ELEKTROMONTAAŽ
II

JAOTUSVÕRGUD, SISEINSTALLATSIOON JA JÕUJAAMAD

KOOSTANUD JA TOIMETANUD
A. PÕDRUS

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

A-16202

ELEKTROMONTAAŽ II

JAOTUSVÕRGUD, SISEINSTALLATSIOON JA JÕUJAAMAD

KOOSTANUD JA TOIMETANUD **A. PÕDRUS**

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“
TALLINN 1947

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

EESSÕNA.

Neljanda viisaastaku plaani seadusega ettenähtud laialdaste elektrifitseerimistööde eduka teostamise peamiseks eelduseks on esmajärjekorras küllaldasel arvul ja heade teadmistega kaadrite olemasolu. Suurele Isamaasõjale järgnevas taastamisjärgus annab kaadrite puudus ennast eriti teravalt tunda, kuna vanema generatsiooni eriteadlaste arv on suuresti kahanenud ja noorte juurdekasv pole veel suutnud järele jõuda sotsialistliku ehitustempo kiirele kasvule. Sel põhjusel tuleb pühendada eriti suurt tähelepanu noorte kaadrite järelkasvu suurendamisele, andes neile vajalikul määral teoreetilisi teadmisi ja õpetades neile eesrindlikke ning ratsionaalseid töömeetodeid. Saadud teadmiste ja oskuse pagasiga nad mitte ainult tulevad toime kõigi esilekerkivate ülesannetega, vaid suudavad ka edasi viia, täiendada ning arendada kaasaegset tehnikat.

Seni on elektriseadiste ehitamisala kaadrite õpetamisel olnud tõsiseks raskuseks vastava ja sobiva eestikeelse kirjanduse peaaegu täielik puudumine. Käesolev raamat ongi koostatud selle eesmärgiga, et osaliseltki leevendada seda lünka.

Siinkohal olgu märgitud, et peaaegu veerandsaja aasta kestel on elektriseadiste ehitamine kodanlikus Eestis toimunud ja arenenud teistsugust rada, kui see oli NSV Liidus, kusjuures kõigi elektriseadmete ehitamine baseerus peamiselt kapitalistlikest maadest päritolevate ning kohapealsete käitiste produktsioonil, mistõttu seadiste ehitamist teostati ka Saksa VDE normidel tuginevate eeskirjade kohaselt.

Seoses NSV Liidus kehtivate eeskirjade, normide ja ehitusviiside rakendamisega Eesti NSV piirides, on kõigepealt vaja nad tundma õppida ning ühtlasi tutvuda NSV Liidu tehaste vastavate toodetega. Seejuures aga ei saa kohe loobuda seni kasutatud ehitustavadest ja teataval määral ka eeskirjadest, vaid üleminekut tuleb teostada järk-järgult. See on vajalik esmalt sellepärast, et rõhuv enamik meie elektriseadistest on ehitatud,

tuleb korrastada ning korrapäraselt hooldada just seni kasutatud tavade kohaselt; teiselt poolt tuleb ka arvestada kohapealseid käitisi, millede tootmisprotsess, -vahendid kui ka -tehnika samuti baseerub peamiselt endistel eeskirjadel ja normidel. Olulist tähtsust omab seejuures veel kohalike käitiste toodete ja sortimendi hulk, mis kohapealseid olusid arvestades on küllaltki määrava tähtsusega. Samuti on see tarvilik meie vana kaadri ümberõpetamise hõlbustamiseks.

Üldiselt võib öelda, et erinevused seni kasutatud eeskirjade ja NSV Liidus kehtivate eeskirjade vahel ei ole eriti suured, mistõttu paljudes eeskirjades ja ehitusviisides on olemas teataval määral ühtlus. Seda asjaolu kasutades, on käesolevas raamatus toodud andmeid NSV Liidu toodete ja eeskirjade kohta sedavõrd, kuivõrd need on erinevuste tõttu vajalikud ja kuivõrd neid käsikirja koostamise ajal on käepärast olnud.

Seega peaks käesolev raamat osutuma tõhusaks abiliseks vajalike kaadrite õpetamisel ja ühtlasi kaasa aitama saksa okupantide poolt tekitatud purustuste ja hävituste jälgede kiireks likvideerimiseks ning uueks ülesehitustööks neljanda viisaastaku plaani raamides.

I. JUHTMED.

A. JUHTMETE MATERJAL JA EHITUS.

1. Juhtmete jämeduse tähistamine.

Juhtme jämedus tähistatakse põikpinna, läbimõõdu või kaliibri numbri abil.

Tabel 1.

Installatsioonijuhtmete põikpind ja ehitus.

Juhtme nimi-põikpind q mm²	Õhuliinide juhtmed		Juhtmed kohakindlaks asetuseks	Juhtmed kohamuutlikele riistadele	
				Harilikud	Eriti painduvad
	Väline läbimõõt d mm	Kiudude arv × kiu läbimõõt mm			
1	2	3	4	5	6
0,75	—	—	—	7 · 0,37	24 · 0,20
1,0	—	—	1 · 1,13	7 · 0,42	20 · 0,25
1,5	—	—	1 · 1,38	7 · 0,52	30 · 0,25
2,5	—	—	1 · 1,78	7 · 0,67	50 · 0,25
4,0	2,25	1 · 2,25	1 · 2,25	19 · 0,52	56 · 0,30
6,0	2,75	1 · 2,75	1 · 2,75	19 · 0,63	84 · 0,30
6,0	—	—	7 · 1,05	—	—
10	3,55	1 · 3,55	1 · 3,55	49 · 0,51	80 · 0,4
10	4,10	7 · 1,35	7 · 1,35	—	—
16	4,50	1 · 4,50	1 · 4,50	49 · 0,65	128 · 0,4
16	5,10	7 · 1,70	7 · 1,70	—	—
25	6,30	7 · 2,10	7 · 2,10	84 · 0,62	200 · 0,4
35	7,50	7 · 2,50	19 · 1,53	133 · 0,58	280 · 0,4

1	2	3	4	5	6
50	9,0	7 · 3,0	19 · 1,83	133 · 0,69	400 · 0,4
50	9,0	19 · 1,8	—	—	—
70	10,5	19 · 2,1	19 · 2,17	189 · 0,69	560 · 0,4
70 (OCT)	10,6	19 · 2,12	—	—	—
95	12,5	19 · 2,5	19 · 2,50	259 · 0,69	480 · 0,5
95 (OCT)	12,4	19 · 2 48	—	—	—
120	14,0	19 · 2,8	37 · 2,03	336 · 0,67	614 · 0,5
120 (OCT)	14,0	19 · 2,8	—	—	—
150	15,8	37 · 2,25	37 · 2,25	392 · 0,70	765 · 0,5
150 (OCT)	15,8	19 · 3,15	—	—	—
185	17,5	37 · 2,5	37 · 2,52	—	—
240	20,3	37 · 2,9	61 · 2,24	—	—
240 (OCT)	20,0	37 · 2,85	—	—	—
300	22,5	61 · 2,5	61 · 2,50	—	—
300 (OCT)	22,1	37 · 3,15	—	—	—
400	25,6	37 · 3,66	61 · 2,89	—	—
500	—	—	91 · 2,64	—	—
625	—	—	91 · 2,96	—	—
800	—	—	127 · 2,83	—	—
1000	—	—	127 · 3,17	—	—

a) Põikpind (põiklõige, ristpind). Põikpinna tähiseks on *q*, mõõduühikuks — ruutmillimeeter (mm^2). Kasutamisel installatsiooni- ja õhuliini-juhtmete juures. Nimisuurused on antud tabelis 1.

Ülaltähendatud põikpinnad ja ühikud on kasutusel Ida- ja Kesk-Euroopas. Inglismaal on mõõduühikuks ruuttoll (sq. inch), Ameerikas circular mill; viimane on ümmarguse juhtme põikpind, kui juhtme läbimõõt on 0,001 tolli.

1 ruuttoll = 645,16 mm^2; 1 circular mill = 0,000507 mm^2.

b) Läbimõõt. Tähiseks on *d* või ø, mõõduühikuks — millimeeter (mm). Kasutusel peamiselt masinate ja aparaatide mähiste jaoks määratud juhtmete, nn. mähisetraatide juures.

c) Kaliibri number. Igale traadi jämedusele vastab teatav number. On olemas terve rida üksteisest erinevaid kaliibreid. Levinenumad kaliibrisüsteemid on: BWG — Birmingham Wire Gauge (Birminghami kaliiber); IWG — Imperial Standart Wire Gauge (Inglise standardkaliiber) ja AWG — American (ka Brown & Sharp) Wire Gauge.

Ülaltoodud kaliibrite suurused on toodud tabelis 2.

Kaliibri numbrit kasutatakse peamiselt Inglismaal ja Ameerikas peenemate installatsioonijuhtmete tähistamiseks.

Tabel 2.

Kaliibri numbrile vastav traadi läbimõõt.

Kaliibri nr.	Läbimõõt mm			Kaliibri nr.	Läbimõõt mm		
	IWG	BWG	AWG		IWG	BWG	AWG
0000	10,16	11,53	11,68	18	1,22	1,24	1,02
000	9,45	10,80	10,41	19	1,02	1,07	0,91
00	8,84	9,65	9,37	20	0,91	0,89	0,81
0	8,23	8,64	8,25	21	0,81	0,81	0,72
1	7,62	7,62	7,35	22	0,71	0,71	0,64
2	7,01	7,21	6,54	23	0,61	0,64	0,57
3	6,40	6,58	5,83	24	0,56	0,56	0,51
4	5,89	6,05	5,19	25	0,51	0,51	0,45
5	5,28	5,59	4,62	26	0,46	0,46	0,40
6	4,88	5,16	4,12	27	0,41	0,41	0,36
7	4,47	4,57	3,66	28	0,376	0,356	0,321
8	4,06	4,19	3,26	29	0,346	0,330	0,286
9	3,66	3,76	2,91	30	0,310	0,305	0,255
10	3,25	3,40	2,56	31	0,295	0,254	0,227
11	2,95	3,05	2,30	32	0,274	0,229	0,202
12	2,64	2,77	2,05	33	0,254	0,203	0,180
13	2,34	2,41	1,83	34	0,234	0,178	0,160
14	2,03	2,11	1,63	35	0,214	0,127	0,143
15	1,83	1,83	1,45	36	0,193	0,102	0,137
16	1,63	1,65	1,29	37	0,173	—	0,113
17	1,42	1,47	1,15	38	0,152	—	0,101

2. Juhtmete materjal.

Juhtmematerjalina kasutatakse siseinstallatsioonis peamiselt vaske, harvem ka alumiiniumi, õhuliinides peale viimaste veel rauda, alumiiniumi sulameid, pronksi ja nn. bimetalljuhtmeid. Viimased koosnevad kahest metallist (näit. terasalumiinium, vaskkattekihiga raud).

Tehniliselt on vask, peale hõbeda, parimaks juhtmematerjaliks, omades suurt juhtivust ja suurt vastupanu nii mehaanilistele kui ka keemilistele mõjudele; teisi materjale kasutatakse peamiselt majanduslikel kaalutlusil.

Juhtmematerjali üksikasjaline kirjeldus on toodud allpool p. 3 ... 8.

Allpool tähendavad: k — erijuhtivus oomides 1 m ja 1 mm² kohta; σ — katkemistugevus tõmbamisel kg/mm²; γ — erikaal kg/dm³; t — sulamistemperatuur °C.

3. Vask (Cu).

Kasutatakse puhast elektrolüütilist vaske, kuna igasugused lisandid, ka vähesel määral, vähendavad metalli juhtivust.

a) K õ v a v a s k. Ümbertöötamisel (valtsimisel, traadiks tõmbamisel jne.) külmalt muutub vask kõvaks. Kõva vask on rabedam, kuid tal on suurem tõmbetugevus. Kasutatakse õhuliinides.

b) P e h m e v a s k. Kuumutamisel muutub vask pehmeks. Pehme vask on painduvam, kuid tõmbetugevus on väiksem. Kasutatakse siseinstallatsiooni juhtmeis ja mähisetraatides.

Kõval vasel $k = 56 \ldots 57$, $\sigma = 40 \ldots 45$; pehmel vasel $k = 57 \ldots 58$, $\sigma = 24 \ldots 30$; $\gamma = 8{,}9$; $t = 1083°$ C.

4. Pronks.

Vase ja inglistina sulam. Tugevus suurem, juhtivus väiksem kui vasel. Kasutatakse peamiselt sideliinides, kus juhtivus ei ole väga oluline (näit. kõrgepingemastidele asetatud telefonijuhtmed), ja mõnikord ka suurte visangute (näit. jõgede ristumise) juures juhtumil, kui terase kasutamine on ebasoovitav.

Kasutatavad sordid:

Pronks	I:	$k = 48$; $\sigma = 50 \ldots 52$.
„	II:	$k = 36$; $\sigma = 58 \ldots 68$.
„	III:	$k = 18$; $\sigma = 66 \ldots 74$.
	Erikaal	$\gamma = 8{,}65 \ldots 8{,}9$.

5. Alumiinium (Al).

Alumiiniumi kasutatakse peamiselt madalpinge õhuliinides, harvem ka siseinstallatsioonides. Juhtmete ehitus vastab tabelile 1. Alumiinium peab olema võimalikult puhas, lisandid üle 0,5% võivad tunduvalt vähendada vastupanu keemilistele mõjudele ja põhjustada sööbimist.

Kasutatavad sordid: $k = 33 \ldots 35$; kõval alumiiniumil $\sigma = 15 \ldots 23$; pehmel alumiiniumil $\sigma = 7 \ldots 10$; $\gamma = 2{,}7$; $t = 658°$ C.

Väiksema erijuhtivuse tõttu tulevad põikpinnad võrdsel juhtivusel suuremad kui vasel. Vase ja alumiiniumi põikpindade vahekord on antud tabelis 3.

Tabel 3.

Vask- ja alumiiniumjuhtmete põikpindade võrdlusandmed.

Vask mm²	Alumiinium mm²	Vask mm²	Alumiinium mm²
2,5	4	70	95/120
4	6	95	150
6	10	120	185
10	16	150	240
16	25	185	300
25	35	240	400
35	50	300	500
50	70	400	625

Tabelis on kõrvuti asetatud ühesuuruse (ligikaudu) vooluga koormatavad vask- ja alumiiniumjuhtmete põikpinnad. Kõrvuti asetatud põikpindadega juhtmete kasutamisel on neis ka pingelangud ja võimsuskaod ligikaudu võrdsed.

Kuna alumiiniumi juhtivus on 1,62 korda ja erikaal 3,3 korda väiksem kui vasel, on alumiiniumi kaal võrdse juhtivuse juures kaks korda väiksem kui vasel.

Alumiiniumi puuduseks võrreldes vasega on suurem tundlikkus mehaanilistele ja keemilistele mõjudele, mis nõuab hoolsamat käsitsemist monteerimisel. Paremuseks on väiksem kaal, mis kergendab juhtmete transporti.

6. Alumiiniumi sulamid.

a) A l d r e i. Sisaldab alumiiniumi lisandina 0,5% siliitsiumi, 0,4% magneesiumi ja 0,3% rauda. $k = 30 \ldots 31$; $\sigma = 30 \ldots 35$; $\gamma = 2{,}7$.

b) D u r a l u m i i n — 3,5 ... 5,5% vaske, 1 ... 0,5% mangaani ja 0,5% magneesiumi. $k = 21 \ldots 28$; $\sigma = 53$; $\gamma = 2{,}8$.

Juhtmete ehitus vastavalt tabelile 1.

Kasutatakse peamiselt kõrgepinge õhuliinides.

Omaduste suhtes maksab üldiselt alumiiniumi kohta öeldu.

7. Raud (Fe).

Raudjuhtmeid kasutatakse odavuse tõttu väikese koormusega õhuliinides. Erijuhtumeil, peamiselt väga suurte visangute juures (jõgede ristumised jts.), kasutatakse veel terasjuhtmeid.

Tehnilised andmed: erijuhtivus alalisvoolule pehmel raual $k = 8$, terasel $k = 5 \ldots 7$; katkemistugevus pehmel raual $\sigma = 40$, pehmel terasel $\sigma = 60$, kõval terasel $\sigma = 120$; erikaal $\gamma = 7{,}8 \ldots 7{,}9$.

