikese abimootoriga. Ühendamiseks tuleb sünkroniseerida.

c. Keerdvoolu poolt asünkroonmootorina (joon. 18), vähen-datud pingega; sel juhul üheankru-umformer peab olema varustatud nn. s u m m u t u s m ä h i s e g a. Peale käivitamist satub umformer ise sünkrooni. Viimasel juhul on alalisvoolu polariteet juhuslik (+ ja — poolused võivad vahetuda); tarbe korral ergutus ümber lülitada.

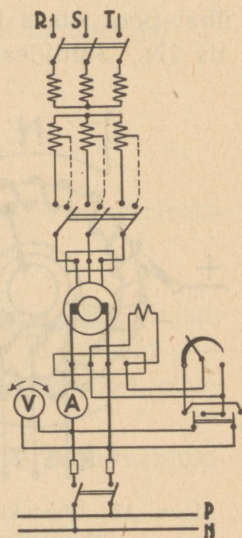
Paralleeltöö dünamotega või akudega on raskusteta läbiviidav.

Üheankru-umformerit kasutatakse hari-likult suuremate võimsuste juures. Pare-mus võrreldes mootorgeneraatoritega: suu-rem kasutegur, väiksem ruumitarvitus, odavam hind. Puuduseks tülikas käivitus ja pingereguleerimine.

Üheankru-umformer kujutab endast uni-versaalset masinat — teda võib kasutada umformerina alalisvoolu muundamiseks vahelduvvooluks või ümberpöördult ning mootorina kas alalis- või vahelduv-voolul.

50. Kaskaadumformer.

Kaskaadumformer seisab ehituselt ja omadustelt mootorgeneraatori ja üheankru-umformeril vahel. Asünkroonmootor ja ala-lisvooludünamo asetsevad otsastikku, kus-juures rootor ja ankur asetsevad samal völliil ning on elektri-liselt omavahel ühendatud. Osa energiast kandub üle mehaa-niliselt, osa elektriliselt. Käivitatakse teda asünkroonmooto-rina. See tüüp on viimasel ajal vähe kasutusel.



Joon. 18. Üheankru-umformeril lülitus.

B. ÕGVENDAJAD.

51. Õgvendajate (alaldajate) tööviis ja lülitused.

Õgvendajate tööviis põhjeneb nähtusel, et rida erilise ehitusega kontakte töötavad nn. elektrilise ventiilina, s. t. lasevad elektrivoolu läbi ainult ühes suunas.

Sellisteks ventiilideks on näiteks oksüüdiga kaetud vaskplaat, hõõgkatood jne.

Õgvendajate lülitused on näidatud joonisel 19.

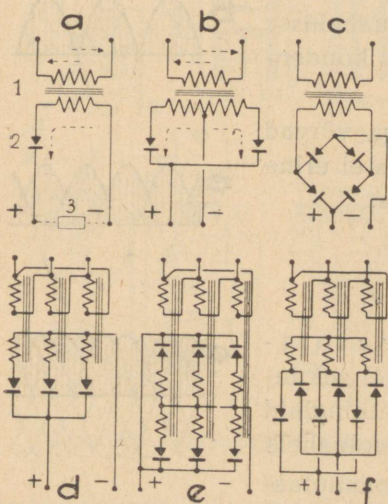
a. Poolperiood-õgvendaja.

Kui ühefaasilise transformatori (1) sekundaarmähisesse (või ka otseselt võrgust võetud vahelduvvoolu juhtmesse) asetada õgvendusventiil (2), siis läbib tarvitajat (3) ühesuunaline pulseeriv vool. Seesugune õgvendaja kasutab ainult vahelduvvoolu üht poolperioodi (joon. 20 a).

b. Kahe ventiiliga täisperiood-õgvendaja (joon. 19 b) juures trafo sekundaarmähis omab kahekordset pinget ja keskelt väljatoodud nullpunkti. Mõlemad pooled töötavad vaheldumisi.

c. Nelja ventiiliga täisperiood-õgvendaja (Graetz'i lülitus) on näidatud joon. 19c. Paremused võrreldes eelmisega: trafo on mähitud ühekordsele pingele, ilma nulljuhtmeta. Punktides b ja c tähendatud õgvendajate voolukuju on näidatud joon. 20b.

Keerdvoolu juures on kasutusel peamiselt kolm lülitust (joon. 19 d—f);



Joon. 19. Õgvendajate lülituskeemid.

d) kolmefaasiline poolperiood-õgvendaja lülitus (voolukõverik vastavalt joon. 20c);

e) kolmefaasiline keskpunktiga (täisperiood-õgvendaja) lülitus;

f) kolmefaasiline Graetzi lülitus.

Viimased kaks annavad ühtlasema voolukõveriku (joon. 20d).

Joonisel 19 on trafo raudsüdamik tähistatud kolme kriipsuga.

Õgvendajast saadav vool on pulseeruv. Voolu silumiseks (vt. joon. 20e) kasutatakse tarbe korral alalisvooluahelasse asetatud drosseleid üksi või koos kondensaatoritega.

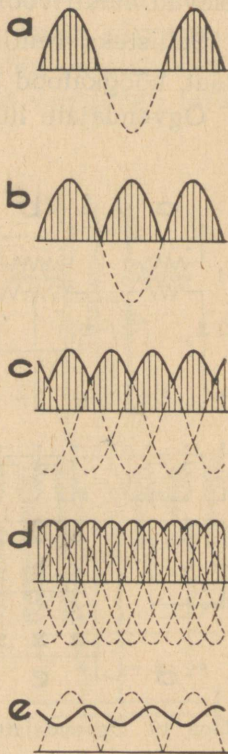
Õgvendajad koos drosselitega võivad anda täielikult ühtlase voolu, mis ei erine alalisvooludünamo või aku omast.

52. Mehaaniline õgvendaja.

Neid ehitatakse:

a. Pöörleva kommutaatoriga (joon. 21a). Transformaatori (1) sekundaarmähisega ühendatud kohtkindlaid kontakte (2) ühendab alalisvooluahela kontaktidega (3) vaheldumisi kommutaator (4), mida käitab väike sünkroonmootor (5). Otsene kontakt saavutatakse sädeme või harjadega. Kasutamisel kõrgete pingete juures (röntgeniapaarid jt.).

b. Vibreerivate kontaktidega. Vibreerimist saavutatakse permanent-magnetiväljas asetseva raudankru mõjutamisel vahelduvvoolumähisega. Neid õgvendajaid kasutatakse akude laadimisel.



Joon. 20. Õgvendajate voolukõverikud.

Mehaaniliste õgvendajate puuduseks on väike kasutegur (50—60%) ja nad tekitavad radiohäireid, mispärast neid on praegu vähe kasutusel.

53. Kuivõgvendaja.

Õgvendusventiilina kasutatakse mõningate metallide ja metallühendite kombinatsioone, millede kokkupuutepinnad juhivad elektrit ühes suunas. Tuntuimad ained kuivõgvendajate valmistamiseks on punane vask ja vaseoksüduul ning vask ja seleen.

Vaseoksüüd - kuivõgvendaja ehitus on näidatud joonisel 21b. 1 — vaskseib; 2 — õhuke vaseoksüduuli kiht; 3 — vastaselektrood, tavaliselt tina; 4 — jahutusribid või plaadid; 5 — isoleeraine; 6 — surveplaadid ja polt.

Juhib voolu vasest oksüüdi (noole) suunas.

Tõkkepinge on 4—6 V, kõrgem pingetungib läbi mõlemas suunas.

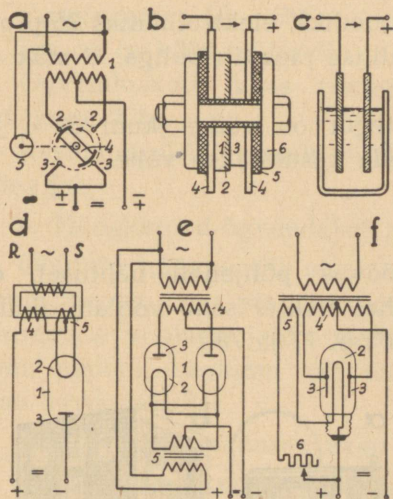
Kõrgema pinget korral asetatakse mitu elementi seeriasse.

Kasutegur 60—70%, olenemata pingest. Ehitatakse neid peamiselt akude laadimiseks, magnetitele ja elektrolüüsiks, pingele kuni 80 V, harvem kuni paarisaja voldini.

Voolu suurus tavaliselt 0,25 — 10 A.

Paremused: tugev ehitus, lihtne järelevalve, pikk iga.

Õgvendaja ühes vajaliku trafoga, kaitsmetega, ampermeetriga jne. on monteeritud raudkasti (joon. 22-a).



Joon. 21. Õgvendajate tüübid.

54. Elektrolüütõgvendaja.

Ventiilina kasutatakse mõningaid metalle vedelikus.

Ehitus on näidatud joonisel 21c. Elektrolüüdiga täidetud anum asetsevad kaks metallplaati. Kasutavad tüübid:

a. Alumiinium anoodiks, raud katoodiks (alalisvoolu plussiks), elektrolüüdiks ammooniumkarbonaat. $U_{max} = 30 - 40$ V.

b. Tantaal anoodiks, tina katoodiks, elektrolüüdiks 25-protsendiline väävelhape 1-protsendilise rauavitriooliga. $U_{max} = 20 - 30$ V.

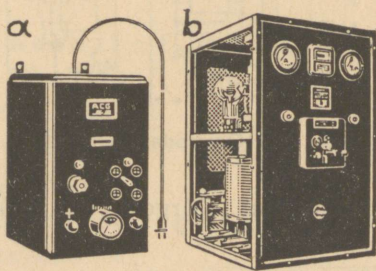
Elektrolüütõgvendaja kasutegur on väike (kuni 30%) ja käsitsemine tülikas, seetõttu teda kasutatakse vähe.

55. Hõõgkatoodõgvendaja.

Hõõgkatoodõgvendajate tööviis põhjeneb nähtusel, et kuuma ja külma elektroodi vahel elekter saab voolata ainult ühes suunas (vt. „Elektriteooria“, p. 77 ja 78).

Lülitusskeem on näidatud joonisel 21d — ühe ventiiliga, 21e — kahe ventiiliga ja 21f — ühe kahekordse ventiiliga.

Joonisel tähendavad: 1 — õhutühi klaaskolb; 2 — elektrivoolu abil hõõguma aetud katood; tavaliselt volframist või volframbaariumi- või tooriumioksüüdi kihiga, kuna neil emissioon (väljaantavate elektroonide hulk) on suurem; 3 — anood — metallplekist, piirab katoodi tavaliselt torukujuliselt; õige suurtel (üle 1 kW) on see veega jahutatav; 4 — transformaatori sekundaarmähis (anoodi toiteks; 5 — transformaatori sekundaarmähis ka-



Joon. 22. Oksüüd- ja hõõgkatoodõgvendaja ehitus.

toodi kütteks — omab madalat (2—12 V) pinget, kuid on transformaatori südamikust isoleeritud vastavalt kõrgele pingele; 6 — kütte reguleertakistus.

Hõõgkatoode-õgvendajad ehitatakse kas täielikult õhutühjadena või gaastäitega.

a. Õhutühi hõõgkatoode- (elektron-) õgvendaja (kenotron) ehitatakse igasuguseile pingele kuni 250 000 V ja tavaliselt vooludele kuni 10 A.

Kasutegur ca 60 — 70%.

Iga on ca 1 000 töötundi.

Õgvenduskolb koos trafoga jne. monteeritakse kokku (vt. joon. 22b).

Kasutamisel laialdaselt akude laadimiseks, röntgeniaparaatides jne.

b. Hõõgkatoode-õgvendajad gaastäitega.

Õhutühi hõõgventiil omab suurt sisetakistust ja suurema voolu juures suurt pingelangust. Selle vältimiseks täidetakse suuremate voolude jaoks määratud ventiilid hõrendatud argoni, neoni, heeliumi või elavhõbedauruga (gaasotroonid,ioon-õgvendajad).

Lülitused ja omadused nagu ülal näidatud.

Kasutatakse akude laadimiseks jne.

56. Helktuli-õgvendaja (huumlamp-õgvendaja).

Ventiilina kasutatakse hõreda gaastäitega kolbi, milles on kaks elektroodi.

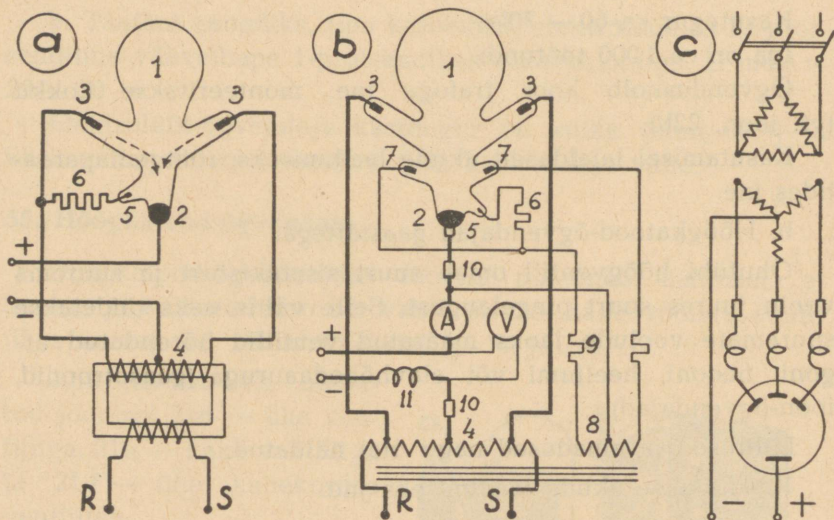
Elektroodide vahel tekib helktuli (vt. „Elektriteooria“, p. 79 ja 80), kusjuures katoodi ja anoodi pindade suuruse suure erinevuse tõttu vool läbib kolvi peamiselt ühes suunas.

Suure sisetakistuse ja pingelanguse tõttu kasutatakse neid õgvendajaid väga väikeste voolude juures (kuni 0,25 A), peamiselt väiksemate akude laadimiseks otse vahelduvvooluvõrgust ja ilma trafota, kusjuures kolb töötab ventiilina ja eeltakistusena.

C. ELAVHÕBEDAUR-ÕGVENDAJA.

57. Tööviis.

Elavhõbedaur- (Hg) õgvendajate tööviis põhjeneb nähtusel, et külma ja kuuma elektroodi vahel asetsev elektrileek juhib voolu ainult ühes suunas — külmast kuuma (vt. „Elektriteooria“, p. 77 ja 78).



Joon. 23. Elavhõbedaur-õgvendajate skeemid.

Õgvendaja ehitusskeem on näidatud joonisel 23-a. Joonisel tähendavad: 1 — õhutühi, töötamise ajal elavhõbedauruga täidetud kolb; 2 — elavhõbedast katood; 3 — metallist või grafiidist anoodid; 4 — toitetransformaator; 5 — süüteelektrood; 6 — süüteelektroodi eeltakistus.

Õgvendaja töösserakendamiseks kallutatakse kolbi käsitsi (või elektromagnetiliselt).

Süüteelektroodi ja katoodi vahel tekib galvaaniline kontakt; kolbi tagasi lastes katkeb otsene kontakt ja tekib leek, mis aurutab elavhõbeda ja ioniseerib kolvi sisemuse, nii et

vool peaelektroodide (3) kaudu voolama hakkab. Edaspidist ioniseerimist tekitab juba töövool ise.

Elekter voolab trafost läbi anoodide katoodi ja katoodist läbi välise alalisvooluahela uuesti trafo nullpunkti. Kolvi katood on alalisvoolu positiivseks, trafo nullpunkt negatiivseks pooluseks.

58. Elavhõbe-õgvendaja lülitused.

Õgvendajaid ehitatakse ühefaasilisi (joon. 23 a, b) või kolmefaasilisi (skemaatiliselt näidatud joon. 23 c). Viimased ehitatakse suuremate võimsuste korral 6, 12 jne. anoodiga.