Raudjuhtmete vahelduvvoolu juhtivus väheneb koormuse suurenemisel nn. skin-efekti tõttu (vt. p. 37).

Tabel 4.

Terasalumiiniumjuhtmed.

Normid	Kogu köisjuhtme			Terassüdamiku				Alumiiniummantli		
				Traatide		Köie		Traatide		
	Nimipõikpind q_n mm²	Nimiläbimõõt d_n mm	Keskmine katkemiskoormus P kg	Arv tk.	Läbimõõt d mm	Läbimõõt d_{Fe} mm	Põikpind q_{Fe} mm²	Arv tk.	Läbimõõt d_{Al} mm	Põikpind q_{Al} mm²
VDE	16	5,4	525	1	1,80	1,80	2,55	6	1,80	15,3
	25	6,8	820		2,25	2,25	4,00		2,25	23,8
	35	8,1	1175		2,70	2,70	5,70		2,70	34,3
	50	9,6	1605		3,20	3,20	8,00		3,20	48,3
	70	11,6	2325	7	1,45	4,35	11,6	26	1,80	66,2
	95	13,4	3080		1,65	4,95	15,0		2,10	90,0
	120	15,7	4245		1,95	5,85	20,9		2,45	122,6
	150	17,3	4875		2,15	6,45	25,4		2,70	148,9
OCT	35	8,25	924	3	1,3	—	4,0	6	2,72	34,9
	50	9,85	1431	7	1,1	—	6,7	6	3,28	50,7
	70	11,65	1990	7	1,3	—	9,3	6	3,87	70,6
	95	13,95	3249	7	1,8	—	17,8	28	2,11	97,6
	120	15,30	3991	7	2,0	—	22,0	28	2,33	119.4
	150	17,00	4885	7	2,2	—	26,6	28	2,60	148,7

Massiivjuhtme materjalina tuleb tarvitada pehmet (põletatud) rauda, kõva raud on rabe ja murdub kergemini. Tavalised mõõdud vastavalt tabelile 20 (p. 37), harvem ka vastavalt tabelile 1.

Köisjuhtme materjaliks on pehme raud, harvem pehme või kõva teras; ehitus enamikus vastavalt tabelile 1.

Kaitseks rooste vastu peab raud olema tsingitud. Tsinkimata rauda võib kasutada vaid ajutistes seadmeis.

Raudjuhtmed, ka tsingitult, ei ole soovitatavad põlevkivitööstuste rajoonis, kus õhus leidub rauale sööbivalt mõjuvaid gaase.

8. Bimetalljuhtmed.

a) Terasalumiinium. Köisjuhe, mille südamik on terasest, välimised kihid alumiiniumist. Teras annab tugevuse, alumiinium juhtivuse. Tarvitatavad suurused on toodud tabelis 4.

b) Raud, vaskkattega. Kasutatakse massiivjuhtmetena, väikese koormusega haruliinides.

9. Juhtmete ehitus ja liigid.

a) Vastavalt ehitusele jagunevad juhtmed traat- (massiiv-) ja köis- (kiulisiks) juhtmeiks. Viimased on eelistatavad suurema painduvuse ja väiksema murdumise ning katkemise ohu tõttu.

Köisjuhtmeid kasutatakse kohamuutlike riistade (näit. käsilambi) juures ja kohakindlal asetusel suuremate (alates 10 mm²) põikpindade korral.

Kõrgete pingete puhul, umbes 60 kV alates, kus juhtmed skin-efekti tõttu peavad olema suure läbimõõduga, kasutatakse metalli kokkuhoiuks seest õõnsaid, torukujulisi köisjuhtmeid.

b) Vastavalt isolatsioonile ja kaitsekattele jagunevad tugevvoolu tehnikas kasutatavad installatsioonijuhtmed järgnevaisse liikidesse: 1) paljasjuhtmed, 2) kaetud juhtmed, 3) isoleeritud juhtmed ja 4) kaablid.

10. Paljasjuhtmed.

Paljasjuhtmeid kasutatakse õhuliinides, erijuhtumil ka siseinstallatsioonides. Juhtmete ehitus vastab tabelile 1.

Paljasjuhtmete ligikaudsed keskmised kaalud on antud tabelis 5.

Tabelis 5 on toodud massiivjuhtmete keskmine kaal. Tegelik kaal võib kõikuda (tingituna kaliibri ebatäpsusest ja üksikkiudude spiraalikujulisest asetusest köies) kuni ±5% piirides, s. o. näit. 1000 m 10 mm² juhtme kaal võib kõikuda 84...94 kg-ni.

Juhtmete hankimisel õhuliinide jaoks tuleb peale selle arvesse võtta veel 3...5% tagavara ripete (lõtve), otste jne. jaoks.

Tabel 5.

Paljasjuhtmete kaal.

Juhtme põikpind mm²	1000 m kaal kg			
	Vask	Alumiinium	Raud [1])	Terasalum.
0,75	6,66	2,0	5,7	—
1	8,89	2,7	7,7	—
1,5	13,3	4,5	11,5	—
2,5	22,2	6,8	19,2	—
4	35,6	10,8	30,8	—
6	53,3	16,2	46,2	—
10	88,9	27,0	77,0	—
16	142	43,2	123,2	62,5
25	222	67,5	192,5	97,5
35	311	94,5	269,5	140,5
50	445	135	385	197
70	622	189	539	277
95	845	256	782	371
120	1068	324	924	510
150	1332	405	1155	619
185	1650	500	1430	767
240	2140	650	1850	980
300	2670	810	2300	1220

11. Kaetud juhtmed.

Kaetud juhtmeiks nimetatakse selliseid juhtmeid, mis omavad erilist, paberiga ja immutatud puuvill-sukaga kattekihti, kaitseks keemiliste ja mehaaniliste mõjude vastu. Kuna sellised kattekihid on isolatsioonilt nõrgad, siis kaetud juhtmeid tuleb kasutada nagu paljasjuhtmeid.

1) Ilmastikukindla kattekihiga juhtmed. *ПВМ* (ОСТ). Õhuliini juhe vasksoonega. Kattekihi ehitus teataval määral nagu allnimetatud *PLWC* juhtmel, pealmine kate immutatud menningiga. Valmistatakse 2,5 ... 400 mm². Kasutatakse välisinstallatsioonide juures majaühenduse ja hoonetevahelisteks juhtmeiks ning sööbivate gaasidega ja aurudega ruumides, isolaatoreil väljaspool käeulatuse piirkonda ja seadmeis nimipingega kuni 500 V.

PLWC — kõva (tõmmatud) vasksoonega, *PLWA* — alumiiniumsoonega juhe. Kattekiht: ilmastikukindel mass, 2 kihti immutatud paberit, puuvill, ilmastikukindel mass ning ilmastikukindla massiga immutatud puuvill-sukk (joon. 1-a). Värvilt

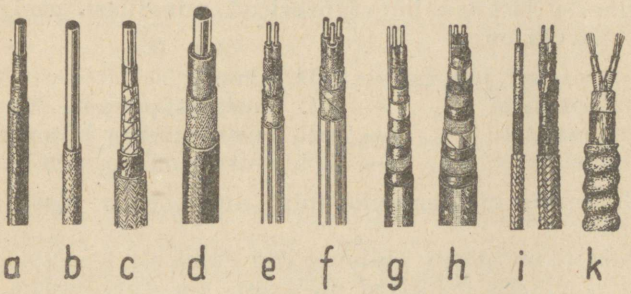
[1] Täiendavad andmed raudjuhtmete kaalu kohta vt. p. 37 tabel 20.

punane. Valmistatakse 1...16 mm² traat- ja 1,5...500 mm² köisjuhtmena. Vasksooned on tavaliselt tinutamata.

Kasutatakse õhuliinides peamiselt piirkonnas, kus on karta juhtmete sööbimist (keemiatööstuste piirkonnas), välisinstallatsioonide juures majaühenduse ja hoonetevahelisteks juhtmeteks ja siseinstallatsioonide juures niisketes ja sööbivate gaasidega ruumides lahtise asetusviisi korral, ainult isolaatoreil väljaspool käeulatuse piiri.

Juhtmed turustatakse normaalselt kuni 35 mm² juhtmeil — 100-m ning alates 50 mm² ülespoole — 50-m kerades.

2) Nulljuhtmed. *NLC* — pehme vask-, *NLA* — alumiiniumsoonega juhe. Kattekiht: ilmastikukindel mass ja immutatud puuvill-sukk (joon. 1-b). Värvilt hall. Valmistatakse ja turustatakse sarnaselt *PLWC* juhtmega.



Joon. 1.

Kasutatakse maandatud nulljuhtmega võrkudes nulljuhtmena isoleeritud juhtme (näit. *NGA*) asemel.

3) Nulljuhtmed maasse asetamiseks. *NE* — kattekiht: sitke asfaltmass, vähemalt 4 kihti immutatud paberit ja üks kiht asfalteeritud džuuti (joon. 1-c). *NBE* kate sisaldab paberi ja asfalteeritud džuudi vahel veel seatinakihti. Juhtmesooned pehmest vasest. Valmistatakse 4...10 mm² traat- ja 4...500 mm² köisjuhtmena. Turustatakse kerades normaalse pikkusega kuni 35 mm² juhtmeil — 100 m ja alates 50 mm² ülespoole — 50 m.

Kasutatakse maasse asetamiseks ja kohtades, kus eriti vajalik on kaitse keemiliste sööbemõjude vastu.

12. Isoleeritud juhtmed.

Isoleeritud juhtmeiks loetakse sääraseid, millede isolatsioonkate omab ka kummikihti.

Olenevalt kasutuse otstarbest, omavad mõned isoleeritud juhtmete liigid veel lisa-kattekihte, näiteks mehaaniliselt ohustatud kohtades kasutatavad juhtmed — tina-, kummi- või bitumineeritud plekkmantlit ja keemiliste mõjudega kohtades kasutatavad juhtmed — asfalteeritud džuudikihiga mantlit.

Juhtmesoonte materjalina kasutatakse pehmet vaske ja alumiiniumi. Vask-juhtmesooned on tinutatud, sest puhas vask mõjub kummile sööbivalt. Isoleeritud alumiiniumjuhtmeid valmistatakse traatjuhtmeina 2,5 ... 16 mm² ja köisjuhtmeina 16 ... 1000 mm². Painduvad, peenekiuliste köissoontega juhtmed valmistatakse ainult vasest.

Isoleeritud juhtmed ehitatakse ühe- või mitmesoonelistena. Mitmesoonelises juhtmes asetseb 2 ... 5 kummiga isoleeritud soont ühise kattekesta all. Üksikute soonte eraldamiseks on kummikihile järgnev impregneeritud puuvillast pael erinevat värvi. Värvid on:

kahesoonelisel juhtmel — hall ja must,
kolmesoonelisel „ — hall, must ja punane,
neljasoonelisel „ — hall, must, punane ja sinine,
viiesoonelisel „ — hall, must, punane, sinine ja must.

Hõlpsamaks eraldamiseks tuleb nullsoonena alati kasutada halli soont.

Juhtmeil on sageli pealmise kattekihi all üks või mitu erinevate värvidega märgitud niidikest, nn. tunnusniiti, millede abil tähistatakse juhtme vastavust normidele või kuuluvust teatavale firmale.

Isoleeritud juhtmed jaotatakse järgmistesse rühmadesse:

a) Juhtmed kohakindlaks asetuseks: 1) kummisoonjuhtmed, 2) torutraadid, 3) kaablitaolised juhtmed, 4) soomusjuhtmed ja 5) kummisoonnöörid (OCT).

b) Juhtmed valgustusarmatuuridele: 1) armatuur-nöörjuhtmed, 2) pendelnöörjuhtmed.

c) Juhtmed kohamuutlikele aparaatidele: 1) kummisoon-nöörjuhtmed, 2) kummivoolikjuhtmed, 3) töötoanöörjuhtmed, 4) erinöörjuhtmed, 5) kõrgepinge-nöörjuhtmed, 6) tõstuki tüürimisjuhtmed, 7) teatrijuhtmed.

13. Kummisoonjuhtmed.

Kummisoonjuhtmed turustatakse normaalselt kuni 35 mm² juhtmeil — 100-m ning alates 50 mm² ülespoole — 50-m kerades, kusjuures müüki teostatakse meetrites.

ПР (ОСТ). Ühesooneline vasksoonega kummisoonjuhe, millist valmistatakse nimipingetele kuni 380, 500 ja 3000 V, tähistades sel juhtumil *ПР*-380, *ПР*-500, *ПР*-3000. Üldiselt ehitus nagu allpool märgitud *NGA* juhtmeil, kuid kummikihi paksus vastavalt nimipingele. Väliselt mustavärviline. Valmistatakse: *ПР*-380 ja *ПР*-500 — 0,75 ... 400 mm², *ПР*-3000 — 1,5 ... 185 mm². Kasutatakse: *ПР*-380 ja *ПР*-500 — kohakindlal lahtisel asetusel isolaatoreil ja isoleerrullidel, *ПР*-500 — isoleer-, kummi- ja terastorudes pinna peal või süvistatult. Toodetakse kerades kuni 4 mm² juhtmeil pikkusega 250 m ja 4 mm² ülespoole — pikkusega 125 m.

АПР (ОСТ). Ühesooneline alumiiniumsoonega kummisoonjuhe nimipingetele kuni 380 ja 500 V, tähistades sel juhtumil *АПР*-380 ja *АПР*-500. Ehituselt nagu *ПР*, nimipingele vastavas paksuses kummikihiga. Väliselt mustavärviline. Valmistatakse: *АПР*-380 — 16 ... 150 mm² ja *АПР*-500 — 16 ... 400 mm². Kasutatakse sealsamas kus vastava nimipingega *ПР* juhtmeid, välja arvatud terastorudes.

Märkus: *ПР* ja *АПР* juhtmete tellimisel on vajalik märkida juhtme nimipinge ja põikpind, näit. *АПР*-380, 16 mm² või *АПР*-500, 25 mm².

ПРГ (ОСТ). Painduv, ühesooneline vask-kummisoonjuhe. Erineb juhtmest *ПР* ainult köis- (kiulise) soone poolest. Valmistatakse nimipingetele 500 ja 3000 V ja samade põikpindadega nagu *ПР* vastavail nimipingetel. Kasutatakse kohtades, kus on vajalik painduvus, näiteks masinate liikuvail osadel paiknevate mootorite või aparaatide ühendamiseks ning kohtades nagu *ПР*-500 puhul. *ПРГ*-500 toodetakse kerades nagu *ПР*. (Vastab *NGAB*-le ja *NSGAB*-le.)

ДПРГ (ОСТ). Painduv kahesooneline vasksoontega kummisoonjuhe. Ehituselt nagu *ПРГ*-500. Valmistatakse 0,75 ... 10 mm² ja toodetakse 100-m kerades. Kasutatakse kohamuutlike valgustusarmatuuride sisemuses ja ühendamiseks seadmeis nimipingega kuni 500 V.

ПРТО (ОСТ). Pealt ühise sukkpunutisega kaetud ühe- või mitmesooneline juhe, asetamiseks teras- (gaasi-) torudesse. Konstruktsioon on analoogiline *ПРГ* juhtmele, kuid isolatsioon on paksem. Valmistatakse nimipingele 500 ja 2000 V, ühe- kuni neljasoonelisena ja ka kolmesoonelisena ühes neljanda peenema lisasoonega nullimiseks, maandamiseks või kaitsejuhtmena. Ühesoonelised — 1 ... 500 mm², 2 ... 4-soone-

lised — 1 ... 120 mm^2. Turustatakse trumlitel. Kasutatakse asetamiseks süvistatud teras- (gaasi-) torudesse.