Väiksemate pingete juures (vahelduvvoolul 220 V-ni, keerdvoolul 380 V-ni) kasutatakse üheainsa mähisega autotransformaatoreid (joon. 23 b), kõrgemate pingete juures tuleb kasutada eraldi mähistega trafosid (joon. 23 a ja c). Eraldi mähiseid tuleb kasutada ka siis, kui keerdvoolul nullpunkt ja alalisvoolul üks pooluseist on maandatud.

Nulljuhtmega keerdvoolu-võrgus võib kolmefaasilisel õgvendajal trafo teataval juhul ära jätta. Ilma trafota annab $3 \times 380/220$ V võrku lülitatud õgvendaja ca 230 V alalisvoolu. Alalisvoolu pinge reguleerimine ei ole sel juhul võimalik. Sellist lülitust kasutatakse mootorite juures ja ka akude laadimiseks üle drosseli. Võrgu nulljuhe peab olema nii tugev, et talub terve alalisvoolu suuruse.

59. Endaergutus.

Kui õgvendaja koormatus (vool) langeb alla teatava miinimumi, kustub leek ja seda tuleks koormatuse suurenemisel kolvi kallutamise uuesti süüdata. Selle vältimiseks on muutliku koormatuse jaoks määratud õgvendajad varustatud veel ergutusvooluringiga (joon. 23 b).

Kolb on varustatud abielektroodidega (7), mida toidab üle takistuse (9) peatrafote asetatud toitemähis (8). Joonisel tähendavad veel: 10 kaitsmeid, 11 — drosselit (voolu pulseeruvuse vähendamiseks); muu nagu p. 58.

60. Elavhõbe-õgvendaja ehitus.

Pisemad neist (5—500 A) ehitatakse klaaskolbidega. Kolvid on suure jahtumisruumiga, elavhõbedaauru veeldamiseks.

Anoodid on asetatud üksteisest eemale, eriti kõrgemate pingete korral, et vältida otsesidet kahe anoodi vahel.

Kolvid ühes vajalike trafode, reguleerimisaparaatide ja mõõduriistadega on tavaliselt monteeritud kokku raamistikule, mille esikülj on ühtlasi lülituskilbiks.

Suuremate võimsuste juures varustatakse õgvendajad tihti veel jahutusventilaatoritega.

Voolude juures ca 500 A ülespoole ehitatakse õgvendajad raudkolviga. Viimases asetsevad isoleeritud katood ja 6, 12 või enam anoodi. Kolb on varustatud õhupumbaga ja sageli ka vesijahutusega.

Hg-õgvendajad ehitatakse tavaliselt pingele 50 V (akude laadimiseks) kuni 20000 V (raadiojaamad).

61. Pinge ja pinge reguleerimine.

Alalis- ja vahelduvvoolupingete suhe on kindel. Uhefaasilisel voolul: $U_a = 0,9 \cdot U_v - e$, ja kolmefaasilisel voolul: $U_a = 0,68 \cdot U_v - e$, kus U_a = alalisvoolu pinge (V), U_v = vahelduvvoolu (keerdvoolu) pinge (V), e = pingelangus õgvenduskolvis; viimane on 15—25 V, olenemata tööpingest. Koormatuse kasvamisel e veidi väheneb, õgvendaja omab nn. negatiivset karakteristikut.

Pinge reguleerimine toimub vajaduse korral astmelise trafoga vahelduvvoolu poolt. Reguleerimine võib toimuda kas töötamise ajal koorma all või pingetult, olenevalt trafo ja regulaatori ehitusest.

Kuna õgvendaja pinge on määratud trafo ehitusega, — siis võib väiksemate pingete juures üht ja sama kolbi kasutada ka erinevate pingete — näiteks 110 V ja 220 V juures.

62. Vool ja ülekoormatus.

Elavhõbe-õgvendajad on pinge kõikumiste, voolutõugete ja lühiajalise ülekoormatuse või otseside vastu võrdlemisi tundetud.

Kestval ülekoormatusel või halva jahutamise korral võib kolb niivõrra kuumeneda, et ventiili mõju lakkab ja tekib tagasisüüde — vool läbib õgvendajat mõlemas suunas, alalisvoolu-ahel ja trafo mähised satuvad otsesidesse ning õgvendaja eraldub võrgust kaitsmete läbipõlemise tõttu või ülevooluautomaadiga.

Praktikas esineb sääraseid juhtumeid aga väga harva ning väljalangenud õgvendaja võib kohe tagasi lülitada.

63. Kasutegur.

Kaod elavhõbe-õgvendajas koosnevad:

- a) pingelangusest kolvis;
- b) kadudest trafos;
- c) omatarvitusest abimehhanismides (ergutus, ventilaator, pump).

Pingelangus on 15—25 V, keskmiselt 20 V; sellele vastavalt on kaod kolvis 100 V juures 20%, 10000 V juures 0,2%, või kasutegur vastavalt 0,8 ja 0,99%.

Alla 60-V pingete jaoks elavhõbe-õgvendajaid madala kasuteguri tõttu tavaliselt ei ehitata.

Uldiselt on Hg-õgvendaja kasutegur, eriti kõrgemate pingete juures, üle 0,9, jäädes 25- kuni 100-prots. koormatuse juures praktiliselt püsivaks.

64. Õgvendaja nulljuhtmega alalisvooluvõrgu toiteks.

Hg-õgvendajat võib kasutada ka nulljuhtmega võrgus, kuid pinge jaotus õgvendajas endas ei ole läbiviidav; viimasest tuuakse välja ainult äärmised pluss- ja miinusjuhtmed, pingegaotajana tuleb kasutada kas pöörlevat agregaatiga kahest masinast või akupatareisid.

65. Paralleeltöö.

Hg-õgvendajad ei ole otseselt kõlblikud paralleeltööks, sest neis koostöö on ebapüsiv; koormatuse suurenemisel pingelangus õgvendajas väheneb — see omakorda kutsub esile täiendava koormatuse kasvamise, kuni üks õgvendajaist terve koormatuse enda peale võtab ja teised välja langevad.

Paralleeltööks määratud õgvendajaid varustatakse vahelduvvooluahelas drosseliga, et saavutada langevat karakteristikut. Säärased õgvendajad võivad töötada paralleelselt omavahel kui ka alalisvooludünamotega ja umformeritega.

Drossel annab suurema pingelanguse täiskoormatuse juures, mistõttu seadis tarbe korral, kui on tegemist väga kõikuva koormaga, näit. valgustus koos liftiga, liiga suure pingekõikumise vältimiseks tuleb valida võimsam.

Harilikult saadetakse omaette üksikult töötavad õgvendajad välja ilma primaardrosselita; viimase võib tarbe korral ka hiljem külge monteerida.

66. Elavhõbe-õgvendajate kasutamine.

Õgvendajaid kasutatakse: a) akude laadimiseks, b) alalisvooluvõrkude toiteks keerdvoolu-magistraalidest — tavaliselt pinge reguleerimisega kuni $\pm 10\%$ piires; c) alalisvoolumootorite käitamiseks keerdvooluvõrkudes, ka tugevasti kõikuva koormatuse korral (liftid); d) laboratooriumides, raadiojaamades jne.

Olenevalt sellest, kas pulseerimine on lubatud (akud) või mitte (võrk), varustatakse alalisvooluahel voolukõveriku silumiseks vajaliku drosseliga.

Hg-õgvendaja paremused, võrreldes pöörlevate umformeritega, on:

- 1) hea kasutegur, eriti kõrgemate pingete juures ja osalisel koormatusel;
- 2) tundetus pinge- ja voolutõugete suhtes;
- 3) vähene järelevalve vajadus — õgvendaja võib töötada ka automaatselt, järelevalveta nagu transformatorigi;

4) kaal on kerge, pöörlevad massid puuduvad, mistõttu pole vaja erilist vundamenti ja ülesseadmine on võimalik tavalistel lagedel; montaaž on kiire;

5) vaikne käik; neid võib üles seada ka elumajadesse.

Puuduseks — seni võrdlemisi kõrge hind.

Klaaskolvi iga on ca 10 000—15 000 töötundi, erandjuhul ka rohkem.

V. LÜLITUSSEADISED.

67. Lülitusseadise otstarve ja liigid.

Lülitusseadis koosneb elektrivoolu juhtimiseks, mõõtmiseks ja rikete vältimiseks vajalikest aparaatidest.

Väikestes jõujaamades koondatakse kõik aparaadid masinaruumi seina äärde paigutatud tahvlile — lülituskilbile, suuremais eri lülitusruumi või lülitushoonesse.

68. Lülitusaparaatide suurus.

Tavaliselt ehitatakse lülitusaparaadid alljärgnevate nimivoolusuuruste jaoks:

2, 4, 6, 10, 15, 25, 60, 100, 200, 350, 600, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000 ja 6000 A.

Ülaltoodud rida ei ole kehtiv mõõduriistade suhtes.

A. LULITID.

69. Lihtlülitid.

Lüliteid kasutatakse üksikute vooluahelate ühendamiseks ja eraldamiseks.

Madalpinge-lülitusseadiseis kasutatakse peamiselt kang-ehk vinnaklüliteid (joon. 24).

Ehitatakse neid 1-, 2- ja 3-poolilistena, vooludele 25... 2000 A.

Alalisvoolu-lülitid on momentnugadega vooluahela kiireks katkestamiseks; vahelduvvoolu puhul pole see oluline.

Kasutatavamad tüübid on näidatud joon. 24.

a. Lahtine lüliti isoleerainest sokliga. Juhtmete ühendamine soovi kohaselt lülituskilbi eest või tagant. Lubatud kasutamiseks ainult elektriseadmete talitusruumes.

b. Sama, ilma soklita, monteerimiseks isoleerainest (marmor-) kilbile.

c. Lülitid kaitsekapega. Tavaline levinuim tüüp.

d. Lülituskilbi taha paigutatav lüliti (ilu mõttes või suuremate voolude korral).

Erandjuhtudel on kasutusel:

e. Umberlülitid (joon. 25-a), kahega või ilma.

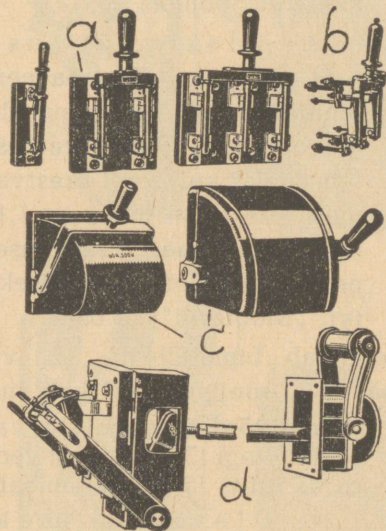
f. Akumulaatori kärglüliti. Viimane on kahekordsete kõrvuti asetatud kontaktidega ning nende vahel asetseva takistusega — elemendi otsesidesse asetamise vältimiseks üleminekul ühelt kontaktastmelt järgmisele.

Peale noakujuliste kontaktidega kanglülitite kasutatakse harvem ka lüliteid vastamisi surutavate harja-

või klotsikujuliste kontaktidega ja valtslülitid, millel kontakte ühendavad pöörataval valtsil asetsevad segmentid.

Karplülitid väiksemate (alla 25 A) installatsioonide jaoks on toodud osas „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon“ p. 53, kõrgepingelülitid „Kõrgepingetehnikas“.

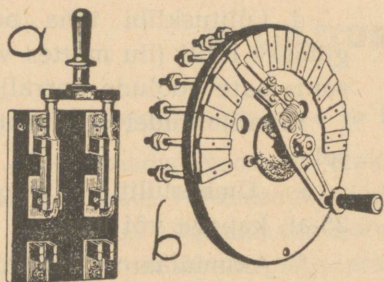
Karplülitite teljed, kanglülitite käepideme metallsüdamikud ja muud sellised osad ei tohi olla otseses elektrilises ühenduses voolu juhtivate osadega.



Joon. 24. Lülitid.

70. Automaatlülitid.

Automaatlülitid täidavad harilikult lüliti ülesandeid, kuid peale selle katkestavad vooluahela iseendast, kui olukord muutub seadisele ohtlikuks.



Joon. 25. Umber- ja kärglüliti.

Kasutatavamad automaatide liigid ja väljalülitamise viis lihtsustatud kujul on näidatud joonisel 26.

a. Ülekoormatuse automaat. Ei reageeri lühiajalistele, ka suurtele ülevooludele, kuid katkestab ahela, kui vool kestvalt (üle paari min.) on 1,1-kuni 2-kordne. Kasutusel peamiselt mootorite kaitseks (vt. „Mootorid”, p. 63).

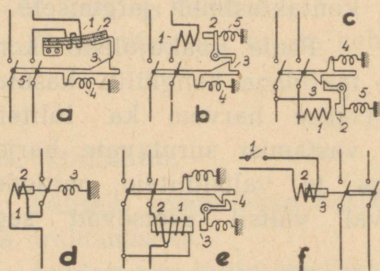
Tööviis: Küttespiraal (1) soojendab bimetal-riba (2; vt. „Mõõtmistehnika”, p. 10). Ülemäärasel soojenemisel kooldub

riba niivõrd ülespoole, et vabastab lingi (3), mistõttu vedru (4) lüliti (5) lahti tõmbab.

b. Ülevoolu- (maksimaal-) automaat.

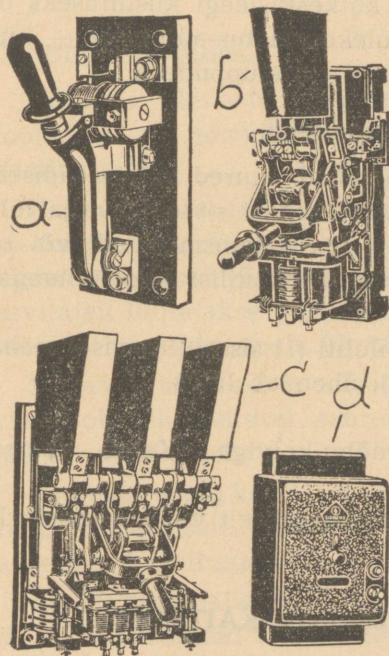
Täidab sulavkaitsmete ülesandeid, katkestades ahela voolu ülemäärasel suurenemisel. Tööviis: Voolumähis (1) tõmbab endasse ankru (2), mistõttu vallandub lüliti hoidev link (3). Voolu suurus on tavaliselt reguleeritav vedru (5) pingutamise

ga. Katkestusvoolu suuruseks võetakse harilikult liinidel ja juhtmeil 1,1-kuni 2-, mootoreil 3- kuni 10-kordne normaalvool.



Joon. 26. Automaatlülitite lihtsustatud skeemid.

c. Alapinge- (nullpinge-) automaat. Katkestab ahela, kui pinge kaob. Tööviis: mähis (1), tõmmates ankrut (2) külge, hoiab kinni lüliti lingi (3) kaudu. Pinge kadumisel vedru (5) vallandab lingi.



Joon. 27. Automaatlüliteid.

des nüüd ühesuunaliselt, tõmbavad ankrut (3) enda külge, mistõttu vabaneb lüliti link (4).

Kasutusel peamiselt paralleelselt töötavate masinate, harvem akude juures.

Väga tihti ehitatakse automaat mitme, näit. ülevoolu-, ülekoormatuse- ja nullpinge-päästikuga korraga.

Ülevoolu-automaadid eranditult ja teised enamikus on varustatud vabajooksu-siduriga, mis võimaldab ahela katkes-

Kasutusel suuremais jõuseadiseis, vältides mootorite ootamatut käivitust pinge tagasitulekul.

Alapinge ümberlülitit (releed) kasutatakse ka hädavalgustuse sisselülitamiseks.

d. Minimaalautomaat. Katkestab ahela, kui voolutugevus langeb alla teatava survega. Tööviis: mähis (1) hoiab kinni ankrut (2), voolu nõrgenemisel vedru (3) tõmbab lüliti lahti. Kasutatakse akude laadimisel.

e. Vastuvoolu-automaat. Katkestab ahela, kui voolu (või vahelduvvooluenergia) suund muutub. Tööviis alalisvoolul: pinge- (1) ja voolumähised (2) mõjuvad vastamisi. Voolu suuna muutumisel mähised, mõju-

tamist ka kinnihoitava käepideme korral. Uueks sisselülitamiseks tuleb käepide algul tagasi tõmmata.

Mõningad automaatide ehitused on näidatud joon. 27:

a — alalisvoolu vastuvoolu-automaat; b — sama vabajooksu-siduriga; c — ülevoolu- ja nullpinge-automaat — lah-tine, töövooludele kuni 600 A; katkestusleegi kustutuseks on ülal isoleerainest lahtrid; d — ülekoormatus-automaat — kin-nine, töövoolule kuni 10 A; talitus surunuppudega.

71. Lülitid mehaanilise sisselülitamisega.

Asetseb lüliti kaugel (näit. pumbad, suured lülitusseadised) või tuleb lüliti sageli või mitmest kohast sisse ja välja lüli-tada (liftid, suured mitme mootoriga tööstusmasinad) või on lüliti väga suur, siis kasutatakse mehaanilist sisselülitamist. Kasutusel on kolm viisi:

a) magnetiga (joon. 26 f): abilüliti (1) sisselülitamisel mähis (2), tõmmates endasse ankru (3), ühendab lüliti;

b) elektrimootoriga;

c) elektriliselt juhitava suruõhu-kolvigaga. Kahte viimast kasutatakse suurjaamades.

Väljalülitamine toimub kas mehaaniliselt või automaatselt, vedruga.

B. ÜLEVOOLU- JA ÜLEPINGE-KAITSMED.

72. Ülevoolu põhjused.

Ülevoolu (liigvoolu) põhjusteks on:

a) otseside kahe juhtme vahel;

b) ülekoormatus;

c) teatud tingimustel (maandatud nullpunkt või suur ja laialdane võrk) maaühendus.

Ülevoolu mõju on kahesugune:

a) termiline — juhtmed ja masinad soojenevad, kus-juures temperatuur võib tõusta nii kõrgele, et isolatsioon rik-neb ja masinad või juhtmed läbi põlevad;

b) d ü n a a m i l i n e: otseside-vool mõjub nagu vasara-löök, painutades juhtmeid ja isolaatoreid (vt. „Elektriteooria”, p. 45).

Võimsuste juures alla paari MW arvestatakse ainult termilist mõju.

73. Ulevoolu-kaitse.

Kaitseks ülevoolu termilise mõju vastu katkestatakse vooluahel; see toimub kas sulavkaitsmete või ülevoolu-automaatide abil.

Ulevoolu dünaamiline mõju on silmapilkne ja selle piiramiseks tuleb seadis suurtes jõujaamades ehitada mehaaniliselt tugevam; jaama või otse jaama juures asuvail väiksemail tarvitajail lülitatakse voolu piiramiseks tihti ette erilised drosselid või võetakse voolu üle transformaatori.

Sulavkaitsmed. Vooluahelasse asetatakse peenike traat, mis voolu ülemäärasel suurenemisel niivõrra kuumeneb, et põleb ära või sulab.

Suurema voolu korral on traat jämedam või asetatakse mitu traati paralleelselt, kuna väga suurte voolude puhul kasutatakse ka plekiribasid.

Traadi materjaliks on oksüdeerumise vältimiseks tavaliselt hõbe või hõbetatud või nikeldatud vask.

Läbipõlemisvool on osaliselt sõltuv jahtumise tingimustest; jämedam, soojusisolatsiooniga ümbritsetud traat põleb läbi niisama suure vooluga kui peenem traat, kuid vajab selleks mitu korda enam aega. Sääraseid aeglaselt põlevaid kaitsmeid kasutatakse erandjuhul, peamiselt mootoriliinidel.

Kaitsmeile on märgitud nende nimivool. Kasutatavad kaitsmete nimivoolu suurused on:

2, 4, 6, 10, 15, 20, 25, 35, (50), 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300, 350 A jne.

Läbipõlemisvool on kõrgem — antud allpool tabelis.

Tabel nr. 2. Kaitsmete läbipõlemisvool.

	Kaitsme nimivoolu suurus A			
	6,10	15...25	35...200	
Peab taluma 1 tunni vältel	1,5-	1,4-	1,3-	kordset normaalvoolu
Peab põlema läbi 1 tunni vältel	2,1-	1,75-	1,6-	kordse normaalvooluga

Harilikult põlevad tavalised kaitsmed läbi:

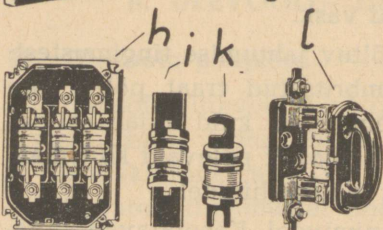
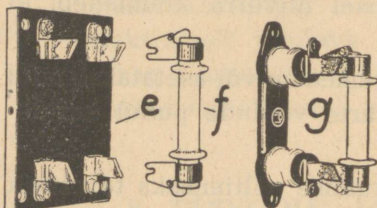
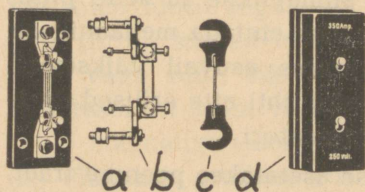
5-kordse voolu korral ca 0,1 sek. vältel.

10- " " " " ca 0,01 " "

Ülevoolu-automaadid.

Ülevoolu-automaadi töötamisviis on toodud p. 70 b.

Paremused: kerge käsitsemine ja kiire vooluahela tagasiühendamine; puuduseks kallim hind.



Joon. 28. Sulavkaitsmed.

74. Ribakaitsmed.

Ehitus on näidatud joonisel 28 a—d.

Isoleerainest alusel asetsevate kontaktide vahele kinnitatakse kruvide abil kaitselamellid (-ribad). Ehitatakse sokliga (a) ja ilma (b), ühe-, kahe- ja kolmepoolilistena. Mitmepoolilistel on isoleerainest vaheseinad. Alused 60, 100, 200, 350, ja 600 A, harvem kuni 4000 A, pingetele 250, 500 ja 750 V. Lamellid

(c) valmistatakse p.73 märgitud voolu suurustele 4 A alates.

Pealt on see tavaliselt kaetud isoleerainest kaiega või asbestvoodriga plekk-kaiega (d).

Paremused: lihtne ja odav ehitus; puuduseks suur leek ja tülikas käsitlemine.

Tabel nr. 3. Hõbedast kaitsetraatide ligikaudne läbisulamisvool.

Läbisulamisvool	Traadi läbimõõt mm	Traadi põikipind mm ²	1 m kaal g
2	0,08	0,005	0,055
4	0,12	0,013	0,15
6	0,18	0,025	0,28
10	0,27	0,057	0,63
15	0,35	0,096	1,1
25	0,47	0,174	1,9
40	0,65	0,33	3,65
60	1,0	0,786	8,7
100	1,4	1,54	17,0

Vase poolt talutav vool on umbes 10% väiksem.

75. Torukaitsmed.

Ehitus on näidatud joonisel 28 e—g.

Kaitsetraat on paigutatud isoleerainest (tavaliselt portselanist) torusse (f). Torul on otstel kontaktnoad, millede abil ta asetatakse vedrukontaktide vahele. Kontaktid asetsevad kas isoleerplaadil (e) (kuni 500 V), või portselanisolaatoreil (g), 750 V alates. Voolusuurused on nagu ülalgi.

Kaitsetraadi läbipõlemisel tekkiv ülerõhumine puhub leegi kahelt poolt toruotsast välja, aidates nii kaasa kustutamisele. Kaitsetoru tuleb asetada selliselt, et toru otsa kohal ei asuks voolu juhtivaid metalloosi.

Kaitselamelli traat on saadaval tükiviisi, väiksemate voolude jaoks ka meetriviisi.

Käsitsus kerge ja kasutamine odav, seetõttu on torukaitsesuuremate voolude puhul (üle 25 A) väga levinud.

76. Padrunkaitsmed pesakeermega.

Eespool kirjeldatud riba- ja torukaitsmete puuduseks on lahtise leegi tekkimine läbipõlemisel, mis teeb raskeks nende kasutamise kitsas ruumis, näit. malmist kaablikastis; peale

selle vajab kaitsmete uuendamine suuremat oskust ja vilumust. Seetõttu kasutatakse voolude juures 2—25 A-ni (millised voolusuurused esinevad tavaliselt mitteamperaatrite poolt käsitsetavais installatsiooniseadmes) peaaegu eranditult, ja 35- kuni 200-A voolude jaoks väga tihti padrunkaitsmeid, kus sulav traat on asetatud steatiit-padrunile ja selles ümbritsetud leegi kustutamiseks veel räniliivaga.

Padrun kruvitakse vastavasse pesasse.

Ehitusliike on kirjeldatud osas „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon“, p. 43—50.

77. Padrunkaitsmed kontaktklemmidega.

Ehitus on üldiselt sama, mis p. 76, kuid padrun on varustatud otstel kontaktiga (joon. 28 h—l); viimased on kas noakujulised (i), millede abil padrun vedrukontaktide vahele surutakse (h), või on kruviga kinnitatavad (k). Mõnikord on klemmidega padrunkaitsmed varustatud ka käepidemega (l) pingel all kohaleasetamiseks.

Ehitatakse neid vooludele 25—350 A, harvem kuni 1500 A ja pingetele kuni 500 V, kolmes liigis:

a) Harilik-kiire: 5-kordse vooluga põleb läbi 0,1 sek. vältel.

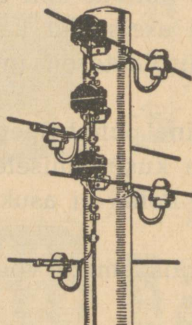
b) Aeglane: 5-kordse vooluga põleb läbi 3—6 sek. vältel.

c) Selektiivne: 5-kordse vooluga põleb läbi 3—4 minuti vältel.

Paremused võrreldes torukaitsmetega: väike ruumitarvitus, tuleohutus ja töökindlus. Puuduseks kallis hind.

78. Ülepingekaitsmed.

Madalpingevõrgus on peaaegu ainsaks ülepinge põhjuseks pikne. Kaitseks võib kasutada ülepingekaitsmeid (joon. 29).



Joon. 29. Ülepingekaitsmed.

Viimane ühendab juhtme üle väikese sädevahe ja takistuse maaga. Tavaliselt kasutatakse takistusmaterjalina ainet, mille takistus pinge tõusul väheneb (näit. siliiti).

Asetuse ja kasutuse kohta maksab p. 103 öeldu, ehitust ja tööviise on kirjeldatud kõrgepingetehnika käsitluse juures.

C. LULITUSKILBID.

79. Lülituskilbi materjal ja ehitus üldiselt.

Lülituskilbi materjalina on kasutusel:

a. Raudplekk (raudkard) profiilrauast raamistikul. Kõik pinge all olevad osad asetatakse kohale isoleeritult. Tahvel värvitakse mustaks või halliks.

b. Poleeritud marmor. Sellele kui isoleerainele kinnitatakse kõik voolukandvad osad (nagu lülitite kontaktid jne.) vahetult, ilma isoleerainest aluseta.

Isoleertehnilisest küljest marmor ei anna mingit paremust ja leiab kasutamist praegu ainult harva, ilu mõttes. Kõrgepinge jaoks ei ole marmor nõrga isolatsiooni tõttu kõlblik.

Suuremaid marmortahvleid tuleb monteerida nii, et tahvel toetuks alumise äärega raudraamile ning nurkades asetsevad kinnituskruvid ei kannaks raskust (nurk praguneks), vaid hoiaksid ära üksnes tahvli ümberlangemise. Isolatsiooni suu-
rendamiseks kaetakse tahvel lakiga.

Puud ja teisi süttivaid materjale ei või kasutada otseselt lülituskilbi materjalina, küll aga sisseraamimiseks jne. ning ajutistes seadmetes ka kandekonstruktsioonina.

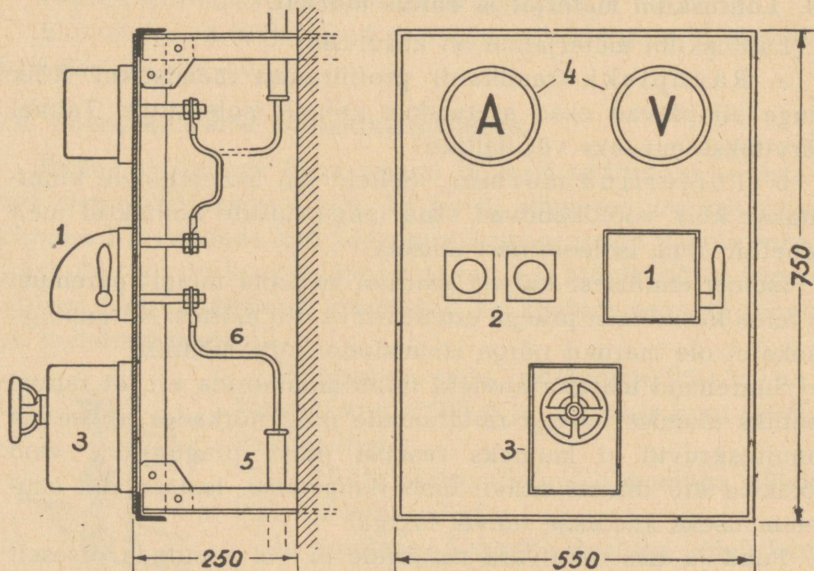
Tabel nr. 4. Isoleerimata voolu juhtivate osade nagu ühenduspoltide jne. minimaalsed kaugused omavahel ja lülituskilbi metallosadest.

Pinge V	Õhkvahe mm			Vahe isoleeraine pinnal mm		
	kuni 25 A		üle 25 A a ja b	kuni 25 A		üle 25 A a ja b
	a	b		a	b	
250,380 . . .	3	6	7	4	6	10
550	4	10	10	6	10	12
750	20	20	20	20	20	20
1 500	—	—	25	—	—	5

a — vahe kahe juhtme vahel.

b — vahe juhtme ja metallist kandekonstruktsiooni vahel.

Kui paljasjuhtmed asetsevad isoleerainel (näit. marmoril), võivad tekkida nende vahel, isoleeraine välispinnal, nn. ronivad voolud, eriti niiskes ruumis; selle vältimiseks on juhtmete vahe isoleerainel, nn. ronimisvahe, võetud ülaltoodud tabelis veidi suurem kui otsene õhkvahe.



Joon. 30. Lülituskilp.

Lülitid tuleb kohale monteerida selliselt, et nad oma raskuse mõjul vooluahelat sisse või välja ei saaks lülitada.

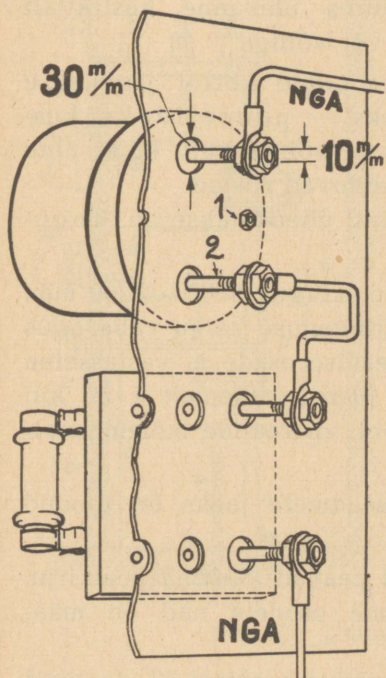
Puutepinge suhtes tuleb silmas pidada osas „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon“ p. 59—66 toodud nõudeid.

80. Lülituskilp väikesele seadmele.

Väikesil seadmeil asetatakse kilp tavaliselt vastu seina, jättes kilbi taha ainult niipalju ruumi, kuivõrd see on vajalik monteerimistöde ja ühenduste läbiviimiseks.

Näide sellise lülituskilbi ehitusest on toodud joonisel 30. Kilp on 3-mm raudkarrast, needitud nurkrauast raamile.