NGA. Juhtme soon on kaetud kõigepealt kahest erivärvilisest kihist koosneva vulkaniseeritud kummist ümbrisega, seejärel kummeeritud puuvillpaelaga ja lõpuks immutatud puuvillpunutisega või -sukaga (joon. 1-d). Kattekiht väliselt on värvilt must, kuid valmistatakse ka värvilisena erijuhtumeiks, näiteks keeruliste skeemide koostamiseks. Juhtmesoone materjaliks on vask või alumiinium. Kasutatav pingetele kuni 750 V (nimipinge). Valmistatakse: vaskjuhtmed 1 ... 16 mm^2 traat- ja 1,5 ... 1000 mm^2 köis- (kiulise) juhtmena ning alumiiniumjuhtmed 2,5 ... 16 mm^2 traat- ja 16 ... 1000 mm^2 köisjuhtmena. Kasutatakse lahtisel asetusviisil isolaatoreil, isoleerrullidel ning pinna peal ja süvistatult isoleertorudes.

NGAZ. Kahesooneline kummisoonjuhe (kaarlambi juhe) rööbiti asetsevate üksiksoontega, kaetud ühise mustavärvilise immutatud puuvillsukaga. Üksiksoonte ehitus kuni pealmise sukk-katteni nagu *NGA*-l. Valmistatakse lapikuna köis- (kiuliste) juhtmesoontega 1 ... 16 mm^2. Nimipinge 750 V.

NGAT. Nagu *NGAZ*, kuid rööbiti asetsevate üksiksoonte vahel on kummiümbrisega varustatud tsingitud raudtraatidest kandetross. Valmistatakse lapikuna, köis-juhtmesoontega 1 ... 16 mm^2. Nimipinge 750 V. *NGAZ* ja *NGAT* on meil vähe kasutatud.

NGAB. Painduv kummisoonjuhe, ehituselt nagu *NGA*, kuid juhtmesoon koosneb kiududest (näit. 1,5 mm^2 juhtme soon 7×0,52 mm kiududest). Valmistatakse kuni 3 soonega, ümmargusena, 1 ... 150 mm^2. Nimipinge 750 V.

NGAF. Peenekiuline, eriti painduv kummisoonjuhe. Ehituselt nagu *NGA*, kuid juhtme soon koosneb eriti peentest kiududest (näit. 1,5 mm^2 juhtme soon 30 × 0,25 mm kiududest), kusjuures kuni 2,5 mm^2 juhtmeil on kiuline soon kaetud puuvillmähisega (kummikihi all). Valmistatakse ühesoonelisena 1 ... 150 mm^2. Nimipinge 750 V.

NGAW. Ilmastikukindla kattega kummisoonjuhe. Ehituselt nagu *NGA*, kuid puuvillpaelale järgneb impregneeritud paberlint ja ilmastikukindla ainega (menning) impregneeritud puuvillsukk. Värvilt punane. Valmistatakse vasksoontega 1 ... 16 mm^2 traat- ja 6 ... 300 mm^2 köisjuhtmena ning alumiiniumsoontega 2,5 ... 16 mm^2 traat- ja 16 ... 300 mm^2 köisjuht-

mena. Nimipinge 750 V. Kasutatakse välisinstallatsioonide juures ja lahtise asetusviisi korral niiskeis ruumides isolaatoreil või rullidel.

NGAU. Kummisoonjuhe kõrgendatud temperatuuriga ruumidele. Ehituselt nagu *NGA*, kuid pealmine sukk-kate on asbestniitidest. Värvuselt valge. Valmistatakse 1...6 mm² traat- ja 6...70 mm² köisjuhtmena. Nimipinge 750 V. Kasutatakse kuumades ruumides, ahjude läheduses jne.

NSGA. Eri-kummisoonjuhe. Ehituselt nagu *NGA*, kuid kummikihtide paksus suureneb vastavalt nimipingele. Valmistatakse nimipingetele 2, 3, 6, 10, 15 ja 25 kV, vask- ja alumiiniumsoontega nagu *NGA*, kuid alumiinium-köisjuhtmena ainult kuni 300 mm². Kasutatakse kõrgepingeseadmeis.

Märkus. Sõjaajal kasutati suurel määral *KNGA* juhtmeid, mis aga ei rahulda rahuaegseid nõudeid. *KNGA* alumiiniumsoon on kaetud bituumen-regeneraat-segust või termoplastilisest kunstainest ümbrisega ja immutatud puuvillpaelaga. Valmistati 1,5...16 mm² traat- ja 25...150 mm² köisjuhtmena. Nimipinge 300 V. Kasutatav kohakindlaks lahtiseks asetuseks isolaatoreil või isoleerrullidel nn. paralleeltööna (mitte kokkukeerutatult) ja pinna peal või süvistatult isoleertorudes kuivades ruumides.

14. Torutraadid (kuulo).

ТПРФ. Ehitus üldiselt nagu allpool märgitud *NRA*-l. Pealmine kate raudplekist või valgevaskplekist (0,3 mm). Kasutatakse kuivades, köetavates ruumides pinna peal, seadme nimipingetel kuni 500 V. Valmistatakse: ühesoonelised — 1...16 mm², kahe- ja kolmesoonelised — 1...10 mm². Kahe- ja kolmesoonelised võivad omada ühe astme võrra väiksema põikpinnaga lisasoont null-, maandus- või kaitsejuhtmeks. Turustatakse 50-m kerades.

NRA. Vulkaniseeritud kummiga ja puuvillpaelaga kaetud üksiksooned (nagu *NGA*-l) on kokku keerutatud, mitmekordselt mähitud immutatud paberpaelaga ja seejärel kaetud piki juhet õmblust omava valtsitud raudplekkmantliga (joon. 1-e, f). Viimane on tinutatud (*NRAP*) või kaetud alumiiniumiga (*NRAA*) vähemalt 0,2 mm paksuses. Mitmesoonelistel torutraatidel on soontevahed täidetud kiudainetega (nöör, džuut) või bituumeniga. Nimipinge 250 V.

Valmistatakse: 2...4-soonelised — 1,5...6 mm² traat- ja 10 mm² köissoontega ning 5-soonelised ainult 1,5 mm². Turus-

tatakse 50-m kerades. Kasutatakse kuivades ruumides nähtavaks asetuseks pinna peale (elukorterites jms. ruumides).

NRAN. Ehituselt nagu *NRA*, kuid omab plekk-kesta all isoleerimata tinutatud lisatraati null-, maandus- või kaitsejuhtmeks. Ühesoonelised torutraadid peavad alati omama lisatraati. Nimipinge, valmistus, turustamine ja kasutus nagu *NRA*-l.

NRAM. Kõigis üksikasjus nagu *NRA*, kuid raudmantli asemel valgevasest (messingist) mantel.

NRG. Kõigis üksikasjus nagu *NRA*, kuid kiudainest või bituumen-täitematerjali asemel vulkaniseeritud kummist täide.

NRU. Ehituselt nagu *NRG*, kuid raudmantli peal on keemiliselt vastupidava massi kiht, mis on omakorda kaetud immutatud kiudainest (puuvill, džuut) sukkpunutisega. Nimipinge 250 V. Valmistatakse ja turustatakse nagu *NRA*. Kasutatakse niisketes, märgades ning tuleohtlikes ruumides nähtavaks asetuseks pinna peal. *NRU* loetakse kaablitaoliste juhtmete hulka ja tal peab olema metallmantli all lisatraat.

15. Kaablitaolised juhtmed.

NSV Liidus kaablitaolisi juhtmeid ei valmistata, nende asemel tuleb kasutada kummitinakaableid, millede kohta vt. p. 26.

Kaablitaolised juhtmed on määratud kasutamiseks niisketes, märgades, sööbivate gaasidega, tule- ja plahvatusohtlikes ruumides. Neile kasutustingimustele vastav kaitseisolatsioon on saavutatud tinamantli ja sellele järgnevate kaitsekihtide abil. Seatinast (pliist) mantel on küll happe- ja veekindel, kuid mittekindel leeliste (lubi, ammoniaak) mõjudele, mispärast palja tinamantliga juhtmeid — kummitinakaabel *CPГ*, *NGK* (vt. p. 24) — võib kasutusele võtta allkirjeldatud *NBU* asemel ainult seal, kus puuduvad temale kahjulikud mõjud.

Oma konstruktsioonilt sarnanevad kaablitaolised juhtmed üldiselt kummitinakaablitega, kuid nõrgema kaitsekesta tõttu tinamantlil on nad kasutatavad ainult kohakindlal asetusel pinna peal, mitte maa sees. Erandina võib *NBU* või *NBEU* (mitte *NRU*) asetada maa sisse ainult tsement- või raudtorus.

Nagu p. 14 märgitud, loetakse ka torutraat *NRU* kaablitaoliste juhtmete hulka, kuid siin tuleb silmas pidada, et ta ei ole niivõrd vastupidav keemilistele mõjudele. Seepärast võib *NRU*-d kasutada *NBU* asemel ainult vähem-ohustatud kohtades.

NBU. Pealmise sukk-katteta *NGA* juhtmeist üksiksooned on kokku keerutatud, ümbritsetud kõiki õõnsusi täitva kummi-

ümbrisega ja kaetud pealepressitud, õmbluseta tinamantliga. Tinamantel on omakorda kaetud keemiliselt vastupidava massikihiga, siis kahekordselt mähitud samasuguses massis immutatud paberpaeltega ja lõpuks keemiliselt vastupidava ainega immutatud kiudainest (puuvill, džuut) punutise või sukaga (joon. 1-g). Vahetult tinamantli all ja temaga elektrilises ühenduses peab olema tinutatud lisatraat, mille põikpind on 1,5 ja 2,5 mm^2 juhtmeil — 1 mm^2, 4 ja 6 mm^2 — 1,5 mm^2 ning 10 ja 16 mm^2 juhtmeil — 2,5 mm^2. Lisatraati tuleb alati kasutada ja seda ainult maandus- või kaitsejuhtmena (mitte nulljuhtmena!). Nimipinge 250 V. Valmistatakse ainult vasksoontega 2...4-soonelisena 1,5...6 mm^2 traat- ning 10 ja 16 mm^2 köissoontega. Turustatakse 50-m kerades. Kasutatakse niisketes, märgades, happe- ning leelisaurusid sisaldavates (tallid, laudad, keemiatööstuste ruumid jts.), tule- ja plahvatusohtlikes ruumides mehaaniliselt ohustamata piirkonnas pinna peal. Käeulatuse piirkonnas ja mehaaniliselt ohustatud paikades tuleb nad asetada roostekindlalt värvitud raud-, teras- või soomustorusse või kasutada allkirjeldatud *NBEU*-d.

NBEU. Ehitus nagu *NBU*-l, kuid tinamantli peal olevale kahekordsele paberkihile järgneb kahekihiline, 0,2 mm paksusega, vitsrauast kaitsemähis, ühekordne keemiliselt vastupidava massiga immutatud paberpael ja lõpuks pealmine sukk-kate nagu *NBU*-l (joon. 1-h). Nimipinge 250 V. Valmistus ja turustus nagu *NBU*-l. Kasutatakse sealsamas kus *NBU*, kuid mehaaniliselt enam ohustatud paikades.

16. Soomusjuhtmed.

Soomusjuhtmed on määratud ainult kohakindlaks asetuseks (mitte kohamuutlike riistade ühendusjuhtmeiks). Kasutatakse peamiselt kohtades, kus on vajalik eriti hea kaitse mehaaniliste vigastuste vastu, näiteks mitmesuguste tööstusmasinate, kraanade jne. küljes, kus ehitamine tavaliste torudega painutuste tõttu on raskendatud.

ПРП (ОСТ). Ehitus analoogiline allpoolkirjeldatud *NPA*-le, kuid puudub traatpunutise all üldine puuvillsukkkate. Valmistatakse 1...3-soonelistena, 1,5...95 mm^2 köissoontega. Kasutatakse seadmeis nimipingega kuni 1000 V. Turustatakse 125-m kerades.

ПРШП (ОСТ). Nagu *ПРП*, kuid kokkukeerutatud üksiksooned on kaetud kõiki vahesid täitva kummiümbrisega ja see

omakorda peenikestest terastraatidest sukkpunutisega. Valmistus, kasutamine ja turustus nagu *ПРП*-l.

NPA. Vulkaniseeritud kummiga ja puuvillpaelaga kaetud, eri-kummisoonjuhtmetele *NSGA* 2 kV vastavad üksiksooned on koos vahesid täitva materjaliga kokku keerutatud ning mähitud kummeeritud puuvillpaelaga ja kaetud impregneeritud puuvillsukk-kattega. Viimane omakorda on kaetud roostekindla traatpunutisega (joon. 1-i). Nimipinge 1 kV. Valmistatakse 1 ... 3-soonelistena 1,5 ... 6 mm^2 traat- ning 1,5 ... 150 mm^2 köisjuhtmena. Turustatakse 50-m kerades.

NPAF. Vasksooned nagu *NGAF*-il, muus osas nagu *NPA*.

BPA. Paelsoomusjuhe. *NGAB*-le vastavad, kummiga ja puuvillpaelaga kaetud üksiksooned on koos täitematerjaliga kokku keerutatud, mähitud immutatud puuvillpaelaga ja kaetud impregneeritud puuvillpunutisega. Viimasele järgneb piki juhet laineline paelsoomus (joon. 1-k). Nimipinge 750 V. Valmistatakse 1 ... 3-soonelisena, 2,5 ... 150 mm^2 köissoontega. Turustatakse nagu *NPA*.

BSH. Paelsoomusjuhe. *NGAF*-le vastavad üksiksooned on kokku keerutatud ja ümbritsetud kõiki vahesid täitva kummimantliga, seejärel mähitud puuvillpaelaga ja kaetud teise kummimantliga ja lainelise paelsoomusega. Nimipinge 750 V. Valmistatakse 2 ... 4-soonelisena, 1,5 ... 16 mm^2 köissoontega. Turustatakse nagu *NPA*.

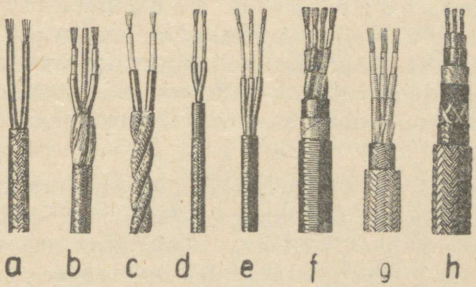
17. Juhtmed valgustusarmatuuridele.

a) Armatuurnöörid. Määratud kasutamiseks eranditult valgustusarmatuuride juhtmetena lambiarmatuuride (näit. laearmatuurid, kroonlühtrid jts.) sees ja küljes. Kuna armatuurnööri isolatsioon on võrdlemisi nõrk, siis seda juhet ei ole lubatud kasutada ühendusjuhtmena kohamuutlikele valgustuskehadele ja aparaatidele, näiteks laua- või põrandalambile, triikrauale, käsilambile jts. Pealmine sukkpunutis võib olla mitmesugust värvi.

AP (OCT). Ühesooneline 0,75 mm^2 armatuurnöör. Kummiga isoleeritud köissoon on kaetud kahekordse puuvillsukaga. Kasutatav seadmeis nimipingega kuni 220 V. Turustatakse 100-m kerades.

АРД (OCT). Lapik, kahesooneline, 0,75 mm^2 armatuurnöör. Rööbiti asetsevad sooned on kaetud ühise sukkpunutisega. Seadmeile kuni 220 V pingega. Turustatakse 100-m kerades.

NFA. Traat- või peenekiuline köissoon, põikpinnaga 0,75 mm^2, on kaetud 0,6 mm paksuse vulkaniseeritud kummist ümbrisega ning ühekordse või kokkukeerutatud soontega juhtme korral on üksiksooned kaetud eraldi veel puuvillast, siidist või läikniidist sukkpunutisega. Lapikul armatuurnööril on paljad kummisooned kõrvuti ja kaetud ühise sukkpunutisega (joon. 2-a). Nimipinge 250 V. Valmistatakse 1 ... 3 soonega. Turustatakse 50-m kerades.



Joon. 2.

NFSA. Ehitus nagu lapikul *NFA*-l, kuid köissoon sisaldab üht vedrutavat teraskiudu ja on puuvillniidiga mähitud, millele järgneb kummi-isolatsioon. Kasutatakse spiraalseks keeratult armatuuride torustikus, mille pikkus on reguleeritav (näit. üles-alla reguleeritav söögitoa laearmatuur). Muud osad nagu *NFA*-l.

b) P e n d e l n ö ö r i d. Kasutamiseks valgustusarmatuuride kandjana, näiteks nöör- või tõmbependlina (pendel lambipesaga, vastukaalu abil üles-alla tõmmatav lambipesa). Pealmine sukkpunutis võib olla värviline.