Aparaatide kinnitamisviis on näidatud joonisel 31. Viimasel tähendab: 1 — kinnituskrugi, 2 — vooluühenduste polti.



Joon. 31. Lülitusaparaatide kinnitamine raudlülituskilbile.

Väiksemas aparatuuris, nagu diazed-kaitsmed, kus vooluühenduse polt on ühtlasi ka kinnituspoldiks, tuleb viimase ümber asetada isoleerainest torumuhv ja mutri alla isoleeriseib.

Juhtmed viiakse kilbini torus, rullidel või kaablina; kilbi taga tehakse ühendused lahtise NGA-ga. Viimane võib vahetult kokku puutuda ka kilbi raudosadega.

Üks kasutatavamaid töövõtteid lülituskilbi valmistamisel seisab selles, et kõik vajalikud aparatuurid asetatakse vastava suurusega papptahvlile. Pappil märgitakse kõik kinnituspoltide augud ja juhtmete läbiviimiseavad, ning sel teel saadud mustri järgi valmistatakse kardtahvel. Kilbitagune on soovitatav pealt ja külgedelt katta karraga.

Teine viis lülituskilbi ehitamiseks on kahekordse kilbi kasutamine: kõik aparatuurid, juhtmed ja ühenduskontaktid asetsevad kilbi peal. Viimane kaetakse pealt kardkaanega, millest ulatuvad välja läbi vastavate väljalõigete ainult mõõduriistade, kaitsmete jne. ülemised osad.

81. Lülituskilbid suuremais jõujaamades.

Lülituskilp asetatakse seinast eemale. Harva käsitletavad aparaadid, näit. kaitsmed, asetatakse kilbi taha. Tihti on ka lülitid ja enamik regulaatoreid jne. kilbi taga, ees asetsevad ainult vastavad käepidemed. Mõnikord asetatakse suuremad aparaadid, nagu regulaatorid, õlilülitid jne., eemale, majakorra võrra allapoole jne., kusjuures ülekanne käsirattalt aparaadile toimub keti ja trossiga või võlliga.

Suurema arvu masinate ja aparaatide korral jaotatakse terve lülituskilp üksikuiks väljadeks — paneelideks, kusjuures ühele paneelile paigutatakse võimalikult kõik ühte voluringi (näit. ühele masinale) kuuluvad riistad.

Kõik juurde- ja ärajuhitud liinid ühendatakse nn. kogumislattide külge.

Tavalised lülituskilbi mõõdud on: kõrgus 1800—2200 mm, ühe paneeli laius 700—900 mm. Kilbitaguse käigu vaba laius (s. o. kaugus kaitsekatteta lülitusseadise osade ja vastasseina vahel) peab madalpinge-seadmeis olema vähemalt 1 m, kui aparaadid asetsevad ainult ühel pool, aparaatide mõlemapoolsel paigutusel umbes 2 m.

Vastavad mõõdud kõrgepinge-seadmete jaoks on toodud osas „Kõrgepingetehnika“.

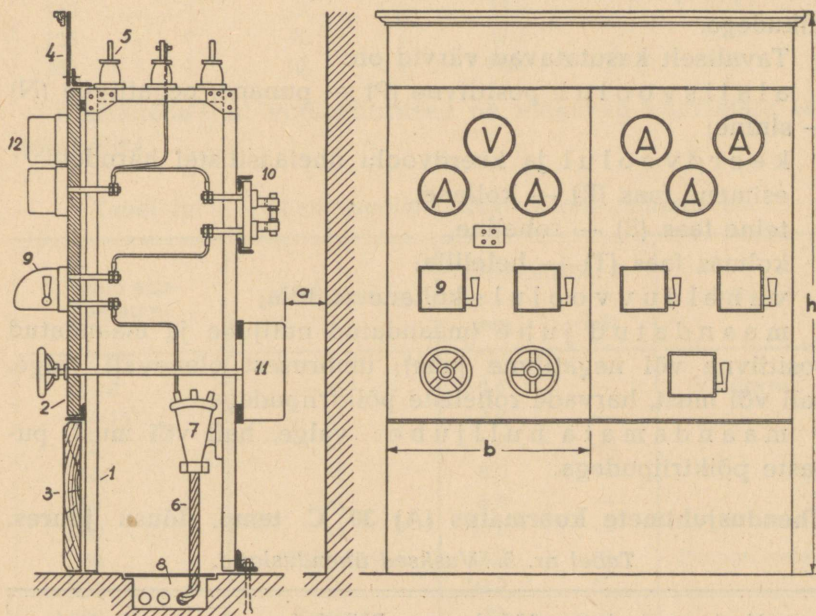
Kaitsmed ja tarbe korral lülitid peavad kandma pealkirju, missugustele ruumidele või seadme osadele nad on määratud.

Näide lülituskilbi ehitusest on toodud joonisel 32. Joonisel tähendavad: 1 — nurkrauast raamistik, 45 × 45 mm; 2 — marmorkilp; 3 — puusokkel; 4 — kardbarjäär puuliistuga ülal; 5 — kogumislattid, portselanist tugiisolaatoreil; 6 — kaabel; 7 — kaabli muhv; 8 — kaablikanal rihveldatud kardkattega; 9 — lüliti; 10 — kaitsmed; 11 — regulaator; 12 — mõõduriistad.

Väga suurtes jõujaamades asetatakse generaatorite mõõdujne. aparaadid lülituspultidele: viimastel asetsevad ka nn.

komandoparaatide nupud ja käepidemed lülitite, regulaatorite jne. juhtimiseks, kuna vastavad aparaadid ise asetsevad eraldi lülitusruumides.

Kõrgepinge lülitusseadmed on kirjeldatud osas „Kõrgepingetehnika”.



Joon. 32. Lülituskilp suuremale seadmele.

82. Ühendusjuhtmed ja kogumislattid.

Ühendusjuhtmeina generaatorist lülitusseadmeni kasutatakse tavaliselt kaableid, mis on asetatud põrandasse ehitatud kanaleisse; viimased kaetakse pealt raud- või tsementplaatidega.

Väikeste voolude korral kasutatakse vahel ka NGA-d raudtorus, väga suurte voolude korral aga vasklatte.

Ühendusjuhtmeiks lülituskilbi taga on isoleerimata vasklatid ja -vardad, väiksemate voolude korral ka NGA-juhtmed.

Aparaatidesse viiakse vool kontaktpoltide kaudu (vt. joon. 31, 32).

Vastavate lattide ja poltide koormatus on toodud alljärgnevais tabelis.

Eraldamiseks ja orienteerumiseks värvitakse kogumislattid ja ühendusjuhtmed üle või varustatakse üksikute värviliste laikudega.

Tavaliselt kasutatavad värvid on:

a l a l i s v o o l u l: positiivne (P) — punane, negatiivne (N) — sinine;

k e e r d v o o l u l ja keerdvoolu ühefaasilistel harudel:

esimene faas (R) — kollane,

teine faas (S) — roheline,

kolmas faas (T) — helelilla;

v a h e l d u v v o o l u l: kollane ja lilla;

m a a n d a t u d j u h e (maandatud nulljuhe ja maandatud positiivne või negatiivne juhe); ümbrusest olenevalt valge, hall või must, harvade roheliste põiktriipudega;

m a a n d a m a t a n u l l j u h e: valge, hall või must, punaste põiktriipudega.

Ühendusjuhtmete koormatus (A) 30° C temp. tõusu juures.

Tabel nr. 5. Vasksed ühenduslattid.

Vool A	Lati mõõdud mm	Põikpind mm ²	Kaal kg/m
60 . . .	12×2	24	0,21
100 . . .	15×2	30	0,27
150 . . .	15×3	45	0,4
	20×2	40	0,36
200 . . .	20×5	100	0,89
	25×3	75	0,67
350 . . .	30×5	150	1,34
	40×3	120	1,07
600 . . .	40×8	320	2,85
	50×5	250	2,23
1 000 . . .	60×10	600	5,34
	100×5	500	4,45

Tabel nr. 6. Vasksed ühendusvardad.

Vool A	Varda läbi- mõõt mm	Põikpind mm ²	Kaal kg/m
75	5	19,6	0,17
90	6	28,3	0,25
110	7	38,5	0,35
125	8	50,3	0,45
250	10	78,5	0,71

Ulaltähendatud voolusuurused on maksvad värvimata lat-
tide kohta.

Tabel nr. 7. Ühenduspolidid elektrivoolu juhtimiseks.

Voolu suu- rus amp.	Kruvikeere	Välisläbimõõt D		Materjal
		mm	toll	
2—6	M	3,5	—	Valgevask
10—15	M	4,0	—	
25	M	5,0	—	
60	M	6,0	—	
100	M	8,0	—	
200	M	10,0	—	
350	Whitworth	15,9	$\frac{5}{8}$	Punane vask
600	"	22,2	$\frac{7}{8}$	
1 000	Gaasi t.	33	1	
1 500	"	42	$1\frac{1}{4}$	
2 000	"	52	$1\frac{3}{4}$	

VI. JÕUMASINAD JA JÕUÜLEKANNE.

83. Jõumasina liik ja suurus.

Elektrigeneraatori nimivõimsus on antud: alalisvoolul kW-des, vahelduvvoolul kVA-tes.

Generaatori jõutarvitus völlil (rihmarattal) HJ-des on:

$$N = \frac{\text{kW} \cdot 1,36}{\eta} \text{ (HJ)},$$

kus kW on vastav koormatus vörgus.

Vahelduvvoolu juures on $\text{kW} = \text{kVA} \cdot \cos \varphi$.

$\cos \varphi$ oleneb vörgu koormatusest, olles tavaliselt 0,7 — 1.

η -generaatori kasutegur; väikestel (alla 10 kW) 0,75 — 0,85, suurtel (üle 100 kW) 0,9 — 0,95.

Kasutatava jõumasina liik oleneb jõujaama suurusest, otsarbest ja primaarenergia-allika liigist.

Jõumasina võimsus (völlil) on antud HJ-des.

Tavaliselt kasutatavad jõumasina liigid ja suurused kW-des on:

Vesiturbiinid	3—80 000
Auruturbiinid	500—200 000
Aurumasinad	80—1 200
Lokomobiilid	8—750
Diisel- (raskeöli-) mootorid	(5)—10—10 000
Jääk- (rauaahju jne.) gaasimootorid	1 000—10 000
Generaatorgaasi-mootorid	20—1 500
Kuumpeamootorid	1—80
Kergeöli- (petrool-, bensiini-) mootorid	1—25

84. Vesiturbiinid.

Võllile asetatud jooksuratta paneb keerlema vee rõhumise (kukkumise) mõjul tekkinud vee liikumise hoog.

Kasutatavad tüübid on:

a. Peltoni turbiin. Vesi juhitakse labidatega rattale lahtise joana läbi düüsi. Kasutusel suurte kukkumiste korral.

b. Francis-turbiin. Vesi juhitakse läbi juhtratta labidate jooksurattale. Kasutatakse väiksemate kukkumiste juures. Väikese veehulga juures kuni 20 m-ni, suurte juures kuni 50 m. Meil tavaliselt esinev tüüp.

c. Propeller- ja Kaplan-turbiin: nagu eelmine, kuid jooksuratas on laevakruvi-taoline. Kasutatakse suurtes jõujaamades.

Tiirude reguleerimine toimub Francis- ja propeller-turbiinil juhtratta klappide laiemale või koomale asetamisega, Peltoni turbiinil düüsi ava osalise sulgemisega.

85. Aurukatlad.

Tarvitatavad katlaliigid on:

a) leektorukatel (ühe toruga — „cornwall'i" ja kahe toruga „lancashire'i" katel) kuni 150 m²;

b) suitsutorukatel — kuni 200 m²;

c) veetorukatel kald- või püsttorudega, kuni paar tuhat m².

Katla iseloomustavamad omadused.

Küttepind: katla pind, mille ulatuses küttegaasid ja vesi kokku puutuvad — antud m²-des.

Küttepinna erikoormatus: auru hulk kg tunnis, küttepinna ühelt ruutmeetrilt. Leek- ja suitsutorudel 20—25 kg/h, veetorudel 30—35, suuremail püsttoru-katlail harvem kuni 50 ja enam.

Katla võimsus: auru hulk tunnis (kg-des või t-des), s. o. küttepind × erikoormatus.

Restipind. Arvesse võetakse tegelik pind (mitte projektsioon). Viimane tuleb võtta seda suurem, mida madalama

kütteväärtusega on kütteaine. Vahekord: küttepind/restipind on kivisöel 25—30/1, õlikivil ja turbal 15—20/1.

Kütteväärtus: soojuse hulk kcal-tes, mille annab 1 kg kütteainet põledes.

Aurustusvõimsus: auru hulk kg-des, mille annab 1 kg kütteainet; tavalise aururõhu (8—20 at) ja katla kasuteguri (0,65—0,85) jaoks antud all tabelis.

Tabel nr. 8. Kütteväärtus ja aurustusvõimsus.

Kütteaine	Kütteväärtus	Aurustusvõimsus
Kivisüsi (olenedes sordist)	6 000—7 500	6,5—7,5
Õlikivi I sort (olenedes niiskusest)	3 200—3 500	3—4
„ II sort	2 500—3 000	2,5—3
„ III sort	2 200—2 800	2—2,8
Turvas, õhukuiv *)	3 400	3—3,8
Puu, õhukuiv *)	3 500	3—4
Puu, toores	2 500	2,2—2,8
Saepuru *)	3 300	2,9—3,7
Nafta	10 000	9—11
Kütteõli	9 000	8—10

Katlast tulev aur lastakse tavaliselt mahu suurendamiseks ja temperatuuri tõstmiseks (veeldumise vältimiseks) läbi ülekuumendaja.

Katlasse pumbatavat vett soojendatakse katlast väljunud küttegaasidega eelsoojendajas — ökonomiseris.

Tavalisemad katla suurused on antud alljärgnevas tabelis.

86. Aurujõumasinad.

Aurumasin muudab aurukatlas tekitatud aururõhumise pöörlevaks liikumiseks. Viimane toimub silindri, edasi-tagasi liikuva kepsu ja väntvõlli kaasabil.

Ehitatakse ühe- või mitmesilindrilistena (kaksik-, kompaund-, tandem-masinad) niiskele või ülekuumendatud aurule.

*) Antud on keskmine kütteväärtus; viimane on kõikuv, olenedes niiskusest.

Tabel nr. 9. Katla suurused ja võimsused.

Katla tüüp.	Leek- ja suitsutorukatlad					Veetorukatlad				
	15	30	50	100	200	100	200	300	400	600
Küttepind . . m ²	15	30	50	100	200	100	200	300	400	600
Erikoormatus kg/m ² h	20					30				
Auru hulk . . t/h	0,3	0,6	1	2	4	3	6	9	12	18
Saavutatav võimsus:										
a) kondensatsioonita ja ülekuumendajata . . HJ	30	60	100	200	400	—	—	—	—	—
b) 1 sil. ülekuumenduse ja kondensatsiooniga HJ	55	110	185	370	740	550	1 100	—	—	—
c) kompaund—ülekuum. ja kondensaatoriga HJ	—	120	200	400	810	600	1 200	—	—	—
d) Turbiinid HJ	—	—	—	400	900	600	1 350	2 200	3 000	4 500
Küttetarvitus tunnis:										
a) kivisütt (7 500 kcal) kg	40	80	135	270	530	400	750	1 100	1 500	2 250
b) õlikivi (3 000 kcal) kg	100	200	340	680	1 320	1 000	1 900	2 750	3 750	5 600
c) turvast,õhukuiva (3 200 kcal) kg	95	190	320	650	1 250	950	1 800	2 600	3 550	5 300

Läbitöötanud aur lastakse väikesis masinais õhku, suuremais külma veega jahutatavasse kondensaatorisse, kus ta veeldudes tekitab vaakuumi, mistõttu kasutegur suureneb.