ШПП (OCT). Ehituselt analoogiline allpoolkirjeldatud *NPLR*-le. Kahesooneline, 0,75 mm^2 köissoontega. Kasutatakse seadmeis nimipingega kuni 220 V. Turustatakse 100-m kerades.

NPL. Ühesooneline. Peentest, kuni 0,15 mm läbimõõduga kiududest koosnev, üldise põikpinnaga 0,75 mm^2 köissoon on tihedalt mähitud puuvillniidiga ja kaetud 0,6 mm paksuse kummiümbrisega. Seejärel kummisoon koos kõrvalasetseva kandenööriga on kaetud puuvillast, siidist või läikniidist sukkpunutisega. Nimipinge 250 V. Turustatakse 50-m kerades.

NPLR. Kahesooneline. Paljad kummisooned nagu *NPL*-il, koos puuvillast nöörtäitega ja kandenööriga ümmarguseks kokku keerutatud ja kaetud ühise puuvillast, siidist või läikniidist sukkpunutisega (joon. 2-b). Nimipinge 250 V. Turustatakse nagu *NPL*.

18. Kummisoon-nöörjuhtmed.

a) Kummisoonnöörid kohamuutlikele riistadele. Need kummisoonnöörid on määratud kasutamiseks ainult kuivades eluruumides kohamuutlike riistade (laualambid, elektri-soojendusahjud, triikrauad, keedukannud jts.) ühendusjuhtmetena kohtades, kus juhtmed ei ole mehaaniliselt eriti ohustatud.

ШРО (ОСТ). Kahesooneline, ühise sukkpunutisega kaetud kummisoonnöör, põikpinnaga 0,75, 1 ja 1,5 mm². Ehituselt sarnane kahesoonelise *NSA*-ga. Kasutatav seadmeis nimipingega kuni 220 V. Turustatakse 100-m kerades.

NSA. Peenekiuline köissoon (kuni 2,5 mm², mähitud tihedalt puuvillniidiga) on ümbritsetud kummikihiga vastavalt *NGA* juhtmele ja kaetud puuvillast, siidist või läikniidist sukkpunutisega. Kahesoonelisel lapikul nööril on ühise sukkpunutise all üksiksooned rööbiti. Mitmesoonelistel nööridel on üksiksooned koos puuvillastest lõngadest täitematerjaliga ja kandenööriga ümmarguseks kokku keerutatud ja kaetud ühise sukkpunutisega. Sukkpunutis võib olla mitmesugust värvi. Nimipinge 250 V. *NSA* üldiselt sarnane *NPL* ja *NPLR*-iga, kuid soonte kummi-isolatsioon on paksem. Valmistatakse ümmargusena 1...3 soonega 0,75...6 mm² ja lapikuna ainult 2 soonega 1 ja 1,5 mm². Turustatakse 50-m kerades.

b) Kummisoonnöörid kohakindlaks paigutuseks (nn. litse). Sellesse liiki kuuluvad nöörid on määratud kohakindlaks, lahtiseks asetuseks isoleerrullidel ainult kuivades ja köetavais ruumides, mehaaniliselt ohustamata piirkonnas. (Vt. p. 123 — Lahtine asetusviis.) Kasutatavad ainult seadmeis nimipingega kuni 220 V.

ПРД (ОСТ). Puuvillniidi ja kummiga isoleeritud ja puuvillsukaga kaetud kiulistest köissoontest kokkukeerutatud kahesooneline kummisoonnöör (joon. 2-c). Üksikud juhtmesooned koosnevad kuni 1,5 mm² juhtmeil 7 ja suuremate põik-

pindadega juhtmeil 19 kiutraadist. Valmistatakse 0,75 ... 6 mm² ja turustatakse 100-m kerades. Kasutatakse seadmeis kuni 220 V.

ШР (ОСТ). Kahesooneline kummisoonnöör nagu *ПРД*, kuid juhtmesooned on peenekiulisemad, koosnedes vastavalt põikpinnale 24 kuni 84 kiutraadist, seega painduvam. Valmistus, turustus ja kasutamine nagu *ПРД*-l.

19. Kummivoolikjuhtmed.

ШРПК (ОСТ). Tubane kummivoolikjuhe, ehituselt sarnane allpoolkirjeldatud *NLG*-ga. Kasutatakse kuivades eluruumides kohamuutlike riistade ühendamiseks kohtades, kus pole karta mehaaniliste vigastuste mõju. Valmistatakse kahesoonelisena 0,75 ja 1 mm², seadmetele nimipingega kuni 220 V. Turustatakse 100-m kerades.

ШРПЛ (ОСТ). Kerge kummivoolikjuhe, ehituselt sarnane allpoolkirjeldatud *NLH*-ga. Kasutatakse kohamuutlike riistade, nagu tolmuimejad, käsilambid, triikrauad jts., ühendusjuhtmena kuivades tööstuslikes ruumides, kus on võimalikud kerged mehaaniliste vigastuste mõjud. Valmistatakse kahesoonelisena 0,75 ... 1,5 mm², seadmetele nimipingega kuni 220 V. Turustatakse 100-m kerades.

ШРПС (ОСТ). Keskmine kummivoolikjuhe, ehituselt sarnane allpoolkirjeldatud *NMH*-ga. Kasutatakse samasuguste riistade ühendusjuhtmetena nagu *ШРПЛ*-i juures, kuivades ja niisketes tööstuslikes ruumides, kus on võimalikud mõõdukad mehaanilised vigastused. Valmistatakse kahe- ja kolmesoonelisena 1 ... 4 mm², seadmeile nimipingega kuni 500 V. Turustatakse 100-m kerades.

КРПТ (ОСТ). Raske kummivoolikjuhe, ehituselt sarnane allpoolkirjeldatud *NSH*-ga. Kasutatakse kohamuutlike aparaatide ühendusjuhtmena tingimustes, kus on võimalikud tunduvad mehaanilised mõjutused, näiteks tehastes, vabrikutes, rasketööstuses, põllumajanduses jts. kohtades. Valmistatakse 2 ... 4-soonelisena ja 3 soone ning ühe väiksema põikpinnalise lisasoonega, 2,5 ... 70 mm², seadmeile nimipingega kuni 500 V. Turustatakse kuni 6 mm² — 125-m kerades ja suuremate põikpindadega juhtmed — trumlitel.

NLG. Eriti kerge kummivoolikjuhe. Valmistatakse ainult kahesoonelise, 0,75 mm² juhtmena. Peentest kiu-

dudest kokkukeerutatud vasksoon on tihedalt mähitud puuvillniidiga ja kaetud 0,4 mm paksuse vulkaniseeritud kummist ümbrisega. Kaks sellist juhtmesoont on omavahel kokku keerutatud ja ümbritsetud ühise, kõiki vahesid täitva kummikestaga, mille kattepaksus on 0,6 mm. Ühise kummikesta sees asetsevad üksiksooned peavad olema lahtised, liikuvad. Kummikest on kaetud puuvillast, siidist või läikniidist sukkpunutisega (joon. 2-d). Nimipinge 250 V. Kasutatakse laualampide, kellade, ventilaatorite, raadioaparaatide, soojenduspatjade jts. ühendusjuhtmena mehaaniliselt vähe ohustatud kohtades. Turustatakse 50-m kerades.

NLH ja *NLHG*. Kerge kummivoolikjuhe. Kahe-, kolme- või neljasooneline 0,75 mm² juhe. Ehituselt nagu *NLG*, kuid üksiksoone kummikatte kihipaksus 0,5 mm ja ühise kummiümbrise seinapaksus õhemas kohas 0,8 mm. *NLH* — katmata, *NLHG* — kaetud puuvillast, siidist või läikniidist sukkpunutisega. Nimipinge 250 V. Kasutatakse kergete tubaste riistade, nagu laualampide, triikraudade jts. ühendusjuhtmetena. Turustus 50-m kerades.

NMH ja *NMHG*. Keskmine kummivoolikjuhe. 1...4-sooneline, 0,75...2,5 mm² juhe. Kummisoonte ehitus ja mõõdud nagu kummisoonnööril *NSA*. Järgnev juhtme ehitus nagu *NLH*-l, kuid ühise kummiümbrise seinapaksus olenevalt juhtme põikpinnast on ühesoonelisel 0,8...1 mm ja mitmesoonelistel 0,8...1,5 mm (joon. 2-e). Nimipinge 250 V. Kasutatakse väikeste käsitöömasinate, veekeetjate, keeduplaatide, elektripliitide, käsi-puurmasinate, elektriliste köögiriistade, käsilampide jts. ühendusjuhtmetena. Turustatakse 50-m kerades.

NSH. Tugev kummivoolikjuhe. 1...4-sooneline, 1,5...70 mm² juhe. *NSA* juhtmele vastavad, kummeeritud puuvillpaelaga kaetud üksiksooned on kokku keerutatud ja ümbritsetud ühise kummiümbrisega, mille seinapaksus olenevalt juhtme põikpinnast on 1...2 mm. Kummiümbris on mähitud paksu puuvillpaelaga, millele järgneb teine kummimantel juhtme põikpinnale vastava seinapaksusega 1,2...3,2 mm (joon. 2-f). Mõlemad kummimantlid ei tohi olla omavahel seotud (painduvam!). Nimipinge 750 V. Kasutatakse kohtades, kus juhtmelt nõutakse eriti suurt mehaanilist vastupidavust, näiteks raskete tööriistade, liikuvate mootorite, põllumajanduslike elektririistade jts. ühendusjuhtmetena. Turustatakse 100-m kerades.

20. Töötoanöörid.

NWK. Kummeeritud puuvillpaelaga kaetud, *NSA*-le vastavad üksiksooned on koos täitematerjaliga kokku keerutatud ning kaetud ühise puuvillpunutisega, millele järgneb tõrvatud kanepist kaitsepunutis mehaaniliste vigastuste vastu (joon. 2-g). Võib omada ka lisasoont sisemise punutise all. Lisasoon on peenekiuline ja kuni 4 mm² juhtmeil teiste soontega võrdse põikpinnaga, 6 mm² juhtmeil — 4 mm², 10 ja 16 mm² juhtmeil — 6 mm², 25 ja 35 mm² juhtmeil — 10 mm². Nimipinge 250 V. Valmistatakse 2 ... 3-soonelisena, 1,5 ... 35 mm². Turustatakse 100-m kerades. Kasutatakse peamiselt töökodades kohamuutlike riistade ühendusjuhtmena.

21. Eri- ja kõrgepinge nöörjuhtmed.

ГТО (ОСТ). Nn. turbokaabel. Eriti painduvad, kõrgepinge kummisoonjuhtme kummi-isolatsiooniga, peenekiulised sooned mähitud kummeeritud paelaga, kokku keerutatud ja ümbritsetud pealepressitud kummiümbrisega. Sellele järgneb puuvillpael, traatvõrgust soomus, puuvill-punutis ja lõpuks kompoundeeritud puuvillast sukkpunutis. Valmistatakse pingetele 500, 2000 ja 3000 V, põikpindadega 2 × 1,5 ... 4 mm² ja 3 × 6 ... 70 mm², soovi korral lisasoonega nulljuhtmeks.

NSGK. Kokkukeerutatud juhtmesooned nagu *NWK*-l on ümbritsetud ühise kummiümbrisega, kaetud kummeeritud puuvillpaelaga, siis puuvillpunutisega ja lõpuks tõrvatud kanepist sukkpunutisega. Nimipinge 250 V. Valmistatakse 2- ja 3-soonelisena, 1,5 ... 35 mm² ning lisasoonega nagu *NWK*-l. Kasutatakse kohamuutlike riistade ühendusjuhtmena mehaaniliselt eriti ohustatud paikades tööstuses ja põllumajanduses. Turustatakse 100-m kerades.

NSGCK. Nagu *NSGK*, kuid kanepist punutise all asetseb tinutatud vasktraatides sukkpunutis (joon. 2-h).

NHSGK. Ehitus nagu *NSGK*-l, kuid kummikihtide seinapaksus nagu kummisoonjuhtmel *NSGA* 2 kV. Määratud kasutamiseks tööstustes ja põllumajanduses pingetel kuni 1 kV. Valmistatakse 2 ... 3-soonelisena 1,5 ... 16 mm².

22. Spetsiaaljuhtmed.

a) Tõstuki tüürimisjuhtmed.

NFL. Peenekiuline vasksoon on tihedalt mähitud puuvillniidiga ja kaetud vulkaniseeritud kummikihiga paksuses 1,2 mm.

Kummikiht on mähitud kummeeritud puuvillpaelaga ja kaetud erineva värvusega puuvillast sukkpunutisega. Üksiksooned on keerutatud ümber džuutsüdamiku, mähitud immutatud puuvillpaelaga ja kaetud kahekordselt puuvillast, džuudist või kanepist punutisega. Nimipinge 750 V. Kasutatakse tõstukikorvi ja tõstekaevuse vahelise ühendusjuhtmena siseruumides. Turustatakse meetriviisi trumlitel.

NFLG. Nagu *NFL*, kuid ühisele puuvillast paelmähisele järgneb kummiümbris 1,5 mm paksuse seinaga. Järgnev immutatud kiudainest punutis nagu *NFL*-il.

b) Painduvad teatrijuhtmed.

NTK. Üksiksoone ehitus nagu *NWK*-l, kusjuures kummikihi paksus vastavalt eri-kummisoonjuhtmele *NSGA* 2 kV. Kummisoon on mähitud kummeeritud puuvillpaelaga. Kaks või mitu sellist soont on džuudist täitematerjali abil kokku keerutatud, mähitud immutatud puuvillpaelaga ja kaetud tiheda džuudist punutisega, mille peal on veel kord läikniidist punutis. Nimipinge 250 V. Valmistatakse 2,5 mm^2 ja mitmesoonelisena. Kasutatakse nn. sofiitjuhtmena.

NTSK. Ehitus nagu *NTK*-l, kuid viimase läikniidist punutise asemel on purjeriidest kate. Kasutatakse ümberasetatava juhtmena, näiteks lava prožektoritele.

23. Juhtmed kõrgepinge helktorudele (huumlampidele).

LF. Tinutatud vasktraatidest peenekiuline soon on ümbritsetud osoonikindla kummiümbrisega. Valmistatakse ühesoonelisena, põikpinnaga 1,5 mm^2. Nimipinge 6 kV.

LUF. Nagu eelmine, kuid pealt kaetud veel impregneeritud punutisega.

LRUF. Nagu *LF*, kuid kummisoone peal asetseb pikuti laineline, pikiõmblust omav valtsitud alumiiniummantel. Pikiõmbluse sisse on pressitud 1,5 mm^2 maandusjuhe. Alumiiniummantel on kaetud keemilistele mõjudele vastupidava immutatud punutisega.

24. Kaablid.

Kaabliteks nimetatakse selliseid ühe- ja mitmesoonelisi isoleeritud juhtmeid, mis on määratud asetamiseks peamiselt maapinna alla või vette ja millede ühiste pealmiste kaitsekatete hulgas esineb ka tinamantel. Neid kaableid kasutatakse aga ka

siseinstallatsioonide juures hoonete seintel, lagedel, põranda kanaleis ja erilistes kaablikäikudes.

Kaablid valmistatakse tavaliselt põikpindadega 1 ... 400 mm^2, erijuhtumeil kuni 1000 mm^2. Mitmesooneliste jämedate kaablite asemel kasutatakse suurema põikpinna vajaduse korral enamasti peenemaid kaableid rööbiti (painduvamad, kergemad). Kaablisoone materjalina kasutatakse vaske või alumiiniumi, kusjuures vasksoontega kaablitel kuni 10 mm^2 ja alumiiniumsoontega kaablitel kuni 35 mm^2 on massiivsed ümmargused sooned ning neist põikpindadest ülespoole kas ümmargused või sektorikujulised köissooned (joon. 3). Viimasel juhtumil on kaabli läbimõõt suhteliselt väiksem.

Isolatsiooni poolest jaotatakse kaablid kahte pealiiki: 1) kummi-isolatsiooniga — nn. kummitinakaablid ja 2) paberisolatsiooniga — nn. pabertinakaablid.