Kasutegur koos katlaga on:

ühesilindrilisel kondensaatorita masinal 8—10%

kompaundmasinal 15—18%

kõrgsurve- (30—60 at) masinal 20—21%

Aurumasina võimsusena on tavaliselt antud: a) normaalvõimsus majanduslikult kõige kasulikuma silindritäite juures; b) kestav maksimaalne võimsus; c) lühiajaline maksimum.

Tavaline vahekord on: 75/100/120.

Elektrigeneraator tuleb valida nii, et tema võimsus oleks ca 90% kestvast maksimumist.

Lokomobiil: aurumasin ja katel on kokku ehitatud üheks tervikuks.

Auruturbiin: aur juhitakse otseselt läbi düüside või juhtrataste pöörlevatele labidatega jooksuratastele. Paremused: väike ruumitarvitus ja suur töökindlus (võib töötada peatamatult enam kui aasta); kasutamisel suuremate, üle 500- kuni 1 000-kW võimsuste korral. Kasutegur (koos katlaga) kuni 25%.

87. Diiselmootorid.

Ehitatakse 1- kuni 12-silindrilistena. Tavaliselt 4-, harvem 2-taktilisena; käivitamine toimub suruõhuga, harvem akupatarei ja startermootoriga, väikeste mootorite puhul ka käsitsi.

Tööviis. Esimesel taktil (käigul alla) imeb kolb silindrisse puhast külma õhku, teisel — surub selle kokku 30—40 at-ni, mistõttu õhk kuumeneb üle 600° C. Survetakti lõpus pritsitakse silindrisse küte. Sissepritsimine toimub suruõhuga (ca 60 at) milleks diisel on varustatud veel külgeehitatud kompressoriga või pumbaga. Sissepritsitud küte kuuma õhu tõttu süttib ja põlemisel tekkivad gaasid suruvad kolvi alla (töökäik). Viimasel taktil tõugatakse põlenud gaasid välja.

Diiselmootori paremused: 1) suur kasutegur — kompressorita kuni 35%; kompressoriga diiselmootori kasutegur on väiksem (32—33%), kuid ta võimaldab paksemate ja mitmekesisemate õlide kasutamist; 2) kiire käivitamine (1—3 min. vältel); 3) väike ruumitarvitus.

Puudused: 1) vajab kütteks võrdlemisi kallist kütteõli; 2) õrnem ja tundlikum kui aurumasin; 3) kulub rutem — lühem iga.

Kasutamisel reservjõujaamades, kus vaja kiiret käivitust, ruumipuuduse korral ja väikeste võimsuste juures.

Diiselmootor ei ole ülekoormatav.

Elektrigeneraatori võimsus võetakse võrdne mootori võimsusega.

Mõnikord ehitatakse diislid ka madalama survega (18—30 at), nii et käivitamisel (külm silinder) tuleb abisüütega (näit. padrun hõõguva salpeeterpaberiga) järele aidata. Tööviisilt on see tüüp diisel- ja kuumpeamootori vahepealne. Niisuguseid masinaid nimetatakse ka pooldiisliteks. Viimast nimetust kasutatakse teisendina ka kompressorita diiselmootorite jaoks üldiselt.

Väljatõugatavaid gaase võib kasutada vee soojendamiseks, aurustamiseks ja kütteks. Kütteseadis valida selliselt, et gaasi väljavoolamisel vastusurve ei tõuseks ja seetõttu võimsus ei langeks.

Tavaline energia jaotus on:

kasulik töö	30%
läbitöötanud gaaside soojus	35%
jahutusvee soojus	30%
hõõrumiskadu	5%

88. Gaasimootorid.

Ehitus ja tööviis on neil üldiselt nagu diisililgi, kuid silindrisse imetakse segu õhust ja süttivast gaasist, surutakse kokku 10—12 at-ni ja süüdatakse elektrisädemega.

Küttena kasutatakse kas jääkgaase (rauaahjudest, õlide utmisest jne.) või erilises gaasigeneraatoris tahke kütteaine (puidu, turba, kivisöe jne.) pooliku põlemise ja destilleerimise teel saadud generaatorgaasi. Kasutegur kuni 28%.

Kohane kestvamal (8 t.) töötamisel täie koormatusega.

89. Kuumpea- ja kergeõlimootorid.

Kuumpeamootor töötab nagu diisel, kuid eelsurve on väike (12—18 at). Süüteks on tal silindris hõõguv varb, toru või õõnes kuul, mis süütab sissepritsitava nafta. Käivitamisel kuumutatakse süütajat väljaspoolt priimusega või jootelambiga. Tavaliselt kahetaktiline.

Kergeõlimootor töötab analoogiliselt gaasimootorile, kuid süttiv segu saadakse vastavas gaasistajas-karburaatoris kütteõli (benssiini, petrooleumi) aurutamiseega.

Ülaltähendatud mootoreid kasutatakse elektrijaamades jõuallikana ainult erandjuhtudel, väikese võimsuse korral.

Paremused võrreldes diiselmootoriga: lihtsam ja odavam ehitus ja lihtsam järelevalve.

Puudused: 1) kütteõlitarvitus on tunduvalt suurem ja viimane ise, kergeõlimootoreil, kallim; 2) kuumpeamootoril on käivitamine süütetoru kuumendamise tõttu aegaviitev.

90. Jõuülekanne.

K o l b m a s i n a d. Väiksemad (kuni paarsada kW), tavaliselt rihmülekandega; suuremad — otseselt siduriga, kusjuures rootor tihti täidab ühtlasi ka hooratta kohuseid. Vanemais seadiseis esineb harva ka köisülekanne.

A u r u t u r b i i n i d. Suuremail (üle 1000 kW) otseselt siduriga, väiksemail lülitatakse tihti vahele õlis töötavad hammasrattad; turbiin töötab 7500—10000 tiiruga, generaator tavaliselt 1500—3000 tiiruga.

V e s i t u r b i i n i d. Turbiinid ehitatakse enamikus vertikaalvõlliga, suuremate kukkumiste juures ka horisontaalvõlliga. Jõuülekanne toimub püstvõlli juures väiksemail (ca 10 kW-ni) poolristrihmaga, keskmistel (10—100 kW) koonushammasrattastega horisontaalvõllile ja viimaselt rihma või siduriga generaatorile, kuna suurtel (ca 100 kW ülespoole) kasutatakse vertikaalvõlliga generaatoreid.

Vundamendi ehituse, masinate kohalemonteerimise ning siduri väljaõiendamise kohta on maksev osas „Mootorid“ p. 79—122 öeldu.

91. Tiirude, võimsuse ja pinge reguleerimine.

S o o j u s m o o t o r i d (auru-, gaasi-, diiselmootor jne.). Tiirude reguleerimine (püsivana hoidmine) toimub automaatselt tsentrifugaalregulaatori abil. Kui tiirude arv koorma äkilisel vähenemisel tõuseb, mõjub regulaator sisselaskeventiilile, siibrile või kütteainet andvale pumbale auru või kütteaine hulka vähendades ja sellega langeb tiirude arv kuni endise

määrani. Koorma kasvamisel on nähtus vastupidine. Dünamo tiirud on seetõttu püsivad, kõikudes ainult paari protsendi piires.

Pinge reguleerimine toimub tavaliselt käsitsi, ergutusahelasse asetatud ergutusregulaatori abil. Suurtes jõuamades (üle paari MW) või juhul, kui on vaja väga püsivat pinget, kasutatakse ka automaatselt töötavaid pingeregulaatoreid.

Tiirude muutmiseks (ka koormatuse jaotamiseks alternaatorite vahel) tuleb mõjutada tiiruregulaatorit.

Vesiturbiinid. Suuremail masinail (üle 100 kW) toimub tiirude reguleerimine automaatselt. Kuna juhtratta klappide pööramine nõuab suurt jõudu, toimub reguleerimine siin mehaaniliselt — tsentrifugaalregulaatori poolt mõjutatud suruõlikolvi abil.

Pinge reguleerimine toimub nagu soojusjõuamadeski ergutusvoolu muutmise — käsitsi või automaatselt.

Väikestes, eriti alalisvoolu-veejõuamades, puudub automaatne tiiruregulaator. Pinge reguleerimine toimub siin tiirude muutmise — käsitsi. Koormatuse kasvamisel langevad tiirud ja pinge. Käsiratta abil pööratakse turbiini klapid lahtisemaks, kuni pinge tõuseb endise tasemeni. Pinge reguleerimine ergutusregulaatoriga ei ole seetõttu võimalik ja eraldi ergutusregulaatori ülesseadmine on liigne.

92. Tiirude kõikuvus.

Kolbmasina tiirlemise kiirus muutub pidevalt ühe tiiru kestel, suurenedes töötakti ajal ja vähenedes kompressiooni ja väljatõuke ajal.

Vahekord:

$$\frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\text{keskmine}}} = \text{kõikuvustegur,}$$

kus V tähendab vastavat kiirust.

Kõikuvusteguri suurus on tavalistel masinatel 2 kuni 0,2% ($1/50 - 1/500$).

Kõikuvustegur oleneb jõumasina ehitusest ja on seda väiksem (käik seda ühtlasem), mida suurem ja raskem on hooratas, mida kõrgemad on tiirud, mida suurem on silindrite arv ja mida enam töötakte tuleb silindri kohta.

Kõikuvusteguri suuruselt vastab harilik neljasilindriline ja neljatahtiline plahvatusmootor ligikaudu ühesilindrilisele aurumasinale.

Turbiinil on kõikuvus null.

L u b a t a v k õ i k u v u s. Suur kõikuvus muudab elektrivalgustuse vilkuvaks. Lubatavad ülemmäärad on:

a) alalis- ja keerdvoolugeneraatorid üksikult töötades ja alalisvoolugeneraatorid paralleeltöös: $1/7_0—1/150$;

b) keerdvoolugeneraatorite paralleelsel töötamisel on tegelik kõikuvuskraad vastastikuse mõjutuse tõttu alati suurem kui üksikul masinal, seetõttu vajalik kõikuvuskraad ühel masinal ei tohi olla suurem kui $1/150—1/300$.

Teiselt poolt ei tohi kasutada hoomasse, mis on resonantsi piirkonnas, sest masinad hakkavad sel juhul kergesti pendeldama ja võivad sünkronismist välja langeda.

Resonantsivabaks käiguks vajaliku hoomassi suuruse kindlaksmääramine, eriti erinevat liiki ja erinevate tiirudega masinate juures, nõuab suuri kogemusi ja tuleb jätta vastavate masinaid ehitavate erifirmade hooleks.

93. Tiirude kõikumine sõltuvuses koormatuse muutumisest.

Peale eelmises punktis kirjeldatud (masina töötamisviisist tingitud) kõikuvuse ühe tiiru kestel oleneb kõikuvus veel regulaatori ehitusest, reguleerimisviisist ja koormatuse kõikuvusest.

a. Kui järsku muutub väline koormatus, peab hooratas välja andma või endasse koguma vastava energiahulga, tavaliselt mitme tiiru vältel, kuni jõumasina regulaator energia (auru, kütteõli) juurdevoolu on reguleerinud uuele seisukorrale vastavaks.

Annab regulaator voolu suurtele ($1/3$ — $1/2$ generaatori võimsusest) mootoreile — tuleb võtta suurem hooratas kui ühtlase valgustuskoormatuse ja väikemootorite korral. Uldiselt on siin raskeil aeglastel masinatel ühtlasem käik.

Ülaltoodud põhjusil varustatakse ka väiksemad, automaattiruregulaatoriga vesiturbiinid hoorattaga.

b. Mõningail peamiselt kuumpeamootoreil reguleeritakse tiirusid koormatuse muutumisel mitte naftahulga muutmisega, vaid plahvatuste vahelejätmisega. Sääraseil mootoreil kõiguvad tiirud paarikümne-sekundilistes intervallides pidevalt — elektrigeneraatorite vedamiseks pole need mootorid kõlblikud.

c. Paralleelselt töötavil masinail võib esineda juhus, et ühe tiiruregulaator töötab kiiremini kui teisel. Koormatuse suurenemisel võtab esimene algul täie koormatuse endale ja alles hiljem kandub osa teisele.

Viimane nähtus on soovimatu eriti väiksemail masinail. Tarbe korral tuleb õlisummutaja või vastavad hoogmassid abiks võtta.

94. Kütteaine ja vee tarvitus.

Kütteaine hulk ühe kWh kohta oleneb jõumasina suuruselt, ehitusest (kondensaatoriga või ilma jne.), masina seisukorrast (uus või kulunud) ja järelevalvest, koormatuse suuruselt (täis- või poolkoormatus) jne.

Küttetarvitus uuel korras masinal täiskoormatusel 1 kWh kohta masina võllil (rihmrattal) on antud tabelis nr. 10.

Kütteaine hulk 1 HJh kohta on 1,36 korda väiksem.

Kütteaine hulk 1 kWh kohta elektriseadise kogumislattides on dünamo kasuteguri (0,75—0,95) tõttu 33—5% suurem.

Tegelik aastane keskmine kütteinetarvitus väikestes (10—50 kW) diiselmootoritega blokkjaamades on 1 kWh-i jõujaa-
mas produtseeritud elektrienergia kohta 0,45—0,75 kg.

Tabel nr. 10. Kütteaine tarvitus 1 kW kohta völliil.

Masina tüüp	Kütteaine liik ja hulk		
	Kivisüsi (7 500 kcal) kg	Ölikivi (2 600 kcal) kg	Auru hulk kg
Aurumasin:			
1 sil. kondensatsioonita	1,9	5,2	Märg aur 12—15
1 sil. kondensaatoriga . kompaund	0,9 —1,0 0,8 —0,9	2,6—2,9 2,3—2,6	Ulek. 6,5—8 " 6 —7,5
Auruturbiin	0,65—0,9	1,7—2,6	" 5 —7,5
Diiselmootor:			
kompressoriga	naftat	(10 000 kcal.)	kg 0,3 —0,4
kompressorita	"	"	" 0,23—0,3
Kuumpeamootor	"	"	" 0,4 —0,55
Generaatorgaasimootor .	puid või turvast		" 1,4 —1,8

Tabel nr. 11. Veetarvitus 1 kWh kohta völliil.

Masina tüüp	Värske vee kasutamisel 1	Jahutamisel vett uuen- dada 1
Diiselmootor (jahutusvesi)	10—14	0,7—1,2
Gaasimootor (jahutus- ja pesemisvesi)	50—75	4—7,5
Turbiin (jahutus- ja toitevesi)	350—400	5,5—7
Aurumasin:		
pritskondensaatoriga (jahutus- ja toitevesi)	300—350	10—12
kondensaatorita (toitevesi)	16—20	—

VII. JAOTUSVÖRGUD.

95. Pingelangus.

Koormamata liinis on pinge tervel pikkusel ühekõrgune. Koormamisel (voolu võtmisel) on pinge tarvitaja juures madalam kui vooluallika juures; vahe — pingelangus — on seda suurem, mida suurem on vool ja juhtme takistus. Nähtus on analoogiline veepinna langusele voolava veega kanaleis ja jõgedes.

Pingelangus esineb ka transformaatoris ja vooluallikais; tühijooksul on klemmipinge võrdne elektromotoorse jõuga, koormamisel see langeb.

Pingelangus on ebasoovitav kahel põhjusel: ta on seotud energiakaoga ja alatasa muutudes muudab ka elektrivalgustuse ning masinate töö ebaühtlaseks.

Harilikult projekteeritakse elektriliinid niiviisi, et pingelangus ei tõuse üle 4—10% (vt. ka „Jaotusvõrgud ja siseinsallatsioon“ p. 31 ja 32) või kasutatakse erilisi abinõusid pinge reguleerimiseks.

96. Pingelanguse kompenseerimine.

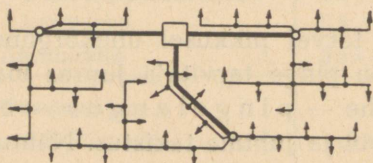
Väiksema tegevusraadiuse korral (kuni p. 9 toodud kaugusteni) väljuvad elektriliinid jõujaamast radiaalselt; üksikud abonendid on külge ühendatud tervel liinipikkusel (joon. 1-II).

Tühijooksul hoitakse jaama pinget ca 220-V (või vastavalt 110, 440, 380 V), täiskoormatuse ajal tõstetakse jaama pinget ca 230 voldini, kuna pinget liini lõpus langeb samal ajal 10—20 V võrra, s. o. 220—210 voldini, pinget kõikumine on 10 V või 4,5%.

Suurema tegevusraadiuse korral läheb pingete vahe alg- ja lõpp-punktide vahel liiga suureks või tulevad liinid võtta liiga jämedad ja kallid.

Selle pahe vältimiseks kasutatakse allpool märgitud abinõusid.

a. Alalisvooluvõrk. Vool viiakse eriliste toitejuhtmete-fiiderite kaudu toitepunkti ja jaotatakse alles sealt laiali (joon. 33).



Joon. 33. Alalisvooluvõrk toitejuhtmetega.

Toitejuhtmes lubatakse võrdlemisi suurt pingelangust (kuni 10%), kusjuures jaamapinget reguleeritakse nii (täiskoormatuse ajal kuni 240 ja enam volti), et toitepunkti pinge püsiks võimalikult 220—230 V piires.

Pinge kontrollimiseks on toitepunktist viidud mõõdujuhtmed tagasi jõujaamas asetsevaisse voltmeetritesse.

Mitme erineva pingelangusega liini korral hoitakse jõujaama pinge teatud vahepealsel suurusel; väga suure erinevuse korral lülitatakse üksikutesse toiteliinidesse kas liiniga seeriasse asetatud dünamod — boosterid — või võetakse mitmesuguseid pingeid akumulaatori patareist kärglüliti abil.

Liini tegevusraadiusega saab minna 440 V juures väike-tarvitajatega kuni 8 km-ni. Jõujaama asetus on soovitav valida võimalikult elektritarvituse keskpunktis.

b. Vahelduvvooluvõrk. Energia jaotus on üldjoonis analoogiline eelmises punktis antule, ainult selle erinevusega, et see toimub kõrgepingega. Fiideri aset täidab kõrgepinge toitemagistraal ja toitepunktiks on transformaatori alajaam (vt. joon. 3).

Jõujaam ei tarvitse asetseda tarvituse keskpunktis, vaid kohal, kus primaarenergia juurdejuhtimine (kütteained) või kasutamine (vesi) ja jõujaama ehitustingimused on kõige soodsamad.

Erandjuhul, kui pingelangus on magistraalliini lõpus liiga suur või tuleb pinget reguleerida olenematult jõujaamast, võib kasutada erilisi koormatuse all astmeliselt ümberlülitata- vaid reguleertransformaatoreid. Viimaseid ehi- tatakse igasuguseile pingele ja võimsustele.

Reguleerimine toimub tavaliselt ümberlülitamisega 10—20 astmes 1—1,5% astmetena, s. o. kuni 30% ja enam piires. Ümber- lülitamine toimub käsitsi või automaatselt, vastava relee ja servomootori abil.

Reguleerimisseadis ehitatakse kas tavalise võimsustrans- formaatori külge või (harvem) autotransformaatori tüübilisena, asetamiseks läbijooksvale liinile.

Jõujaamade läheduses, kus pinge on pidevalt kõrgem, võib kasutada lampide läbipõlemise vältimiseks kõrgema pingega, näit. 225- või 230-V lampe.

97. Nulljuhe.

Nulljuhet kasutatakse neljajuhtmelistes (tähtühendusega) keerdvoolu- (tavaliselt 380/220 V) ja kolmejuhtmelistes alalis- voolu- (2×220 V) võrkudes.

Täiesti sümmeetrilise, kõigis faasides ühtlase koormatuse korral puudub nulljuhtmes vool ja pingelangus on kõiges kol- mes faasis ühtlane. Ebasümmeetrilise koormatuse korral läbib nulljuhet faasivoolude vahe, nulljuhtmes tekib pingelangus, ja seda suurem, mida suurem on nulljuhtme vool ning takistus. Tähendatud pingelangus lisandub ülekoormatud faasi pinge- langusele, kuna vähem koormatud faasides esineb vastavalt väiksem pingelangus või tugeva ühekülgsse ülekoormatuse korral pingetõus.

Liinide arvutamisel võetakse aluseks välisjuhtmete ($3 \times 380/ 220$ V juures näit. 380 V) pinge ja sümmeetriline koormatus. Nulljuhet tavaliselt ei arvutata; viimase põikpinnaks võetakse pool välisjuhtme põikpinnast, kuid mitte alla „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon” p. 28 ja 87 toodud suuruste. Rauast null- juhe lüüakse klambritega või naeltega otse posti külge, vase

puhul on soovitatavam nulljuhtme sidumine isolaatoreile, sest vase võib muidu kergesti katki lüüa.

Nulljuhe maandatakse jõujaamas ja soovitatavalt veel liinil, iga 500—1000 m järel. Maanduseks liinil kasutatakse tavaliselt mööda posti alla toodud naelte või klambrite abil posti külge kinnitatud 10- kuni 25-mm² vask- või 12- kuni 50-mm² tsingitud raudjuhet. Maandusplaadi asemel asetatakse juhtme alumine ots harilikult 3—5 m pikkuselt postiaugu põhja. Transformaator-alajaamas on soovitatav kõrgepinge kaitsemaandus teha lahus madalpinge nulljuhtme maandusest.

Kaablivõrgus kasutatakse harilikult keerdvoolul neljasoonelist (näit. 4×10 või 3×50+1×25 mm²), alalisvoolul — kolmesoonelist kaablit. Nulljuhtme võib asetada ka eraldi paljalt maasse; see on aga vähemsoovitatav, eriti alalisvoolu puhul.

Kaablimantli kasutamisest nulljuhtmena tuleb hoiduda.

98. Tänavvalgustus.

Linnades ja alevites tulevad elektriliinidega ühistele postidele asetada veel tänavvalgustuse liinid.

Viimaste tavaliselt kasutatav lülitus on näidatud joonisel 34 a nelja- ja joon. 34 b kolmejuhtmeline võrgule. Kolmejuhtmeline võrgus kasutatakse tihti ka kaht eri juhet.

Linnades kuni 10000 elanikuga on eelistatavam tsentraallülitamine ühest teatavast punktist; suuremates linnades tuleb kasutada sisselülitamist mitmest kohast, mis võib toimuda: 1) käsitsi, 2) releedega, 3) lülituskelladega, 4) fotorakukestega, 5) kõrgema sagedusega voolude abil.

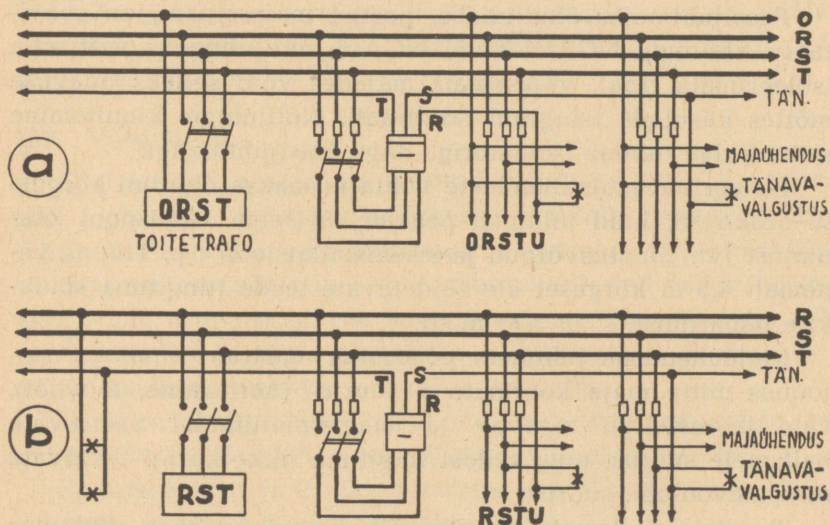
Et pingelangus tänavvalgustuse magistraales on püsiv suurus, võib pikkade suure pingelangusega tänavvalgustuse liinide lõpus kasutada madalama pingega (näit. 210-V) lampe.

99. Juhtmete asetus postil.

Juhtmete postile asetamise järjekord ei ole oluline; järelevalve kergendamiseks on aga tähtis, et üks ja sama faas asetseks kogu võrgu ulatuses samas kohas, s. o. ülal, keskel või

all. See nõue ei ole maksev kõrgepingeliinide suhtes, kus pike-mail (üle 10 km) liinidel faaside asukohti mahtuvuse ühtlustamiseks tuleb vahetada.

Nulljuhe asetatakse kas kõige alla või üles; viimast paigutust võib piksekaitse mõttes pidada eelistatavamaks.



Joon. 34. Tänavvalgustuse lülitusi elektrivõrgus.

Tänavvalgustuse juhtmed, kui need olemas, asetatakse kõige alla.

100. Lülitusaparaadid elektrivõrgus.

Iga jõujaamast (alajaamast) väljuv liin tuleb varustada omaette kaitsmetega või ülevooluautomaadiga. Õhuliinide kohta ei maksa „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon” p. 29 toodud kaitsmete tugevused, mispärast üksikud pealiinist eralduvad, ka peenemad haruliinid võivad olla ilma omaette kaitsmeteta, kuid on soovitatav vigade lokaliseerimiseks viimaste asetamine pikemate haruliinide algusse. Selleks kasutatakse

väiksemate voolude korral diazed-, suuremate juures torukujulisi postikaitsmeid; samuti on soovitatav pikemad madalpinge magistraalid iga 500—1000 m järel eraldada lahküliti-tega üksikuteks osadeks.

101. Majaühendused.

Faasijuhtmeiks õhuliinides, postist majaseinani, on soovitatav kasutada NGAW-d või NGA-d; nulljuhtmeks võib olla isoleerimata traat, väiksemas majades võib selleks odavuse mõttes kasutada tsingitud raudtraati. Nulljuhtme kinnitamine seina külge toimub isolaatoriga nagu faasijuhtmeilgi.

Isoleeritud majaühenduste kohta ei maksa õhuliini kõrguste eeskirjad, kuid juhtmed peavad asetsema väljaspool käeulatus (vt. „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon“, p. 110) ja vähemalt 4,5 m kõrgusel üle sõidetavate teede (tingituna sõidukite gabariidist, s. o. 3,75 m-st).

Majaühenduse juhtmete põikpinna määrab kindlaks esijoones mitte maja koormatuse suurus (normaalne töövool), vaid jaotusvõrgu tugevus ja magistraalliinidel asetsevate kaitsmete suurus, ning sellest tingituna rikke korral tekkivate otsesidevoolude suurus.

Tavaline kaitsmete suurus väikelinnade ja maa võrkudes on: maja kaitsmetekastis 15—25 A ja tänavamagistraalil või alajaamas 35—60 A. Sellele vastavalt tuleb majaühenduse sisendus- (läbi seina minevad) juhtmed võtta väiksemas võrkudes mitte alla 10 mm² ja suuremas 16 mm²; peenemate juhtmete korral tuleb kasutada iga majaühenduse jaoks eri postikaitsmeid; viimane moodus on aga tülilikam korrastuse mõttes ja üldiselt vähemkasutatav. Õhuliinid kuni seinaisolaatorini võivad olla vastavalt võrgule 6 või 10 mm².

Isoleeritud traadist majaühendusi võib ilma eriliste lisakaitseabinõudeta viia side- (telefoni-) juhtmete pealt läbi (vt. „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon“, p. 97). Ristamisel sideiinide alt tuleb maandatud nulljuhe (soovitatav vähemalt 4,5 mm raudtraat) asetada ülespoole isoleeritud faasijuhet või

tõmmata majaühenduse juhtmeist ülespoole veel eri kaitse-
traadid — allalangevate sidejuhtmete kinnipüüdmiseks.

Et majaühendused on elektrivoolu jaotusvõrgu õrnemateks
osadeks, kus tavaliselt esineb kõige enam rikkeid, on soovi-
tatav majaühenduste arvu piirata, ehitades iga krundi või
maja jaoks ainult ühe magistraal-majaühenduse, võttes harud
kõrvalhoonetesse jne. võimalikult majakaitsme tagant. Maja-
ühenduste ehitamisel vt. „Jaotusvõrgud ja siseinstallat-
sioon”, p. 109—111.

102. Võrgukaod.

Energiakaod võrgus on tingitud džaulikadudest (pingelan-
gus) juhtmeis, tühijooksu-kadudest mõõtja pingepoolides,
tühijooksu-kadudest transformaatori rauas, džaulikadudest
transformaatori mähistes ja erandjuhtumel veel vooluvargus-
test, voolu ärajooksust üle isolatsiooni jne. Kaoprotsenti mõ-
jutab ka kWh-lugejate ebatäpsus ja lühema aja jooksul eri-
nevus üksikute lugejate kontrollimisaegades.

Tavaline kaoprotsent võrkuantavast energiahulgast on
linnavõrkudes 10—20%, ülemaalistes võrkudes 15—30%.

Kadude suurus ja üksikute kadude osatähtsus oleneb võrgu
ehitusest ja voolu ning koormatuse liigist.

Vahelduvvoolu väikeabonentidega jaotusvõrkudes võib
arvestada kadudeks ligikaudu trafo tühijooksu arvel $\frac{1}{3}$, mõõt-
jate pingepoolides $\frac{1}{3}$ ja juhtmeis $\frac{1}{3}$.

103. Piksekaitse madalpingevõrkudes.

Pikselöögi korral elektriliini jookseb pikne, üle lähima posti
isolaatorite, mööda posti maasse.

Pikselöögi mõjul tekib liinis ülepinge, mis üksikuil, lähi-
mas naabruses asuvail voolumõõtjail pingepoolid läbi võib
põletada; samuti võib pikselöök vigastada transformaatori mä-
hiseid, kaabli otsamuhve postis jne.

Pikse otsese löögi vastu ei ole tõhusat kaitset; osaliselt
aitab masti tippu asetatud maandatud nulljuhe või nulljuht-

meta liines eri maandusjuhe. Piksest tingitud ülepingete vastu võib kasutada ülepingekaitsmeid, mida on soovitatav asetada m. p. võrgus igasse toitepunkti (näit. trafoalajaama) üks komplekt (2—3 tk.) ja peale selle tarbe korral veel liinidesse iga 1—2 km tagant.

Üldiselt on aga pikselöökide sagedus tingitud kohalikest geoloogilistest oludest ning uutest võrkudes võib piksekaitsmed algul ära jätta ja need üles seada hiljem, kui 3- kuni 6-aastase kogemuse järgi peaks ilmne selline vajadus.

104. Võrgu koormatuse jaotamine (sümmetreerimine).

Ebaühtlase pingelanguse vältimiseks tuleb koormatus ja sellest tingituna majaühendused kõigi kolme faasi (alalisvoolul kolmejuhtmehelisel kahe pooluse) vahel ühtlaselt ära jaotada.

On jõujaamas (või alajaamas) üks faas pidevalt üle koormatud — tuleb osa majaühendusi ümber lülitada.

Koormatus peab olema jaotatud võimalikult ühtlaselt mitte üksnes jõujaamas, vaid ka üksikuil haruliinidel. Aeg-ajalt, soovitatavalt kord 1—2 aasta tagant, suurima koormatuse ajal, tuleb liini lõpus mõõta pinget ja, kui võimalik, liini alguses voolu suurust (vt. „Kõrgepingetehnika“, p. 25 b). On ühel faasil pingelangus tunduvalt suurem, tähendab see ülekoormatust — osa majaühendusi tuleb ümber lülitada teistele faasidele.