Kummitinakaableil on tinutatud ja vulkaniseeritud kummiga kaetud üksiksooned mähitud kummeeritud puuvillpaelaga ning mitmesoonelistel veel ümbritsetud kõiki vahesid täitva kummiümbrisega ja sellele järgneva impregneeritud puuvillpaelaga. Sääraselt isoleeritud juhtmeile pressitakse peale seatinast (pliist) mantel. Kummikihtide ja tinamantli paksus suureneb olenevalt kaablisoone põikpinnast ja kaabli nimipingest. Valmistatakse nimipingetele kuni 1 kV ja OCT järgi 500, 3000 ja 6000 V, viimane ainult alalisvoolule. Kaablisoonte kindlaksmääramiseks on üksiksoonte värvused nagu isoleeritud juhtmeil (vt. p. 12).

Pabertinakaableil on vasksooned tinutamata. Üksiksoonte ja nende vahesid täitva isoleermaterjalina kasutatakse kaabliõliga immutatud paberit. Üksiksooned on mähitud kaabli nimipingele vastavas paksuses paberlintide kihtidega, kusjuures üksteisele järgnevad paberlindist kihid katavad eelmiste kihtide vahesid. Selliselt isoleeritud üksiksooned on koos vahesid täitva paberisolatsiooniga veel kord mähitud ühise paberlintidest mähisega ja lõpuks kaetud tinamantliga. Üksiksoonte kui ka ühise paberisolatsiooni kihipaksus suureneb olenevalt kaablisoone põikpinnast ja nimipingest. Kaableil nimipingega üle 60 kV on soontevahed paberisolatsiooni asemel täidetud kaabliõliga ning kaabel varustatakse otstes õlipaisumise anumatega. Valmistatakse nimipingetele kuni 200 kV. Kaablite üksiksoonte kindlaksmääramiseks on üksiksoonte värvused 2-soonelisel: punane — paberi loomulik värv, 3-soonelisel: punane —

paberi loomulik värv — sinine, 4-soonelisel: punane — paberi loomulik värv — sinine — sinine/paberi loomulik värv.

Paberisolatsiooniga kaablid on niiskuse vastu tundlikumad, kuid paremate dielektriliste omadustega kui kummitinakaablid.

Kaablite konstruktsioonile vastavalt tähistatakse kaableid lühitähistega, nagu näidatud tabeleis 6 ja 6-a.

Tabel 6.

Kaablite lühitähised VDE järgi.

Kummitina-kaablid	Pabertina-kaablid	Kaabli konstruktsioon
NGK	*NK*	Kaabel palja tinamantliga.
NGKA	*NKA*	Nagu eelmine, lisaks asfalteeritud paberist ja džuudist mähis.
NGKB	*NKB*	Nagu eelmine, lisaks vitsrauast kahekordne vaheliti paiknev soomusmähis.
NGKBA	*NKBA*	Nagu eelmine, lisaks asfalteeritud džuudist mähis.
NGKF	*NKF*	Nagu *NGKB* või *NKB*, kuid vitsraua asemel lapiktraadist soomusmähis.
NGKFA	*NKFA*	Nagu eelmine, lisaks asfalteeritud džuudist mähis.
NGKFG	*NKFG*	Nagu *NGKF* või *NKF*, kuid lisaks vastusuunaliselt mähitud lapiktraadist spiraal.
NGKR	*NKR*	Nagu *NGKB* või *NKB*, kuid vitsraua asemel ümartraadist soomusmähis.
NGKRA	*NKRA*	Nagu eelmine, lisaks asfalteeritud džuudist mähis.
NGKRRA	*NKRRA*	Nagu eelmine, kuid kahekordse ümartraadist soomusmähisega.
NGKRG	*NKRG*	Nagu *NGKR* või *NKR*, kuid lisaks vastusuunaline ümartraadist spiraal.
NGKZA	*NKZA*	Nagu *NGKBA* või *NKBA*, kuid vitsraua asemel Z-profiilsest traadist soomusmähis.
NGKZRA	*NKZRA*	Nagu eelmine, kuid Z-profiilsele mähisele järgneb veel ümartraadist soomusmähis.

Märge: Kui juhtmesoon on alumiiniumist, siis tähe „*N*" järele märgitakse täht „*A*", näiteks *NAGK* või *NAK*. Lühitähisele lisatakse kaablisoonte arv, põikpind, kaablisoone kuju märk (r — ümmargune, s — sektorikujuline) ja nimipinge, näiteks *NKBA* 3×95 s 15 kV.

Nulljuhtmega võrkude (kuni 1 kV) jaoks valmistatakse ka neljasoonelisi kaableid, millede nullsooneks ettenähtud soon on tavaliselt kuni kaks korda väiksema põikpinnaga, näiteks $3 \times 50 + 1 \times 25$ mm^2.

Tabel 6-a.

Kaablite lühitähised OCT-i järgi.

Kummi-tina-kaablid	Paber-tina-kaablid	Kaablite konstruktsioon
СРГ	*СГ*	Kaabel palja tinamantliga.
СРА	*СА*	Nagu eelmine, kuid lisaks asfalteeritud paberist ja džuudist kattemähised.
СРБ	*СБ*	Nagu eelmine, lisaks vitsrauast kahekordne vaheliti paiknev soomusmähis, mis on omakorda kaetud asfalteeritud džuudist mähisega.
СРБГ	*СБГ*	Nagu eelmine, kuid puudub pealmine asfalteeritud džuudist mähis.
СРП	*СП*	Nagu *СРБ* või *СБ*, kuid vitsrauast mähise asemel lapikuist tsingitud terastraatidest soomusmähis.
СРПГ	*СПГ*	Nagu eelmine, kuid puudub pealmine asfalteeritud džuudist mähis.
—	*СК*	Nagu *СРБ* või *СБ*, kuid vitsrauast mähise asemel ümmargusist tsingitud terastraatidest soomusmähis.
—	*СКГ*	Nagu eelmine, kuid puudub pealmine asfalteeritud džuudist mähis.
—	*СБВ* *СБГВ*	Nagu *СБ* ja *СБГ*, kuid minimaalse immutusõli sisaldusega kaablis, tinamantli all.
—	*СПВ* *СПГВ* *СКВ*	Nagu *СП, СПГ* ja *СК*, kuid minimaalse immutusõli sisaldusega kaablis, tinamantli all.

Ülaltoodud tähistega tähistatakse ümarsoontega kaableid. Sektorikujuliste soontega kaableid tähistatakse samade tähistega, lisades lõppu veel tähe „*С*“, näiteks *СБС*. Kaabli tellimisel tuleb lühitähisele lisada kaablisoonte arv, põikpind, nimipinge ja standardnormide number, näiteks *СБС*, 3×185 mm², 6 kV, ГОСТ 340-40.

OCT-i järgi on normaalse immutusõli sisaldusega kaablite vertikaalne asetuse ulatus piiratud kaabli otsamuhvide tihendatavusega, sest kaabli isolatsiooni vahel olev õli püüab oma raskuse tõttu otsamuhvide vahelt välja tungida. Need kaablid on vertikaalses asendis kasutatavad kuni järgmiste kaabli otsamuhvide vaheliste kaugusteni:

a) soomustatud kaablid 1 ja 3 kV — 25 m,

b) soomustamata kaablid 1 ja 3 kV ning soomustatud ja soomustamata kaablid 6 ja 10 kV — 15 m,

c) soomustamata ja soomustatud kaablid 20 ja 35 kV — 5 m.

Kaabli otsamuhvide suuremate vahekauguste korral tuleb kasu-

tada kaableid, mis on valmistatud vastavalt tehnilistele eritingimustele ja sisaldavad minimaalsel hulgal isolatsiooni immutusõli.

Andmed kaablite kasutuspiirkonna kohta on toodud tabelis 7.

Tabel 7.

Kaablite kasutuspiirkond.

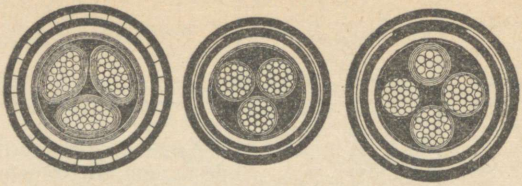
Jrk. nr.	Kummitina-kaabel		Pabertina-kaabel		Kasutuspiirkond
	OCT	VDE	OCT	VDE	
1	*СРГ*	*NGK*	*СГ*	*NK*	Siseruumides seintel, lagedel, põranda kanaleis, tunneleis jne., tingimustes, kus puudub mehaanilise vigastumise võimalus montaažil ja kasutamisel, ning kohtades, kus puudub tinamantlile kahjulik aurude, hapete ja leeliste mõju ning plahvatusoht.
2	*СРА*	*NGKA*	*СА*	*NKA*	Sealsamas kus eelmised, kuid tinamantlile kahjulikkude, aga pealmisele asfalteeritud kaitsemähisele kahjutute aurude, gaaside, hapete ja leeliste olemasolu tingimustes.
3	*СРБ*	*NGKBA*	*СБ*	*NKBA*	Maa sees (kaablikaevikus) ja hoonete seintel väljas tingimustel, kui esinevad mehaaniliste vigastumiste võimalused montaažil ja kasutamisel, kui kaabel ei allu märgatavalt tõmbejõududele.
4	*СРБГ*	*NGKB*	*СБГ*	*NKB*	Siseruumides (ka plahvatusohtlikes) ja tunnelites neilsamadel tingimustel nagu jrk. nr. 3 all märgitud kaablite korral.
5	*СРП*	*NGKFA*	*СП*	*NKFA*	Neissamades paikades ja tingimustel nagu jrk. nr. 3 märgitud kaablitel, kuid kaabel allub märgatavaile tõmbejõududele *(СРП* — kui tõmbejõud ületab 50 m kaabli omaraskuse).
6	*СРПГ*	*NGKF* \ *NGKR* /	*СПГ*	*NKF* \ *NKR* /	Siseruumides (ka plahvatusohtlikes) ja tunnelites neilsamadel tingimustel nagu jrk. nr. 3 all märgitud kaableil.
7	—	—	*СК*	—	Asetamiseks vee alla — jõkke, järve, merre jne.

Jrk. nr.	Kummitina-kaabel		Pabertina-kaabel		Kasutuspiirkond
	OCT	VDE	OCT	VDE	
8	—	—	*СБВ* *СБГВ*	—	Asetamiseks vertikaalselt nendesamade tingimuste juures nagu jrk. nr. 3 ja 4 tähendatud kaablitel *СБ* ja *СБГ*, kaabli paiknemise kõrgusvahedel kuni 50 m, kusjuures kaabel tuleb kinnitada ka vahemises osas.
9	—	—	*СПВ* *СПГВ* *СКВ*	—	Asetamiseks vertikaalselt nendesamade tingimuste juures nagu jrk. nr. 5, 6 ja 7 tähendatud kaablitel *СП*, *СПГ* ja *СК*, kaabli paiknemise kõrgusvahedel kuni 100 m ja juhtumil, kui kaabel allub tõmbele niihästi monteerimisel kui ka kohalemonteeritult. Kaabli paiknemise kõrgusvahedel üle 100 m on nõutav kaabli kinnitus vahepealses osas.
10	—	*NGKFG* *NGKRG*	—	*NKFG* *NKRG*	Sealsamas kus jrk. nr. 6 märgitud *NGKF* ja *NKF* kaablid, kuid kohtades, kus esineb suurem tõmbejõud.
11	—	*NGKRA* *NGKRRA* *NGKZA* *NGKZRA*	—	*NKRA* *NKRRA* *NKZA* *NKZRA*	Igasugustel tingimustel ja kohtades, peamiselt kus esinevad suuremad tõmbejõud ja on võimalikud suuremad mehaanilised vigastused. Vee all.

Kaableist oli seni levinum *NKBA*, millele vastab OCT-i järgi *СБ*.

Kõigil kaableil peab olema kaabli valmistaja tehase tunnusmärk. Kummitinakaableil (ka peenemail, alla 20 mm läbimõõduga pabertinakaableil) on tunnusena tinamantli all paiknev värviline tunnusniit.

Kaableid turustatakse meetriviisi, trumlitel (peenemad ka kerades, ringides). Üksikute kaablitükkide pikkus võib tõusta kuni 500 m, olenevalt läbimõõdust.



Joon. 3. Kaablid lõikes.

25. Isoleeritud juhtmete kaal ja läbimõõt.

Enamtarvitatavate isoleeritud vaskjuhtmete kaal ja läbimõõt on antud tabelis 8, 8-a, 9 ja 9-a. Alumiiniumjuhtmeil on läbimõõt umbes seesama, kaal väiksem.

26. Masinate ja aparaatide mähiste traadid.

Masinate ja aparaatide mähiste traatidel (nn. dünamotraatidel) kasutatakse peaaegu eranditult pehmet puhast elektrolüütilist vaske.

Väiksemate voolude juures kasutatakse ümarvaske, suuremate juures vasklatte.

Ümmargune mähistraat on müügil tavaliselt läbimõõduga 0,03 ... 10 mm.

OCT-i järgi tähistatakse mähisetraadid järgmiselt:

ПБО — ühekordse puuvillmähisega,
ПБД — kahekordse „
ПБТ — kolmekordse „
ПБОО — nagu *ПБО*, lisaks puuvill-sukkpunutis,
ПШДО — „ *ПБД*, „ „ „
ПШО — ühekordse siidmähisega,
ПШД — kahekordse „
ПЭ — emailisolatsiooniga,
ПЭБО — emaileeritud ja kaetud ühekordselt puuvillmähisega,
ПЭБД — nagu eelmine, kuid puuvillkate kahekordne,
ПЭШО — emaileeritud ja kaetud ühekordselt siidmähisega,
ПЭШД — nagu eelmine, kuid siidkate kahekordne.

Tabel 8.

Isoleeritud vaskjuhtmete kaal 100 m kohta kg-des OCT-i järgi.

Põik-pind mm²	АРД	ППРП	ПРД	ПР-380	ПР-500	ПРТО-500				ТПРФ			СРА			СРГ		
						1×	2×	3×	4×	2×	3×	4×	2×	3×	4×	2×	3×	4×
0,75	3,0	4,5	2,7	1,6	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	—	—	3,2	2,0	2,5	3,0	7,0	9,0	—	10,0	13,0	14,0	31,0	34	42	23,1	30,6	38,4
1,5	—	—	4,5	2,5	3,0	3,5	8,0	11,0	13,5	12,0	15,0	16,0	35,0	39	45	25,9	34,3	43,5
2,5	—	—	6,5	3,5	5,0	5,0	13,0	19,0	23,0	16,0	22,0	23,0	44,0	50	60	30,6	40,4	49,7
4	—	—	10,0	5,0	6,5	7,5	18,0	24,0	31,0	20,0	27,0	30,0	48,0	57	75	35,4	48,0	58,7
6	—	—	14,0	7,0	8,5	10,0	23,0	32,0	41,0	25,0	33,0	40,0	58,0	72	88	40,0	62,0	77,0
10	—	—	—	11,5	12,5	16 0	40,0	53,0	68,0	40,0	55,0	65,0	85,0	99	133	86,0	88,0	120,0
16	—	—	—	20,0	25,0	21,0	50,0	70,0	90,0	—	—	—	123,0	145	180	104,0	130,0	145,4
25	—	—	—	30,0	35,0	32,0	75,0	100,0	130,0	—	—	—	173,0	207	255	140,0	185,0	207,4
35	—	—	—	40,0	45,0	44,0	110,0	140,0	180,0	—	—	—	206,0	252	310	183,0	227,0	266,0
50	—	—	—	50,0	55,0	60,0	130,0	190 0	250.0	—	—	—	270,0	333	410	243,0	306,0	350,0
70	—	—	—	70,0	75,0	80,0	180,0	250,0	330,0	—	—	—	—	—	—	310,0	390,0	490,0
95	—	—	—	95,0	100,0	110,0	240,0	340,0	440,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	120,0	130,0	130,0	290,0	410,0	540,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	150,0	160,0	160,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	—	—	—	—	190,0	200,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	250,0	250,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 9.

Isoleeritud vaskjuhtmete väline läbimõõt mm-tes OCT-i järgi.

Põik-pind mm²	*АРД*	*ШПРП*	*ПРД*	*ПР-380*	*ПР-500*	*ПРТО-500*				*ТПРФ*			*СРА*			*СРГ*		
						1×	2×	3×	4×	2×	3×	4×	2×	3×	4×	2×	3×	4×
0,75	29×5,1	6,1	6,0	2,9	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	—	—	—	3,0	3,4	3,6	7,1	7,5	—	7,0	7,4	8,1	12,4	13,5	14 3	8,4	9,5	10,3
1,5	—	—	—	3,3	3,7	3,9	7,7	8,4	9,2	7,6	8,1	8,8	13,0	14,1	15,0	9,0	10,1	11,0
2,5	—	—	—	3,7	4,5	4,7	9,5	10,1	11,1	9.2	9,8	10,7	14,6	15,9	17,2	10,6	11,9	13,2
4	—	—	—	4,1	4,9	5,3	10,7	11,4	12,6	10,0	10,6	11,7	15.4	16,7	17,9	11.4	12,7	13,9
6	—	—	—	4,6	5,4	5,8	11,7	12 5	13.7	11,0	11,7	12,9	16,4	17,8	19,1	12,4	13,8	15,1
10	—	—	—	6,0	7,7	7,7	15,5	16,6	18,3	14,6	15,6	17,0	20,6	21,7	23,4	16.6	17,7	19,4
16	—	—	—	8,1	8,9	9,1	17,9	20,0	22,1	—	—	—	22,6	23,8	25,8	18,6	19,8	21.8
25	—	—	—	9,4	10,6	10,7	22.0	23,5	26,0	—	—	—	26,0	27,6	30 1	22,0	23,6	26,1
35	—	—	—	10 6	11,8	11,9	24,4	26,1	28,8	—	—	—	28 6	30,2	33,2	24,6	26,2	29,2
50	—	—	—	12,1	13,7	14,9	30,4	32,5	36.0	—	—	—	32,6	34,7	38,2	28,6	30,7	34.2
70	—	—	—	13,8	15,4	17,3	35,2	37,7	41.8	—	—	—	—	—	—	32,2	34,4	38,2
95	—	—	—	16,0	17,6	20,3	39,4	42,2	46,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	—	—	—	17,5	20,0	22.0	42,8	45,8	50,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	20,5	22,1	24,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
185	—	—	—	—	24,2	25,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
240	—	—	—	—	27,0	30,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 8-a.

Isoleeritud vaskjuhtmete kaal 100 m kohta kg-des.

Põikpind mm²	NGA	PLWC	NRA			NBU		
			2×	3×	4×	2×	3×	4×
1,5	2,7	2,3	12,5	15,5	18,6	46,5	51,0	57,0
2,5	4,1	3,8	17,2	22 5	26,0	55,0	65,0	74,0
4	6,0	5,2	22,0	29,0	36,0	72,0	79,5	92,5
6	8,2	7,3	28,5	35,5	50,0	81,5	92,5	106,0
10	13,6	11,6	48,0	62,0	78 0	12,4	146,0	170,0
10	14,8	12,5	—	—	—	—	—	—
16	21,5	18,8	—	—	—	—	—	—
25	32,5	27,5	—	—	—	—	—	—
35	43,0	38,0	—	—	—	—	—	—
50	60,5	52,0	—	—	—	—	—	—

Tabel 9-a.

Isoleeritud vaskjuhtmete väline läbimõõt mm-tes.

Põikpind mm²	NGA	PLWC	NRA			NBU		
			2×	3×	4×	2×	3×	4×
1,5	3,5	3,2	8,5	9,0	10,0	13,0	13,5	14,5
2,5	4,1	3,6	9,5	10,5	11,0	14,5	15,0	16,5
4	4,8	4,1	11,0	12,0	13,0	16,5	17,5	18,5
6	5,3	4,5	12,0	13,0	15,0	17,5	18,5	20,0
10	7,5	5,7	16,0	17,5	19,5	21,5	23,0	24,5
10	8,0	6,1	—	—	—	—	—	—
16	9,0	7,2	—	—	—	—	—	—
25	10,7	8,7	—	—	—	—	—	—
35	12,0	10,0	—	—	—	—	—	—
50	14,0	12,0	—	—	—	—	—	—

Märkus tab. 10-a juurde:

L — lakk, S — siid, P — puuvill, ühekordne, PP — puuvill kahekordselt. Isolatsiooniks on emaillakk 0,03 ... 3 mm-ni; siid ühe- või kahekordne 0,03 ... 1,5 mm-ni; puuvill ühekordne 0,1 ... 3 mm-ni; puuvill kahekordne 0,1 ... 6 mm-ni; puuvill 1 kord mähitud ja 1 kord punutud 0,8 ... 6 mm-ni; paber ja puuvill 0,8 ... 6 mm-ni.

Tabel 10.

Vask-mähistraadi kaal ja läbimõõt OCT järgi.

Läbimõõt mm	Põikpind mm²	1000 m kaal kg	Läbimõõt mm koos isolatsiooniga				
			ПБО	*ПБД*	*ПШО*	*ПШД*	*ПЭ*
0,10	0.0079	0,070	0,19	—	0,16	0,22	0,110
0,20	0,0314	0,280	0,29	—	0,26	0,32	0,215
0,31	0,0755	0,673	0,42	—	0,37	0,43	0,340
0,41	0,1320	1,177	0,52	—	0,47	0,53	0,445
0,51	0,2043	1,821	0,62	0,71	0,57	0,63	0,550
0,59	0,2734	2,487	0,70	0,79	0,65	0,71	0,630
0,69	0,3739	3,388	0,80	0,89	0,75	0,81	0,730
0,80	0,5027	4,430	0,91	1,00	0,86	0,92	0,850
0,90	0,6362	5,670	1,01	1,10	0,96	1,02	—
0,93	0,6790	6,040	—	—	—	—	0,980
1,00	0.7854	7,000	1,11	1,20	1,06	1,12	1,050
1,25	1,2272	10,937	1,40	1,50	1,31	1,37	1,306
1,35	1,4314	12,757	1,50	1,60	1,41	1,47	1,406
1,45	1,6513	14,717	1,60	1,70	1,51	1,57	1,506
1,56	1,9113	17,035	1,71	1,81	—	—	—
1,68	2,2167	19,757	1,83	1,93	—	—	—
1,81	2,5730	22,933	1,96	2,06	—	—	—
1,95	2,9865	26,617	2,20	2,20	—	—	—
2,10	3,4637	30,870	2,40	2,40	—	—	—

Tabel 10-a.

Vask-mähistraadi kaal, takistus ja läbimõõt.

Läbimõõt mm	Põikpind mm²	1000 m		Läbimõõt mm koos isolatsiooniga			
		takistus Ω	kaal kg	L	S	P	PP
0,1	0,0079	2215,0	0,070	0,115	0,135	—	—
0,2	0,0314	553,9	0,280	0,22	0,235	0,3	0,36
0,3	0,0707	246,2	0,629	0,325	0,34	0,4	0,46
0,4	0,1257	138,5	1,118	0,43	0,44	0,52	0,60
0,5	0,1964	88,62	1,748	0,535	0,54	0,62	0,70
0,6	0,2827	61,54	2,516	0,64	0,64	0,72	0,82
0,7	0,3848	45,21	3,425	0,74	0,74	0,82	0,92
0,8	0,5026	34,62	4,474	0,85	0,84	0,92	1,02
1,0	0,7854	22,15	6,99	1,05	1,04	1,12	1,22
1,2	1,1310	15,38	10,07	1,26	1,24	1,32	1,42
1,4	1,5394	11,30	13,70	1,46	1,44	1,52	1,62
1,6	2,0106	8,654	17,89	1,66	—	1,75	1,86
1,8	2,5447	6,838	22,65	1,86	—	1,95	2,06
2,0	3,1416	5,539	27,96	2,06	—	2,15	2,26

B. JUHTMETE PÕIKPINNA ARVUTAMINE.

27. Arvutuse alused.

Juhtmete põikpinna määramisel tuleb aluseks võtta:

a) juhtmete mehaaniline tugevus,

b) juhtmete soojenemine,

c) pingelang juhtmeis.

Peale selle tuleb arvesse võtta erijuhtumil veel:

d) võimsuskadu juhtmeis ja liini majanduslik tasuvus; viimane on oluline suuremais, peamiselt tööstusotstarbeks määratud magistraalliinides.

Avalikes võrkudes on tavaliselt kehtivad veel täiendavad nõuded juhtmete põikpinna kohta — eriti maja pea- ja harusisendusliinide (magistraalide) suhtes.

Arvutuse käik juhtmete põikpinna määramiseks on toodud allpool, p. 40 kokkuvõetult ja p. 28 ... 39 üksikasjaliselt.

28. Juhtmete mehaaniline tugevus.

Siseinstallatsioonide juures juhtmete mehaanilist tugevust ei arvutata — minimaalne lubatav juhtmete põikpind on määratud vastavate sundnormidega.

Tabel 11.

Juhtmete minimaalsed lubatavad põikpinnad.

	Juhtme liik ja asetusviis	Vask mm²	Alum. mm²
1.	Armatuuride juhtmed ja pendelnöörid	0,75	—
2.	Kohamuutlike aparaatide juhtmed	1	—
3.	Isoleeritud juhtmed torudes, torutraat (kuulo), kaablitaolised juhtmed jne.	1 (1,5)	(2,5)
4.	Isoleeritud juhtmed isolaatoreil:		
	a) tugipunktide vahe juures 0 ... 1 m	1 (1,5)	(2,5)
	b) „ „ „ 1 ... 2 m	1,5	(4)
	c) „ „ „ 2 ... 6 m	2.5	(6)
	d) „ „ „ 6 ... 12 m	4	(10)
	e) „ „ „ üle 12 m	6	(16)
5.	Paljasjuhtmed hoonetes ja väljas:		
	a) tugipunktide vahe juures 1 ... 20 m	4	10
	b) „ „ „ 20 ... 35 m	6	16
	c) „ „ „ üle 35 m	10	25
6.	Maandusjuhtmed:		
	a) elektriseadmete lülitusruumis	16	—
	b) teistes ruumides	4	—

Sulgudes märgitud põikpinnad VDE järgi.

Õhuliinides (visanguga üle 20 m) asetatakse juhtmed sellise rippega (lõtvega), et neis ei tekiks ülemäära suurt tõmbejõudu. Vajalik ripe määratakse arvutusega või vastavate tabelite abil (vt. p. 90).

Kõige väiksemad lubatavad juhtmete põikpinnad on toodud tabelis 11.

Õhuliinide ja sideliinide ning raudteede ristumise kohta kehtivad normid on toodud p. 97 ja 98.

29. Juhtmete soojenemine.

Elektrivoolu mõjul soojenevad juhtmed seda rohkem, mida suurem on vool ja juhtme takistus (s. o. mida peenemad on juhtmed). Ülemäärane soojenemine võib rikkuda juhtmete isolatsiooni ning eri juhtumeil põhjustada tulekahjusid. Seepärast tuleb juhtmed valida niivõrd jämedad, et oleks välditud ülemäärane temperatuuri tõus voolu mõjul.

Juhtmete soojenemist ei arvutata; juhtmed valitakse normidega määratud suurima lubatava voolu järgi.

a) Suurim lubatav vool isoleeritud juhtmetes on antud tabelis 12.

Lahtiselt asetatud liiksaid juhtmeid 2,5 mm^2 ülespoole võib ühe astme võrra enam koormata, kasutades sealjuures ka ühe astme võrra suuremaid kaitsmeid (näit. 10 mm^2 juhtmeil 35 A asemel 60 A).

Lühiajalisel koormamisel on lubatud ajutine ülekoormamine, kui selle juures tekkiv soojenemine ei ületa kestvale koormusele vastavat määra.

Tabelile 12 alluvad ka siseinstallatsioonides esinevad paljasjuhtmed kuni 50 mm^2.

Tabelile ei allu maa-alused kaablid, õhuliinide ja ruumide sisemuses kasutatavad paljasjuhtmed üle 50 mm^2. Viimased tuleb valida selliselt, et nad kõige suuremal koormamisel ei soojeneks ümbrusele hädaohtliku määrani.

b) Suurim lubatav vool pabertinakaableis on antud tabelis 13 (lk. 40).

Tabel 12.

Isoleeritud juhtmete koormatavus amprites.
(Varemkehtinud eeskirjade kohaselt.)[1]

Põikpind mm²	Vaskjuhtmed		Alumiiniumjuhtmed		Raudjuhtmed	
	Suurim lubatav kestev-vool A	Vastava sulav-kaitsme nimivool A	Suurim lubatav kestev-vool A	Vastava sulav-kaitsme nimivool A	Suurim lubatav kestev-vool A	Vastava sulav-kaitsme nimivool A
0,75	9	6	—	—	—	—
1	12	6	8	6	—	—
1.5	16	10	11	6	—	—
2,5	21	15	17	10	8	6
4	27	20	22	15	10	6
6	35	25	28	20	12	10
10	48	35	38	25	17	15
16	66	60	53	35	30	25
25	90	80	72	60	40	35
35	110	100	90	80	50	35
50	140	125	110	100	65	60
70	175	160	140	125	80	60
95	215	200	175	160	—	—
120	255	225	205	200	—	—
150	295	260	235	225	—	—
185	340	300	270	260	—	—
240	400	350	320	300	—	—
300	470	400	375	350	—	—

Alumiiniumkaabli korral tuleb koormus võtta 80% tabeli 13 andmeist, näit. 3 × 10 mm² ja 6-kV kaablil 75 A asemel 60 A.

Tabelite andmed on mõeldud harilikku niiskesse maasse asetatud kaabli kohta. Erijuhtumeil arvutatakse kaablile lubatud koormus sel teel, et tabelis antud voolu väärtus korrutatakse alljärgneva teguriga:

Kaabli asetamisel	vette	1,3
„ „	väga märga maasse	1,15
„ „	väga kuiva maasse	0,85
„ „	lahtiselt õhku	0,75
„ „	torudesse	0,65

[1] OCT-i normidele vastavate juhtmete ja kaablite koormuse andmete puudumise tõttu käsikirja koostamisel, vt. vajalikud andmed raamatust: М. Д. Суховольский, Справочник по электрооборудованию промышленных предприятий.

Tabel 13.

Vasksoontega pabertinakaablite koormatavus amprites.

Põikpind mm²	Lubatav kestevvool amprites					
	Ühesooneline kuni 1 kV	Kahesooneline kuni 1 kV	Kolmesooneline kuni			Neljasooneline kuni 1 kV
			1 kV	6 kV	15 kV	
1,5	35	30	25	—	—	22
2,5	50	40	35	—	—	30
4	65	50	45	—	—	40
6	85	65	60	—	—	55
10	110	90	80	75	—	70
16	155	120	110	100	80	95
25	200	155	135	130	105	125
35	250	185	165	160	130	150
50	310	235	200	195	155	185
70	380	280	245	235	195	230
95	460	335	295	280	230	270
120	535	380	340	325	265	305
150	610	435	390	370	305	355

Mitme kaabli asetamisel kõrvuti, vahemaaga alla 10 cm, tuleb vastavat tabeliväärtust korrutada veel:

kaks kaablit — 0,9-ga; neli kaablit — 0,8-ga; kuus kaablit 0,75-ga.

Näide 1. Koormus on 22 A. Kui jämedad tuleb valida juhtmed, kui juhtmena kasutada *ПР*-i torus?

Lahendus: Kaitsmed tuleb valida 25 A ning sellele vastavalt vaskjuhe 6 mm² (tabeli 12 järgi). Alumiiniumjuhe tuleks võtta 10 mm².

Näide 2. Koormus on 3-juhtmelises 220-V keerdvoolu liinis 120 A. Millise jämedusega tuleks valida maa-alune vaskkaabel?

Lahendus: Kaabel tuleb võtta (tabeli 13 järgi) 3×25 mm².

30. Voolu arvutamine.

Juhtme valikul aluseks võetav vool (amprites) oleneb vastavaist voolutarvitajaist.