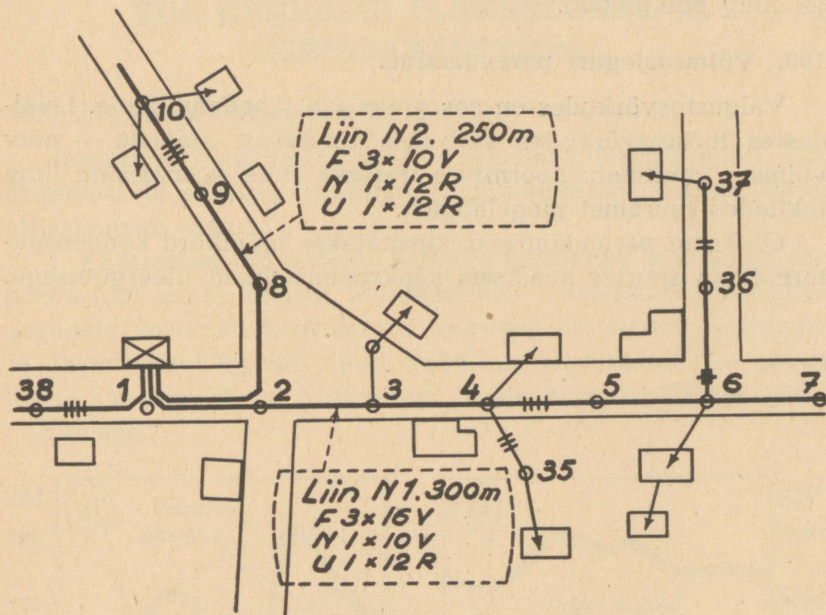
On pinge kõigil faasidel madal, tuleb üles seada jämedamad juhtmed või kasutada p. 96 kirjeldatud abinõusid.

Faaside koormatuse ühtlustamiseks võib liini asetada ka keerdvoolu drosseli siksaklülituses; tavaliselt seda aga ei kasutata.

105. Võrgu planeerimine.

Üksikute haruliinide sihistamisel ja põikpinna arvutamisel võetakse aluseks oletatav liini kaudu ülekantav võimsus. Hõredalt asustatud piirkondades on viimase kindlaksmääramine tihti väga umbkaudne — algul tulevad voolutarvitajaks

ainult üksikud abonendid, kuna suurem osa järgneb alles aastate jooksul. Sel juhul on ratsionaalsem ehitada liin minimaalse juhtmete ja esituskuludega, näit. raudtraadist kahejuhtmelisena, suurendades juhtmete arvu või vahetades need ümber



Joon. 35. Näide elektrivõrgu plaanist.

alles mõne aasta pärast koormatuse kasvamisel, kui pingelangus on ülemäära suurenenud, ning kasutades siis mahavõetud traati mujal.

Elektrivõrgust tuleb valmistada plaan, kus oleks märgitud üksikute liinide, postide, liini kaitsmete ja majaühenduste asetus. Näide plaanist on toodud joonisel 35.

Iga liin, juhtmete arvust hoolimata, märgitakse üheainsa joonega ja juhtmete arv tähistatakse põikkriipsudega.

Tänavvalgustusliinid, kui need olemas, on soovitatav märkida eraldi erivärvilistena.

Postid nummerdatakse kas jooksvalt, terve võrgu ulatuses või igal tänaval nr. 1-st alates.

Üldisele võrguplaanile või soovitatavamalt eraldi inventuurplaanile märgitakse veel liinide pikkus ja juhtmete materjal ning põikpinnad.

106. Võimsusteguri parandamine.

Valgustusvõrkudes on $\cos \varphi$ üks või lähedane ühele. Laialdastes tööstusvõrkudes võib see tunduvalt alaneda — näiv võimsus suureneb, koormates trafosid, liine ja masinaid ning tekitades suuremat pingelangust.

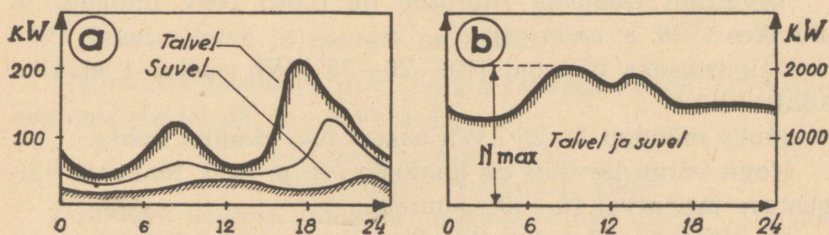
Olukorra parandamiseks kasutatakse mõnikord kondensaatoreid või suurtes seadiseis sünkroonmasinaid üleergutusega.

VIII. JÕUJAAMA PLANEERIMINE JA EKSPLUATATSIOON.

107. Jõujaama koormatust iseloomustavad tegurid.

Jõujaama, magistraal-liini või alajaama planeerimisel, kasutamisel ja energia omahinna määramisel on mõõduandvad alljärgnevad tegurid:

1. Koormatuse kõverik — näitab koormatuse muutumist ööpäeva (või aasta) jooksul. See saadakse — kandes teatud kella-aegadele vastavad koormatuse suurused kõrgustena joonisele ja ühendades kõrguste tipud. Säärane on näidatud ühe päeva kohta joonisel 36: a) väikelinna jaoks, b) suurtööstuse jaoks (Virumaal).



Joon. 36. Koormatuse kõverikud.

2. Ühendusvõimsus (installeeritud koormatus) on kõigi võrgus ülesseatud lampide, mootorite ja teiste aparatuuride võimsuste summa (kW-des).

3. Tippkoormatus on maksimaalne tegelikult esinev koormatus (kW).

Avalikes võrkudes on valgustuse tippkoormatus tavaliselt $\frac{1}{3}$ (30—35%) installeeritud lampide võimsusest, s. o. korraga põleb kõige enam $\frac{1}{3}$ lampidest. Mootorite tippkoormatus on

samuti $\frac{1}{3}$ kogu võrgus installeeritud mootorite võimsusest, kusjuures koormatuse tipud ei lange kokku; mootorite tipp esineb kella 7—16 vahel, valgustuse tipp detsembrikuus kella 17—19 vahel.

$$4. \text{ Koormatuse kestus} = \frac{\text{aasta jooksul võrku antud kWh}}{\text{aasta jooksul esinev tippkoormatus kW}}$$

Koormatuse kestus oleneb tarvitaja iseloomust. Mida ühtlasem on koormatuse kõverik, seda suurem on koormatuse kestus ja seda paremini on jaam kasutatud. Tavaliselt esinev kestus on aasta kohta:

a) valgustus üksi (s. o. jaamad ainult valgustuskoormatusega) 900 — 1000 — 1200 tundi;

b) linnade elektrivõrgud koos valgustusega ja väiketööstusega 1500—2000—2200 tundi;

c) tööstused, olenevalt tööstuse liigist, 1200—2000—6000 tundi.

5. Eritarvitus. Aasta jooksul tarvitatud energiahulk kW-des ühe elaniku kohta (harvem ka talu või põllupinna kohta).

Tavaliselt esinevad suurused on (Eesti NSV linnades ja alevikes 1938. a. andmeil):

valgustuseks müüdud (10)—20—35 kWh aastas 1 elaniku kohta;

jõuks müüdud 5—25 kWh aastas ühe elaniku kohta.

Kogu võrgu tarvitus on kaotuste (vt. p. 102), tänavate valgustuse jne. arvel 15—30% suurem.

Suurlinnades tõuseb eritarvitus (ilma suurtööstuseta) paarisaja kWh-ni.

Näide 1. Alevikus seati üles 1200 lampi koguvõimsusega 48 kW. Kui suur on tippkoormatus? Lahendus: Ligikaudu võib võtta $N = \frac{48}{3} = 16$ kW.

Näide 2. Kui suureks võib hinnata ülaloodud juhul aastast energiatarvitus. Lahendus: Võttes koormatuse kestuseks 1000 tundi $A = 16 \times 1000 = 16000$ kWh.

Näide 3. Alevikus on 950 elanikku. Kui suur võiks olla aastane energiatarvitus? Lahendus: $A = 950 \times 20 = 19000$ kWh.

108. Ehituskulud.

Ehituskulu moodustavad: 1) materjalide, masinate ja aparaatide hind; 2) töökulud; 3) veo- ja sõidukulud; 4) kantse-

lei- ja üldkulud; 5) projekti ja tööde järelevalve kulud; 6) maa rent; 7) pikaajaliste suuremate tööde puhul ka ehituskapitali protsent.

Näitena ehituskulude arvutusest on toodud lihtsustatud arvutus 1-km liini kohta.

Näide: Ehituskulud 1 km 4-juhtmelisele madalpingeliinile.

1. Materjal:

vasktross, 10-mm ² , 360 kg, à 1.80	850.—	
palgid (17 posti, 4 tuget), à 6.—	126.—	
isolaatorid konksudega, 60 tk. à 1.—	60.—	
montaažimaterjal: klemmid, naelad, tõrv, sidumistraat jne.	54.—	
		1190.—

2. Töö:

sihirajamine	20.—	
aukude kaevamine (17 à 2.—)	34.—	
postide püstitamise (21 à 2.50)	52.50	
traadi ja isolaatorite montaaž	40.—	
materjalide vedu ja mitmesugused kulud	33.50	180.—

3. Projekt ja järelevalve 8,5% 115.—

4. Uld- ja ettenägemata kulud 5% 75.—

Kokku: 1 560.—

109. Kasutuskulud ja energia omahind.

Jõujaamas produtseeritud energia keskmine omahind jaama kogumislattidel on ühe kWh kohta:

$$\frac{\text{Jõujaamakulud aasta vältel}}{\text{Aasta vältel toodetud energia hulk kWh}}$$

Müüdava energia omahind tarvitaja juures on:

$$\frac{\text{Jõujaamakulud} + \text{võrgukulud}}{\text{Müüdud energia hulk}}$$

Müüdud energia hulk on alati väiksem kui toodetud — 5—15% läheb jaama omatarvituseks ja 10—30% kadudeks.

Kasutuskulu moodustavad:

1. Kaudsed kulud (olenevad ainult jaama suurusest: a) kapitali %; b) amortisatsioon (varanduse kustutus vananemise arvel; c) remont (hooneil ja liinidel).

2. Poolkaudsed kulud: a) kantselei- ja majanduskulud; b) töötasud; c) maksud.

3. Otsesed kulud (olenevad toodetud energia hulgast):
 a) kütteaine kulu; b) määrdeõli, puhastusmaterjal, vesi ja masinate korrastus. Kaudsed kulud jäävad püsivaks, olenematult energia läbikäigust. Mida vähem on jaamal koormatusetunde (s. o. mida ebauhtlasem on koormatusekõverik), seda suurem tuleb kulu ühe kWh kohta.

Kui abonent kasutab voolu ainult väikese koormatuse ajal (näit. öösi), võib temale teatavail juhtudel — jaamale kasulikult — müüa voolu alla keskmist omahinda. Minimaalne omahind on küttekulu + kao %.

Näitena kasutuskulude arvutusest on toodud kWh omahinna arvutus kõrgepingeliinil.

Näide: kWh omahind kõrgepingeliinil.

Linnast A on vaja ehitada alevikku B 15 km 15-kV kõrgepingeliin ühes trafoalajaamaga B-s.

Mis läheb maksma voolu omahind B-s, trafoalajaamas, madalpingepoolel, kui ostuhind A-s on —.08, tippkoormatus B-s 18 kW ja aastane tarvitus 24 000 kWh?

Lahendus: 1. Ehituskulud:

a) 15 km liini, raudtraadist, km à 1 200	=18 000.—
b) trafoalajaam 20-kW	= 2 500.—
	<u>20 500.—</u>

2. Ostetava energia (voolu-) hulk.

Arvestades energiakaod liinis ja trafomähistes keskmiselt (aasta jooksul) 5% ja trafo tühijooksu, vastavalt normidele (vt. „Kõrgepingetehnika“), 210 W, tuleks:

a) kasulik koormatus ja kaod 24 000 kWh/0,95	=25 200
b) trafo tühijooks 210W×8760	= 1 850
	<u>kWh 27 050</u>

3. Aastased kulud:

a) kapitali % 20 500×6%	=1 230.—
b) amortisatsioon ja jooksev korrastus 20 500×7½%	=1 540.—
c) energia ostuhind 27 050 kWh × —.08	=2 170.—
	<u>Kokku 4 940.—</u>

4. Müüdü energia keskmine omahind B-s, trafoalajaamas, madalpingepoolel:

$$\frac{4\,940}{\text{kWh } 24\,000} = \text{—}.20\frac{1}{2}.$$

110. Tariifid.

Elektrienergia erineb tavalistest müüdavatest esemetest, seetõttu esineb ka tema müügihindades (-tariifides) erinevus ja suurem mitmekesisus.

Kasutusel on alljärgnevad tariifiliigid:

1. Paušaaltariif. Maksu võetakse ühendusvõimsuse, s. o. ülesseatud lampide, mootorite ja aparaatide arvu ja suuruse järgi.

Näit. 25-W lamp jaanuaris 2.—, veebruaris 1.50, juunis —.30; 1-kW mootor 7.— kuus jne., olenematult sellest, kas töötatakse 1 või 24 tundi päevas.

Valgustustariifi määramisel on aluseks keskmiste põlemistundide jagunemine kuude järgi; viimased on Põhja-Eesti jaoks antud alljärgnevas tabelis.

Kuud:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Tunnid:	120	95	75	63	38	28	29	46	73	119	144	170	1 000

2. Voolumõõtja-tariif. Maksu võetakse tarvitatud energiahulga järgi.

Mõlemad ülaltoodud põhitariifid omavad puudusi: paušaaltariif võtab arvesse ainult kaudsed kulud, voolumõõtja-tariif ainult otsesed; näiteks töötab ühel abonendil 1-kW mootor päevas 20 tundi, teisel 10-kW 2 tundi — mõlemad, maksavad 20 kWh eest, kuigi teise jaoks liinid ja masinad tuleb võtta 10 korda suuremad. Ka vajab voolumõõtjate kontrollimine, arvepidamine jne. ühesuguseid kulusid, olenemata tarvitusest. Seetõttu kasutatakse allpool märgitud kombineeritud tariife.

3. Astmeline voolumõõtja-tariif.

a) Tarvitus alade järgi: näit. valgustus —.25, tööstus —.15 ja küte —.08 iga kWh eest.

See moodus on meil väga levinud, kuid et ta vajab iga ala jaoks eri voolumõõtjat ja sisemist jaotusvõrku, on seetõttu kulukam.

b) Tariif tarvitatud energiahulga järgi: esimesed 0...500 kWh kuus 15, järgmised 500...1500 kWh kuus 14, 1500...3000 kWh 13 jne. iga kW eest. Väga levinud tööstustariifina.

Harvem on kasutusel ka hinnaalandus koguhulga kohta — tõusis näit. tarvitus üle 500 kWh kuus — maksab kogu energia hulk 14, üle 1500 kWh kuus — 13 jne. iga kW eest.

c) Ühendusvõimsuse järgi: näit. mootorid kuni 1,1 kW — 20, 1,2 — 5,5 kW — 19 iga kWh eest jne.

d) Kasutusaja järgi: näit. kella 0—6-ni — 6 iga kWh eest, 6—17-ni — 16 iga kWh eest, 17—24 — 25 iga kWh eest. Vajab erilist mitmetariifilist voolumõõtjat kellavärgiga (vt. ka „Elektrimõõtmised“).

e) Tarvitatud võimsuse järgi — näit. majapidamises kuni 100 W-ni 25 iga kWh eest, üle selle 6 iga kWh eest; vajab erilise ehitusega voolumõõtjat.

4. Põhimaksutariif = segu paušaal- ja voolumõõtja-tariifist. Maks koosneb kahest osast: a) põhimaks — võetakse kas korteri suuruse (tubade arv, põrandapind), ühendusvõimsuse (mootorite suurus), põllupinna suuruse jne. alusel või kokkulepitud suuruses; b) lisamaks — võetakse tarvitatud energiahulga järgi.

5. Blokktariif. kWh hind langeb tarvituse suurenedes (analoogiliselt tariif 3 b), kusjuures põhinormi suurus on muutuv, olenedes, nagu ülalgi, korteri suurusest või ühendusvõimsusest jne.

6. Eritariifid. Arvesse võetakse võimsustegur, tipp- ja keskmine võimsuse suhe (koormusfaktor) jne. Kasutusel suurtarvitajate juures.