Juhtumil, kui koormus on antud vattides (või kW-des), tuleb see ümber arvutada valemite alusel:

alalisvoolul $J = \frac{N}{U}$,

vahelduvvoolul $J = \frac{N}{U \cdot \cos \varphi}$,

keerdvoolul $J = \frac{N}{1{,}73 \cdot U \cdot \cos \varphi}$,

kus J — vool amprites, N — ülekantav võimsus vattides. Mootorite juures tuleb arvesse võtta võrgust võetud elektriline võimsus, mitte aga mootori andmete sildil märgitud mootori võllilt saadav mehaaniline võimsus. Viimane tuleb jagada kasuteguriga (0,7 ... 0,9).

U — võrgu pinge voltides. Kolmejuhtmelise alalisvoolu ja neljajuhtmelise keerdvoolu (tähtlülitus nulljuhtmega) puhul tuleb mõõta pinget kahe faas- (pea-) juhtme vahel (mitte faas- ja nulljuhtme vahel, kus see on väiksem).

Cos φ — võimsustegur (suurtel mootoritel täiskoormusel 0,8 ... 0,9, väiksemail 0,7 ... 0,8, hõõglampidel ja küttekehadel 1).

Näide 1. Alalisvool 220 V. Koormus 1200 W. Leida vool J.

Lahendus: $J = 1200 : 220 = 5{,}45$ A.

Näide 2. 380/220 V keerdvoolu liinist on viidud välja kahejuhtmeline (null- ja faasjuhe) haru, millele on ühendatud 8 hõõglampi à 75 W. Leida vool J.

Lahendus: a) $N = 8 \times 75 = 600$ W, kusjuures $\cos \varphi = 1$ (hõõglampidel),

b) $U = 220$ V,

c) $J = 600 : 220 = 2{,}73$ A.

Näide 3. 380/220 V keerdvoolu liinile on ühendatud 24 hõõglampi à 75 W, kusjuures lambid on jaotatud ühtlaselt kõigile kolmele faasile nii, et nulljuhe on vooluta. Leida faasjuhtmeid läbiv vool J.

Lahendus: a) $N = 24 \times 75 = 1800$ W,

b) $U = 380$ V,

c) $J = \frac{1800}{1{,}73 \times 380} = 2{,}74$ A.

Arvutamise asemel võib voolu kindlaksmääramisel kasutada tabelit 14.

Tabel 14

Voolu suurus amprites olenevalt võimsusest.

kW	Alalisvool				Keerdvool											
					110 V			220 V			380 V			500 V		
					cos φ			cos φ			cos φ			cos φ		
	110 V	220 V	440 V	500 V	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6
0,1	0,91	0,445	0,228	0,2	0,525	0,655	0,875	0,262	0,328	0,438	0,152	0,19	0,254	0,116	0,144	0,193
1,0	9,1	4,55	2:28	2,0	5,25	6,55	8,75	2,62	3,28	4,38	1,52	1,9	2,54	1,16	1,44	1,93
1,1	10,0	5 0	2,5	2,2	5,75	7,2	9,56	2,88	3,6	4,78	1,67	2,1	2,78	1,27	1,58	2,12
1,2	10,9	5,45	2,72	2,4	6,3	7,85	10,5	3,14	3,92	5,25	1,82	2,28	3.04	1,39	1,73	2,32
1,3	11,8	5,9	2,96	2,6	6,8	8,5	11,3	3,4	4,25	5,65	1,98	2,48	3,3	1,5	1,87	2,5
1,4	12,7	6,35	3,18	2,8	7,35	9,15	12,5	3,66	4,6	6,25	2,12	2,66	3,54	1,62	2,02	2,7
1,5	13,6	6,8	3.4	3,0	7,85	9.85	13,1	3,94	4,9	6,55	2.28	2,86	3,8	1,73	2,16	2,9
1,6	14,5	7,3	3,64	3,2	8,4	10,5	14 0	4,2	5,25	7,0	2.44	3,04	4,1	1,85	2,3	3,1
1,7	15,5	7,75	3,86	3,4	8,9	11,1	14,8	4,45	5,55	7,4	2,58	3,22	4,3	1,96	2,44	3,3
1,8	16,4	8,2	4,1	3,6	9,45	11,8	15,7	4,7	5,9	7,85	2,74	3,42	4,6	2,08	2,6	3,5
1,9	17,3	8,65	4,3	3,8	9,95	12,4	16,6	5,0	6,2	8,3	2,88	3,6	4,8	2.2	2,74	3,7
2,0	18,2	9,1	4,55	4,0	10,5	13,1	17,5	5,25	6,55	8,8	3,04	3,8	5,1	2,32	2,88	3,5
2,2	20,0	10,0	5,0	4,4	11,5	14,4	19,2	5,75	7,2	9,6	3.34	4,2	5 6	2,54	3,16	4,2
2,4	21,8	10.9	5,45	4,8	12,6	15,7	21,0	6,3	7,85	10,5	3.64	4,55	6,1	2,78	3,46	4,6
2.6	23,6	11,8	5.9	5,2	13,6	17,0	22,6	6,8	8,5	11,3	3,96	4,95	6,6	3,0	3,74	5,0
2,8	25,4	12,7	6,35	5,6	14,7	18,3	24,5	7,35	9,15	12,3	4,25	5,3	7,1	3,24	4,05	5,4

3,0	27,2	13,6	6,8	6,0	15,7	19,6	26,2	7,85	9,8	13,1	4,55	5,7	7,6	3,46	4,3	5,8
3,2	29,0	14,5	7,25	6,4	16,8	21,0	28,0	8,4	10,5	14,0	4,85	6,1	8,1	3,7	4,6	6,2
3,4	31,0	15,5	7,7	6,8	17,8	22,2	29,6	8,9	11,1	14,8	5,15	6,45	8,6	3,92	4,9	6,5
3,6	32,8	16,4	8,2	7,2	18,9	23,6	31,5	9,45	11,8	15,8	5,45	6,85	9,1	4,15	5,2	6,9
3,8	34,6	17,3	8,65	7,6	19,9	24,8	33,2	9,95	12,4	16,6	5,8	7,2	9,7	4,4	5,45	7,3
4,0	36,4	18,2	9,1	8,0	21,0	26,2	35,0	10,5	13,1	17,5	6,1	7,6	10,2	4,6	5,75	7,7
4,5	41,0	20,4	10,2	9,0	23,6	29,4	39,3	11,8	14,7	19,7	6,85	8,55	11,4	5,2	6,5	8,7
5,0	45,5	22,8	11,4	10,0	26,2	32,8	43,8	13,1	16,4	21,9	7,6	9,5	12,7	5,8	7,2	9,7
5,5	50,0	25,0	12,5	11,0	28,8	36,0	48,0	14,4	18,0	24,0	8,35	10,5	13,9	6,35	7,9	10,6
6,0	54,5	27,2	13,6	12,0	31,4	39,2	52,4	15,7	19,6	26,2	9,1	11,4	15,2	6,95	8,65	11,6
6,5	59,0	29,6	14,8	13,0	34,0	42,5	56,8	17,0	21,2	28,4	9,9	12,4	16,5	7,5	9,35	12,5
7,0	63,5	31,8	15,9	14,0	36,6	46,0	61,0	18,3	23,0	30,5	10,6	13,3	17,7	8,1	10,1	13,5
7,5	68,0	34,0	17,0	15,0	39,4	49,0	65,4	19,7	24,6	32,7	11,4	14,3	19,0	8,65	10,8	14,4
8,0	72,5	36,4	18,2	16,0	42,0	52,5	70,0	21,0	26,2	35,0	12,2	15,2	20,4	9,25	11,5	15,4
8,5	77,5	38,6	19,3	17,0	44,5	55,5	74,2	22,2	27,8	37,1	12,9	16,15	21,5	9,8	12,2	16,3
9,0	82,0	41,0	20,4	18,0	47,0	59,0	78,5	23,6	29,4	39,3	13,7	17,1	22,8	10,4	13,0	17,3
9,5	86,5	43,0	21,6	19,0	50,0	62,0	83,4	25,0	31,0	41,7	14,4	18,05	24,0	11,0	13,7	18,3
10,0	91,0	45,5	22,8	20,0	52,5	65,5	87,5	26,2	32,8	43,8	15,2	19,0	25,4	11,6	14,4	19,3
100	910	455	228	200	525	655	875	262	328	438	152	190	254	116	144	193

Suurema või väiksema võimsuse korral kui tabelis 14 tuleb n korda suurem või väiksem suurus välja otsida ja tabelist leitud suurusi vastavalt n-ga korrutada või jagada.

Näide 1. 220 V alalisvoolu ja 2 kW koormuse juures on vool 9,1 A.

Näide 2. 220 V alalisvoolu ja 200 W juures (10 × väiksem koormus) on vool 0,91 A.

Näide 3. 380 V keerdvoolu, 50 kW ja cos $\varphi = 1$ juures on vool 76 A.

Näide 4. 440 V alalisvoolu võrgus näitab ampermeeter 18 A. Koormus on ca 8 kW (täpselt 7,92 kW).

31. Pingelang.

Koormamata liini korral on pinged liini lõpus ja alguses võrdsed. Liini koormamisel pinge liini lõpus väheneb teatava suuruse võrra, sõltuvalt koormusvoolust. Seda pinge vähenemise suurust nimetatakse praktikas pingelanguks. Tegelikult on see nimetus kehtiv vaid alalisvoolu ja induktiivsuseta koormusega ning liiniga vahelduvvoolu korral (vt. p. 36).

Juhtmete koormamisel tekib neis pingelang. Pingelang on seda suurem, mida suurem on vool ja juhtmete takistus.

Kuna vool oleneb koormusest ja võib kõikuda suurtes piirides, pole ka pingelang püsiv suurus.

Pingelangu suurepiiriline muutus põhjustab voolutarvitaja klemmipinge märgatava kõikuvuse, mis omakorda põhjustab lampide valguse vilkumist, mootorite ebaühtlast töötamist jne. Selle vältimiseks tuleb juhtmed valida niivõrd jämedad, et pingelang jääks lubatavaisse piiridesse, või kasutada erilisi abinõusid suurte voolutõugete ja pingelangude vältimiseks.

Pingelang on antud kas voltides või protsentides võrgu pingest.

$$e = \frac{U \cdot p}{100} \quad \text{ja} \quad p = \frac{e \cdot 100}{U},$$

kus e = pingelang voltides,
p = pingelang protsentides,
U = keskmine võrgupinge (nimipinge) voltides.

Näide 1. Võrgupinge on 220 V, pingelang $p = 5\%$, pingelang voltides $e = 220 \times 5 : 100 = 11$ V.

Näide 2. Võrgupinge on 380 V, pingelang 10%; $e = 380 \times 10 : 100 = 38$ V.

Näide 3. Võrgupinge on 220 V, pingelang 8 V (pinge liini alguses 225 V, lõpus 217 V). Pingelang $p = (8 \times 100) : 220 = 3{,}6\%$.

32. Lubatav pingelang.

Soovitav oleks, et voolutarvitaja pinge oleks alati püsiv ja omaks ettenähtud nimiväärtust, kuid praktiliselt pole see teostatav. Lubatakse, et tarvitaja pinge võib aeglaselt, mitte järsult kõikuda kuni 5%, halvemal juhtumil kuni 10% võrgu pingest, s. o. 220 V võrgus võib pinge kõikuda tavaliselt 220 ja 230 V piires, erijuhtumil kõige rohkem umbes 210 ... 230 V piires. Suurem pingelang ei ole küll määrusega keelatud, kuid sel juhtumil väheneksid lampide valgustugevus ja mootorite veojõud liiga palju.

Lühiaegsed pingekõikumised ei tohi tõusta üle 1% või suuremad väldata üle 0,1 sekundi, sest muidu valgus muutub liiga vilkuvaks.

Pingelang voolutarvitaja jaotusvõrgus, s. o. majaühenduse kastist kuni kaugeima lambini on enamasti määratud eeskirjadega. Lubatav maksimaalne pingelang valgustusseadmeis on enamasti: majaühenduse kastist elektriarvestini (lugejani) 1,2% ja arvestist kõige kaugema lambini samuti 1,2%, s. o. kokku 2,4%.

Jõuseadmeis lubatav pingelang on umbes kaks korda suurem, kokku umbes 4%.

Suurtes magistraalliinides lubatakse pingelangu tihti kuni 20% ja enam, kusjuures pingelang kompenseeritakse pinge tõstmisega jõujaamas või vastavate abinõudega, näit. reguleeritavate transformaatoritega liini lõpus, nii et tarvitaja pinge oleks enam-vähem püsiv.

33. Pingelangu arvutamine.

Pingelangu määramiseks võib kasutada kas käesolevas punktis toodud valemeid või p. 35 toodud tabeleid.

Allpool valemeis tähendavad:

e — pingelang juhtmeis (V);

U — võrgu nimipinge (V); kolme- ja neljajuhtmelistel liinidel mõõdetult kahe faas- (pea-) juhtme vahel;

J — vool (A);
R — ühe juhtme takistus (Ω);
r — ühe juhtme jooksva meetri takistus $= \frac{l}{k \cdot q}$ (Ω);
N — kogu liini kaudu ülekantav võimsus (W);
p — pingelang (%);
cos φ — võimsustegur;
l — liini (s. o. ühe juhtme) pikkus (m);
q — juhtme põikpind (mm^2);
k — erijuhtivus (vasel 57, alumiiniumil 34).

a) Kahejuhtmeline alalisvool.

Kui mõlemad juhtmed, nagu tavaliselt, on ühejämedused ja seetõttu ühesuguse takistusega, siis

$$e = 2 \cdot J \cdot R = 2 \cdot J \cdot l \cdot r = \frac{2 \cdot J \cdot l}{k \cdot q} \text{ ehk}$$

$$e = \frac{2 \cdot N \cdot R}{U}.$$

Erijuhtumil, kui kumbki juhe on erineva takistusega, on pingelang ühes juhtmes $e_1 = J \cdot R_1$, teises juhtmes $e_2 = J \cdot R_2$. Pingelang kogu liinis (s. o. kahes juhtmes kokku) on

$$e = e_1 + e_2 = J \cdot (R_1 + R_2).$$

Võrgu pinge U on pingelangu tõttu teatava piirini muutlik suurus; arvutamisel võetakse aluseks tavaliselt võrgu nimipinge (näit. 110, 220, 380 jne. V).

b) Kolmejuhtmeline alalisvool.

On koormus sümmeetriline, s. o. jaotatud ühtlaselt mõlemale võrgupoolele, siis puudub nulljuhtmes vool.

Pingelang e kahe peajuhtme vahel arvutatakse nagu tavalisel kahejuhtmelisel liinil. Tähendatud pingelang jaguneb ühtlaselt mõlemale võrgupoolele:

$$e_I = e_{II} = \frac{e}{2}.$$

Ebaühtlasel koormamisel voolab voolude vahe läbi nulljuhtme.

Nulljuhtme vool $J_0 = J_1 - J_2$.

Nulljuhtmes tekib pingelang $e_0 = J_0 \cdot R_0$.

Viimase võrra suureneb pingelang ülekoormatud võrgupoolel ja väheneb teisel poolel.

Täielikult ühekülgsel koormamisel töötab liin nagu kahejuhtmeline, kusjuures üheks juhtmeks on pea-, teiseks nulljuhe. Kogu pingelang pea- ja nulljuhtme vahel

$$e = e_1 + e_0 = J \cdot (R_1 + R_0),$$

kusjuures koormata võrgupoolel tarvitaja juures tõuseb pinge e_0 võrra kõrgemale pingest liini alguses.

Tavaliselt jaotatakse koormus ühtlaselt mõlemale poolele ja arvestatakse ainult kogu pingelangu.

c) Vahelduvvool.

Vahelduvvoolu liinid on tavaliselt harud kolme- või neljajuhtmelistest keerdvoolu liinidest. Nendes pingelang

$$e = 2 \cdot J \cdot R \cdot \cos\varphi \text{ ehk } e = \frac{2 \cdot N \cdot R \cdot \cos\varphi}{U}.$$

Enamail juhtumeil on nendel liinidel puhtoomiline koormus (s. o. valgustusliinid), mil $\cos\varphi = 1$. Neil juhtumeil pingelang arvutatakse nagu alalisvoolu korral.

d) Keerdvool, kolme- ja neljajuhtmeline.