IX. JÕUJAAMA JA VÕRGU RIKKED.

A. ALALISVOOLUDUNAMOD.

1. Tunnus: dünamo ei anna pinget.

Põhjus: a) lülitus vale, elektrivoolu mõjul tekkinud magnetivoog on vastupidine remanentsmagnetile; b) välises vooluahelas on otseside; c) katkestus ergutusvooluahelas; d) remanentsmagnetiväli on nõrk; töötaval šuntmasinal võib seda põhjustada tugev otseside; otseside korral võib vool kasvada niivõrra suureks, et ankrureaktsioon hävitab pooluste magnetivälja; e) otseside ergutusmähises või kereühendus kahes mähiseosas; f) harjad on mustuse tõttu harjahoidjasse kinni jäänud ning ei puuduta kollektorit; g) harjad on vael kohal.

Abistamine: a) masina lülitus vastavalt lülitusskeemile üle kontrollida ja ümber ühendada; b) juhtmed kuni pealülitini üle kontrollida; c) ergutusmähised, magnetregulaator ja ühendusjuhtmed induktoriga, elektrikellaga või proovilambiga üle kontrollida; d) dünamo ergutusmähisesse lastakse vool akupatareist või galvaani elemendist; juhul kui dünamo polariitet seejuures peaks muutuma, tuleb välisvoolu uuesti läbi lasta, kuid vastupidises suunas; e) induktoriga kere- (maa-) ühendust proovida, oommeetriga ergutusmähiste takistust mõõta, ümber mähkida; f) harjahoidjaid puhastada, nii et harjad kergesti liiguksid; g) harjad asetada neutraaljoonele.

2. Tunnus: dünamo pinge on madal.

Põhjus: a) osa ergutusmagneteist on otsesides; b) tiirud on madalad; c) ülekoormatus. Viimasega seltsib veel tugev harjade sädelemine ja ankru ning laagrite kuumenemine.

Abistamine: a) kontrollida käega katsudes üksikute mähiste temperatuuri (vigased, otsesides olevad mähised on külmad, kuna teised on soojemad), mõõta takistust üksikuil mähiseil; vigased magnetid ümber mähkida; b) tiirusid mõõta, rihma ülekannet muuta; c) mõõta voolu ampermeetriga, koormatust vähendada või suurem dünamo üles seada.

3. Tunnus: dünamo, eriti ankur, soojeneb ülemäära (lubatud temp. vt. „Mootorid“, p. 12).

Põhjus: a) ülekoormatus; b) erandjuhtumeil kinnise kaitsekasti jne. puhul halb ventilatsioon.

Abistamine: a) koormatust kontrollida ja vähendada; b) jahutust parandada.

4. Tunnus: dünamo harjad sädelevad.

Põhjus ja abistamine — vt. „Mootorid“, p. 125.

B. VAHELDUVVOOLU ALTERNAATORID.

1. Tunnus: alternaator ei anna pinget.

Põhjus: a) ergutus puudub, rike ergutusdünamos, b) katkestus ergutusvoolu ühendusjuhtmeis, harjades, ergutusregulaatoris või magnetmähiseis; c) katkestus staatori kahes või kolmes faasis.

Abistamine: a) dünamo pinget mõõta ja remonteerida; b) ergutusahel induktoriga, proovilambiga või muu abinõuga üle kontrollida; c) alternaatorit lastakse ergutuseta käia. On staatori mähised terved, tekib staator klemmide vahele remanentsmagneti mõjul 2—5% pinge, mis on kindlaks tehtav vastava voltmeetri või klemmide ühendamisel tekkiva sädeme abil. Katkestuse korral on remont vajalik.

2. Tunnus: pinge on madal üldiselt või üksikuis faasides.

Põhjus: a) katkestus staatori ühes (tähtlülituse korral) või kahes (kolmnurklülitusel) faasimähises; b) otseside üksikuis staatori sektsioonides; seejuures masin undab, üksikud sektsioonid kuumenevad; c) tiirud on madalad.

Abistamine: a) mähised induktoriga jne. üle kontrollida ja remonteerida; b) remonteerida; c) tiirusid või sagedust kontrollida, tiirusid tõsta.

3. Tunnus: masin soojeneb ülemäära (lubatud temp. vt. „Mootorid”, p. 12).

Põhjus: a) ülekoormatus; b) vale lülitus, alternaator on ühendatud tähe asemel kolmnurgas või ümberpöörduvalt; soojeneb esimesel juhul tühjalt, teisel juhul koormatuse all.

Abistamine: a) koormatust vähendada; b) ümber lülitada.

C. TRANSFORMAATORID.

1. Tunnus: pinged üksikuis faasides erinevad; trafo undab ja kuumeneb ruttu.

Põhjus: otseside ühes faasimähise sektsioonis.

Abistamine: remonteerida.

2. Tunnus: trafo kuumeneb (lubatud maksimaalne temp. on ca 95° C — vt. „Kõrgepingetehnika”).

Põhjus: a) ülekoormatus; b) halb ventilatsioon.

Abistamine: a) koormatust kontrollida — ampermeetri või kWh-lugeja ja kella abil; koormatust vähendada, uus suurem trafo üles seada või olemasolevale trafote teine trafo paralleelselt juurde lülitada; b) ventilatsiooni parandada.

D. ELEKTRILIINID JA -VÖRGUD.

1. Tunnus: vool puudub.

Põhjus: a) majaühenduse, mõõtja või grupi kaitsmed on läbi põlenud; b) kaitsmed ei ulatu põhjani; c) juhtme ots on harutoosis jne. lahti põrunud; d) magistraalliini kaitsmed on läbi põlenud või rike on jõujaamas.

Abistamine: a) läbipõlenud kaitsmed proovi- (või helk-) lambi abil kindlaks teha, mitmefaasilistes seadistes tuleb pinget

kontrollida kahe faasi (mitte faasi ja maa) vahel, sest vigane faas võib voolu saada läbi mõõtja pingepooli, lampide jne.; kaitsmed uuendada, tarbe korral kaitsmete läbipõlemist põhjustanud viga kõrvaldada (plommialuste kaitsmete uuendamine toimub vastavalt kohaliku elektriijaama eeskirjadele kas elektriijaama või abonendi poolt, kusjuures sellest jaamale kohe tuleb teatada); b) kaitsmeid proovilambi abil kontrollida või põhjakruvisid uuendada; c) katkestuskoht proovilambi abil kindlaks teha; parandada; d) elektrikeskjaamale teatada; viimase poolt kaitsmed uuendada või rike kõrvaldada.

2. Tunnus: pinge on õhtuti (kella 17—19 vahel) madal. Lambid põlevad õhtul tumedalt, öösi heledalt.

Põhjus: magistraalliin on üle koormatud, pingelangus on ülemäära suur (tavaliselt lubatud piiride kohta) vt. „Jaotusvõrgud ja siseinstallatsioon“ p. 32).

Abistamine: a) jämedamad juhtmed üles monteerida; b) jõujaama pinget õhtuti tõsta. Abistamine on läbiviidav, kui on tegemist üheainsa või mitme ühtlaselt koormatud magistraaliga; c) üles seada magistraalliini (algusse või lõppu) reguleerimistransformaator (vahelduvvoolul) või booster (alalisvoolul). Tasuv ainult suuremate võimsuste juures; d) üle minna kõrgemale pingele, näit, 220 V asemel 2×220 V.

3. Tunnus: pinge kõigub (lambid vilguvad) korrapäraselt 0,1- kuni 10-sekundilise intervalli vältel.

Põhjus: a) jõujaama jõumasina kõikuvustegur on suur; b) generaatori rihma jätk taob; c) liinil asetseb mingi kõikuva koormatusega mootor (kolbpump, saekaater jne.), kusjuures pingelangus täiskoormatuse ajal on ülemäära suur (üle 1—2%).

Abistamine: a) hooratust suurendada või uus jõumasin valida; b) uus kohasem rihmajätk valida; c) jämedamad juhtmed või erimagistraal üles monteerida.

4. Tunnus: lambid põlevad tumedalt ja vilguvad ebakorrapäraselt paarisekundiliste kuni paariminutiliste intervallide vältel.

Põhjus: a) haruliinid on ülekoormatud, pingelangus on ülemäära suur; b) juhtmeis on halb, logisev kontakt, mis tuule mõjul liikudes oma takistust muudab.

Abistamine: a) jämedamad juhtmed üles monteerida; b) juhtmete jätkud uuendada. Tavaliselt on see läbiviidav ainult seoses terve liini ümberehitamisega.

5. Tunnus: pinge on kõrge.

Põhjus: a) jõujaama pinge hoitakse pingelanguse kompenseerimiseks kõrgena, kusjuures abonent asetseb jaama lähedal; b) toitetransformaator on lülitatud liiga kõrgele ülekandestmele; c) vt. ka alljärgnev p. 6.

Abistamine: a) pinget jõujaamas alandada (vt. ka tunnus 2); b) transformaator ümber lülitada (vt. „Kõrgepingetehnika”).

6. Tunnus: pinge on ebahütlane ja kõikuv; osa lampe põleb tumedalt, osa väga heledalt, uusi lambigruppe juurde lülitades tõuseb või langeb naabruses põlevate lampide valgus tunduvalt.

Põhjus: a) nulljuhtmes on katkestus; b) kolmejuhtmelises keerdvooluliinis on ühel faasil kaitsja läbi põlenud; c) nulljuhtmega võrkudes on koormatus ebahütlaselt jaotatud — ülekoormatud faasis esineb pingelangus, koormamata faasis pinge tõus.

Abistamine: a) katkestus kõrvaldada, b) kaitsja uuendada; c) koormatust ühtlustada või nulljuhtme juhtivust suurendada jämedamaid juhtmeid üles monteerides.

SISUKORD

I. Elektrijõujaamade ja -võrkude liigid.

1. Jõujaamad, 2. Jaotusvõrgud, 3. Pinge astmed, 4. Normaalpinged seadiseile üle 100 V, 5. Normaalpinged seadiseile 1 kuni 100 V, 6. Alalisvooluvõrgud, 7. Vahelduvvooluvõrgud, 8. Juhtmete põikpindade võrdlus, 9. Tegevusraadius 3

II. Alalisvoolujaamad.

- A. Kahejuhtmelinele võrgule, 10. Alalisvoolugeneraatorid ehk dünamod, 11. Dünamo võimsus, 12. Šuntdünamo, 13. Seeriadünamo, 14. Kompaunddünamo, 15. Välisergutusega dünamo, 16. Põikväljadünamo, 17. Šuntdünamote paralleeltöö, 18. Kompaunddünamote paralleeltöö 12
- B. Alalisvoolujaamad kolmejuhtmelinele võrgule, 19. Nullpunkti saavutamine, 20. Dünamo väljatoodud nullpunktiga, 21. Dünamo pöörleva pingejagajaga 18
- C. Akumulaatorid ja jaamad akumulaatori patareidega, 22. Akumulaatorite otstarve ja liigid, 23. Tinaakumulaatorite tööviis, 24. Tinaakumulaatori ehitus, 25. Plaadid, 26. Väävelhape, 27. Akude laadimine ja tühendamise, Aku vool, 28. Aku pinge, 29. Aku mahutus, 30. Aku kasutegur, 31. Akumulaatorite hooldamine, 32. Tinaakumulaatorite seismajätmine, 33. Tinaakumulaatorite iga, 34. Leelisakumulaatorid, 35. Akude lülitus, 36. Akumulaatori laadimine alalisvooluvõrgust, 37. Akumulaatori laadimine vahelduvvooluvõrgust, 38. Jõujaama patarei laadimine, 39. Akumulaatori ruumid, 40. Akumulaatorite kasutamine 20

III. Vahelduvvoolujaamad.

41. Alternaatorid, 42. Alternaatorite omadused, 43. Alternaatorite lülitus, 44. Alternaatori kaitseabinõud, 45. Paralleeltöö, 46. Koormatuse jaotus 34

IV. Voolu muundajad.

47. Muundaja ülesanne ja tüübid, 48. Mootorgeneraator, 49. Uheankru-umformer, 50. Kaskaadumformer 40
- B. Õgvendajad, 51. Õgvendajate tööviis ja lülitused, 52. Mehaaniline õgvendaja, 53. Kuivõgvendaja, 54. Elektrolüütõgvendaja, 55. Hõõgkatoodeõgvendaja, 56. Helktuliõgvendaja 43
- C. Elavhõbedaaurõgvendaja, 57. Tööviis, 58. Elavhõbedaaurõgvendaja lülitused, 59. Endaergutus, 60. Elavhõbedaaurõgvendaja ehitus, 61. Pinge ja pinge reguleerimine, 62. Vool ja

ülekoormatus. 63. Kasutegur. 64. Ögvendaja nulljuhtmega alalisvooluvõrgu toiteks. 65. Paralleeltöö. 66. Elavhõbeda-ögvendajate kasutamine	48
---	----

V. Lülitusseadised.

67. Lülitusseadise otstarve ja liigid. 68. Lülitusaparaatide suurus. A. Lülitid. 69. Lihtlülitid. 70. Automaatlülitid. 71. Lülitid mehaanilise sisselülitamisega	54
B. Ülevoolu- ja ülepinge-kaitsmed. 72. Ülevoolu põhjused. 73. Ülevoolu kaitse. 74. Ribakaitsmed. 75. Torukaitsmed. 76. Padrunkaitsmed pesakeermega. 77. Padrunkaitsmed kontaktklemmidega. 78. Ülepingekaitsmed	59
C. Lülituskilbid. 79. Lülituskilbi materjal ja ehitus üldiselt. 80. Lülituskilp väikesele seadmele. 81. Lülituskilbid suuremais jõu-jaamades. 82. Uhendusjuhtmed ja kogumislatic	64

VI. Jõumasinad ja jõuülekanne.

83. Jõumasina liik ja suurus. 84. Vesiturbiinid. 85. Aurukatlad. 86. Aurujõumasinad. 87. Diiselmootorid. 88. Gaasimootorid. 89. Kuumpea- ja kergeõlimootorid. 90. Jõuülekanne. 91. Tiirude võimsuse ja pinge reguleerimine. 92. Tiirude kõikumus. 93. Tiirude kõikumine sõltuvuses koormatuse muutmisest. 94. Kütteaine ja vee tarvitus	71
---	----

VII. Jaotusvõrgud.

95. Pingelangus. 96. Pingelanguse kompenseerimine. 97. Nulljuhe. 98. Tänavvalgustus. 99. Juhtmete asetuse postid. 100. Lülitusaparaadid elektrivõrgus. 101. Majaühendused. 102. Võrgukaod. 103. Piksekaitse madalpingevõrkudes. 104. Võrgu koormatuse jaotamine. 105. Võrgu planeerimine. 106. Võimsusteguri parandamine	82
--	----

VIII. Jõujaama planeerimine ja eksploatatsioon.

107. Jõujaama koormatust iseloomustavad tegurid. 108. Ehituskulud. 109. Kasutuskulud ja energia omahind. 110. Tariifid	92
--	----

IX. Jõujaama ja võrgu rikked.

A. Alalisvooludünamod.	
B. Vahelduvvoolu alternaatorid.	
C. Transformaatorid.	
D. Elektriliinid ja -võrgud	97

Vastutav toimetaja: A. Põdrus. Korrektor: S. Palm. Tehniline toimetaja: H. Treumann. Laduda antud: 6. VI 1941. Trükki antud: 1. VII 1941. Trükitähtede arv trükipoognas: 33 600. Trükipoognate arv: 6^{1/2}. Autori arvutuspoognate arv: 4,71. Kirjastuse arvutuspoognate arv: 4,84. Trükiarv: 4150 eksemplari. Kaust A 5. Paber: 61×86 cm ¹/₃₂. Trükikoja tellimise nr. 1684. MB-7451. Trükikoda: „Ühiselu“, Tallinn, Pikk tänav 42.

Печатано на эстонском языке. В. Сепханс. Электромонтаж III. ГИЗ Педагогическая Литература Таллин. Типография «Юхисэлу», Таллин, ул. Пикк 42.