Pingelang (kahe faasjuhtme vahel) on

$$e = 1{,}73 \cdot J \cdot R \cdot \cos\varphi \text{ ehk } e = \frac{N \cdot R \cdot \cos\varphi}{U}.$$

Ülaltoodu on maksev ühtlaselt jaotatud koormuse korral. Ebaühtlase koormuse jaotuse korral esineb ülekoormatud faasides suurem pingelang. Täielikult ühekülgse koormuse korral töötab liin nagu kahejuhtmeline, kusjuures juhtmeiks on kaks faasjuhet või faas- ja nulljuhe. Nulljuhtmega võrkudes ühekülgsel koormamisel esineb koormamata faas- ja nulljuhtme vahel pinge tõus.

Ülaltoodud valemeis on arvestatud ainult juhtmete aktiiv- (oomilist) takistust.

Õhuliinides ja neis siseinstallatsioonides, kus juhtmed on asetatud üksteisest eemale, tuleb vahelduv- või keerdvoolu puhul induktiivse koormuse korral arvesse võtta veel p. 36 toodud liini reaktiivne takistus.

Näide 1. Kahejuhtmeline alalisvoolu või vahelduvvoolu valgustuse liin 220 V. Liini pikkus $l = 30$ m, juhtmed vasest $q = 1{,}5$ mm^2. Koormuseks 10 lampi à 75 W. Leida pingelang.

Lahendus. a) vool $J = 750 : 220 = 3{,}41$ A,
b) $R = 11{,}7 \times (30 : 1000) = 0{,}35$ oomi (tabelist 15 p. 34),
c) pingelang $e = 2 \times 3{,}4 \times 0{,}35 = 2{,}38$ V ehk
$p = (2{,}38 \times 100) : 220 \approx 1{,}1\%$.

Näide 2. Alalisvoolu võrk, nimipingega 2×220 V. $l = 185$ m, juhtmed vasest $q = 16$ mm^2. Koormus 26 kW, jaotatud ühtlaselt mõlemale võrgupoolele. Leida võrgu pinge u tarvitaja juures (liini lõpus), kui pinge U liini alguses on 460 V.

Lahendus. a) vool $J = 26000 : 440 = 59$ A,
b) takistus $R = 0{,}00111 \times 185 = 0{,}205\ \Omega$,
c) pingelang $e = 2 \times 59 \times 0{,}205 = 24{,}2$ V $\approx$ 24 V ehk $p = (24{,}2 \times 100) : 440 = 5{,}5\%$,
d) pinge liini lõpus
$u = U - e = 460 - 24 = 436$ V,
e) pingelang kummalgi võrgupoolel
$e_I = e_{II} = 24 : 2 = 12$ V ehk
$p = (12 \times 100) : 220 = 5{,}5\%$.

Näide 3. Liin nagu näites 2, kuid koormatud on ainult üks võrgupool 13 kW-ga. Nulljuhe vask, $q = 10$ mm^2. Leida pinge liini lõpus, kui pinge liini alguses on 460 V (2×230).

Lahendus. a) vool $J = 13000 : 220 = 59$ A,
b) peajuhtme takistus $R_1 = 0{,}205\ \Omega$,
c) nulljuhtme takistus
$R_0 = 0{,}00175 \times 185 = 0{,}324\ \Omega$,
d) pingelang koormatud võrgupoolel
$e = 59 \times (0{,}205 + 0{,}324) = 31{,}2$ V ehk
$p = (31{,}2 \times 100) : 220 = 14{,}2\%$,
e) pinge koormatud liinipoole lõpus
$u_I = 230 - 31{,}2 = 198{,}8$ V,
f) pinge koormamata liinipoole lõpus
$u_{II} = 230 + (59 \times 0{,}324) = 249{,}1$ V.

Näide 4. Keerdvoolu liin 380 V, pikkusega 80 m. Koormuseks 7,5 kW mootor, mille $\cos \varphi = 0{,}85$ ja kasutegur $\eta = 0{,}8$. Juhtmed 3×6 mm^2, vaskkaabel. Leida pingelang.

Lahendus. a) $J = \dfrac{N}{1{,}73 \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} =$

$= \dfrac{7500}{1{,}73 \cdot 380 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}8} = 16{,}8$ A,

b) $R = 0{,}00293 \times 80 = 0{,}235\ \Omega$,
c) pingelang voltides
$e = 1{,}73 \times 16{,}8 \times 0{,}235 = 6{,}8$ V,
d) pingelang protsentides
$p = (6{,}8 \times 100) : 380 = 1{,}8\%$ võrgupingest.

Pingelang ühes faasis (s. o. faas- ja nulljuhtmes) on $16{,}8 \times 0{,}235 = 3{,}96$ V, ehk samuti 1,8% faasipingest 220 V.

34. Juhtme takistus.

Juhtmete takistuse määramisel kasutatakse vastavaid valemeid, kuid arvutuse asemel võib takistuse määramiseks kasutada ka tabelit.

Tabel 15.

Juhtmete takistus.

(Arvestades erijuhtivust k = vasel 57, alumiiniumil 34, raual 7.)

Juhtme põikpind mm	1000 m takistus Ω			Juhtme põikpind mm²	100) m takistus Ω		
	Vask	Alumiinium	Raud		Vask	Alumiinium	Raud
0,75	23,4	39,2	190,0	35	0,502	0,84	4,08
1	17,5	29,4	143,0	50	0,352	0,59	2,86
1,5	11,7	19,6	95 3	70	0,251	0,42	2,04
2,5	7,02	11,7	57,2	95	0,185	0,31	1.50
4	4,40	7,35	35,8	120	0,146	0,245	1,19
6	2,93	4,90	23 8	150	0,117	0,196	0,95
10	1,75	2,94	14,3	185	0,095	0,159	0,77
16	1,110	1,83	8,94	240	0,073	0,122	0,59
25	0,702	1,17	5,72	300	0,058	0,098	0,46

Terasalumiinium-juhtmete takistus on praktiliselt võrdne sama põikpinnaga puht-alumiiniumjuhtmete takistusega.

Tabelis on toodud juhtmete takistus alalisvoolule. Madalsagedusega (50 p/s) vahelduvvoolu korral jääb takistus vasel ja alumiiniumil praktiliselt samaks, raual suureneb skin-efekti tõttu kuni 2 ja enam korda (vt. p. 37).

Suuresti koormatud ühekihilistes (s. o. 16 ... 50 mm²) terasalumiinium-köisjuhtmeis suureneb takistus, olles 35 A juures ca 1,01-kordne, 100 A juures 1,1-kordne; suurte vooludega madalpinge-võrkudes on seetõttu puhtalumiinium eelistatav.

35. Pingelangu määramine tabelite abil.

Eelmistes punktides toodud (p. 33 ja 34) valemite ja andmete asemel võib pingelangu määramisel kasutada alljärgnevat tabelit.

Tabelis on toodud pingelang kahejuhtmelises vasest alalisvoolu liinis, olenevalt liini pikkusest, põikpinnast ja koormusest.

Tabel 16.

Pingelang kahejuhtmelises vaskliinis.
(Arvestades vase juhtivust $k = 57$.)

Juhtme põikpind mm^2	Pingelang voltides								
	1	1,5	2	2,5	3	4	6	8	10
	Liini pikkus (m) × vool (A) = $l \cdot J$.								
1	28,5	43	57	72	86	114	171	228	285
1,5	43	64	86	107	128	171	257	342	428
2,5	71	107	143	178	214	286	428	571	714
4	114	171	228	285	342	457	685	914	1140
6	171	256	343	427	513	685	1030	1370	1710
10	285	427	571	712	855	1140	1710	2280	2850
16	457	684	914	1140	1368	1830	2740	3650	4570
25	714	1069	1430	1781	2138	2860	4280	5710	7150
35	1000	1496	2000	2494	2993	4000	6000	8000	10000
50	1430	2138	2860	3563	4276	5710	8570	11400	14300
70	2000	2993	4000	4988	5986	7990	12000	16000	20000
95	2710	4062	5420	6770	8124	10900	16300	21700	27100
120	3430	5130	6850	8550	10260	13700	20600	27400	34300
150	4280	6413	8570	10690	12826	17100	25700	34300	42800

Suurema $l \cdot J$ (meeteramprite) korral kui tabelis, tuleb otsida n (näit. 10) korda väiksem arv ja sellele vastavat pingelangu suurust korrutada n-ga.

Tabeli andmed on kehtivad alalisvoolul igasugustele liinidele ja koormustele.

Teistsuguste vooluliikide ja liinimaterjalide korral tuleb tabelist saadavaid pingelangu suurusi korrutada veel alljärgnevate teguritega:

1. Alalisvoolu korral, kui liinimaterjaliks on alumiinium — 1,67, aldrei — 1,87, raud — 7,5 ... 8.

2. Induktiivsusvabal koormusel, s. o. kui $\cos \varphi = 1$ (hõõglambid, küttekehad, elektripliidid jts.), kusjuures võib olla igasugune juhtmete asetus:

a) vahelduv- (ühefaasise) voolu korral (näiteks haru kolmefaasisest liinist) — tegurid samad mis alalisvoolu korral, välja arvatud raudjuhtmete puhul, millede kohta andmed on toodud p. 37;

b) keerdvoolu korral: vaskliinidel — 0,87 (s. o. $\sqrt{3}/2$), alumiiniumliinidel — 1,45, aldreiliinidel — 1,63.

3. Induktiivne koormus (mootorid, paispoolid, trafod, kaarlambid jne.), kusjuures juhtmed on asetatud lähestikku (ühes torus, torutraadina, kaablina jne.), mistõttu liini induktiivsusest tingitud pingelangu suurenemist ei esine. Tegurid saadakse p. 2 all saadud tegurite veelkordse korrutamisega võimsusteguriga cos φ-ga. Võttes keskmiselt cos $\varphi = 0{,}8$, on tabeli suuruste korrutistegurid:

a) vahelduv- (ühefaasise) voolu korral: vaskliinil — 0,8, alumiiniumliinil — 1,3, aldreiliinil — 1,5 ja raudliinil p. 37 toodud andmete alusel;

b) keerdvoolu korral: vaskliinidel — 0,7, alumiiniumliinidel — 1,16 ja aldreiliinidel — 1,3.

4. Induktiivne koormus, kusjuures juhtmed on asetatud üksteisest kaugemale (õhuliinid): tegurid saadakse vahelduv- kui ka keerdvoolu korral p. 3 all saadud tegurite veelkordse korrutamisega tabelis 19 (p. 37) toodud arvudega.

Alltoodud näidetes on tähtede tähendus sama mis p. 33.

Näide 1: Kahejuhtmeline alalisvoolu liin. Koormus $J = 15$ A. Juhtmed vasest, $q = 10$ mm^2. Liini pikkus $l = 76$ m. Leida pingelang e.

Lahendus: a) $l \cdot J = 76 \times 15 = 1140$ m.A (meeteramprit),

b) tabelist 16 leiame 10 mm^2-le ja 1140 meeteramprile vastava pingelangu $e = 4$ V.

Näide 2. Kui suur on pingelang, kui eelmises näites toodud 10-mm^2 vase asemel kasutada 10-mm^2 alumiiniumi?

Lahendus: Pingelang $e = 4 \times 1{,}67 = 6{,}7$ V.

Näide 3. Kahejuhtmeline alalisvoolu liin 220 V. Koormus $J = 3{,}4$ A (ca 750 W), $l = 28$ m; vask $q = 1{,}5$ mm^2. Leida pingelang e.

Lahendus: a) $l \cdot J = 28 \times 3{,}4 = 95$ m.A.

b) Tabeli andmeil on 107 m.A juures pingelang 2,5 V; 86 m.A juures 2,0 V. Leitud meeteramprite (95 m.A) vastav

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU

pingelang on 2 ja 2,5 V vahepeal. Täpselt võttes $e = 2{,}21$ V ehk $p = 1\%$.

Näide 4. Keerdvoolu liin 3×220 V. Induktiivsusvaba koormus 3,4 A (1300 W); $l = 28$ m; vask $q = 3 \times 1{,}5$ mm². Leida e.

Lahendus: Kahejuhtmelisel liinil on $e = 2{,}21$ V (vt. näidet 3); kolmejuhtmelisel keerdvoolu liinil on $e = 2{,}21 \times 0{,}87 = 1{,}92$ V; $p = (100 : 220)\ 1{,}92 = 0{,}87\%$.

Märkus: 3×380 V võrgus on võrdse voolu (3,4 A) korral pingelang voltides võrdne (1,93 V), kuid ülekantav võimsus on suurem (2240 W) ja protsentuaalne pingelang väiksem, $p = (100 : 380)\ 1{,}92 \approx 0{,}51\%$.

Näide 5. Vahelduvvoolu liin. Induktiivsusvaba koormus 15 A. Juhtmed vasest, $q = 10$ mm². Liini pikkus 570 m. Leida pingelang e.

Lahendus: a) $l \cdot J = 570 \times 15 = 8550$ m.A.

b) 8550 puudub tabelis. 10 korda väiksema $l \cdot J$ korral oleks pingelang 3 V. Tegelik $e = 3 \times 10 = 30$ V.

Näide 6. Kahejuhtmeline alalisvoolu liin. Koormus $J = 50$ A; liini pikkus $l = 400$ m. Kui jämedad tuleb valida vaskjuhtmed, kui pingelang ei tohi tõusta üle 8 V?

Lahendus: a) $l \cdot J = 400 \times 50 = 20\,000$ m.A.

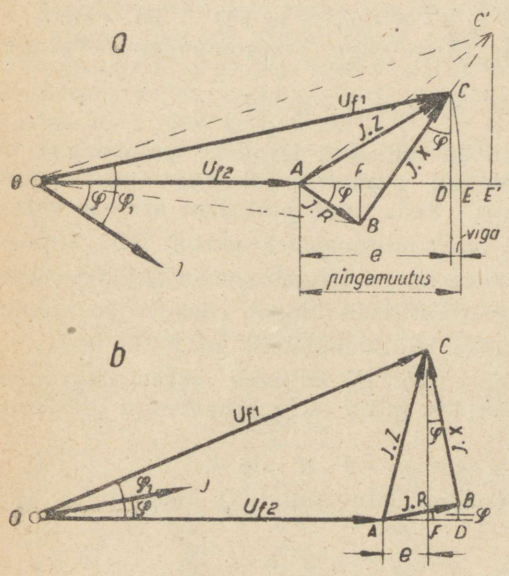
b) Tabelist 16 leiame 8 V ja $l \cdot J = 21\,700$ vastava põikpinna 95 mm².

36. Induktiivne pingelang.

Eespool p. 33 toodud valemid ja p. 35 toodud tabelandmed pingelangu kohta kehtivad vahelduv- või keerdvoolu puhul ainult induktiivtakistuseta liinide juures. Sellised, praktiliselt induktiivtakistuseta liinid esinevad siseinstallatsiooni valgustus- ja jõuseadmeis, näiteks lähestikku asetsevate juhtmetega, ühises torus paiknevate juhtmetega ja kaabliliinid. Õhuliinide korral (üle 10 mm²), kus juhtmete-vaheline kaugus on suurem, tuleb liini juhtmete induktiivtakistus arvesse võtta.

Ühtlaselt koormatud faasidega keerdvoolu võrgu üksikuis juhtmeis voolavad võrdsed voolud. Induktiivse või mahtuvusliku koormuse korral omavad need voolud võrdsete faasipingete suhtes võrdset faasinihet või nihkenurka. Seepärast on keerdvoolu võrgu puhul võimalik vaatluse alla võtta ainult ühte kolmest võrgu juhtmest.

Vaatleme lähemalt liini, mis omab induktiivtakistust ja on koormatud induktiivsusega (drossel). Joonisel 4-a on kujutatud vastav vektordiagramm. Vektordiagrammis ja valemis tähendavad: Uf_1 — faasipinge liini alguses (V), Uf_2 — faasipinge liini lõpus (V), e — pingemuutus juhtmeis (V), J — vool juhtmes (A), R — liini aktiivtakistus (Ω), X — liini induktiivtakistus (Ω), cos φ — tarbija võimsustegur, sin φ — tarbija ebavõimsuse tegur, φ_1 — nihkenurk liini alguses.



Joon. 4. Pingete vektordiagramme.

Tarbija juures faasipinge Uf_2 ja voolu J vahel on olemas faasinihe, s. o. vool jääb nihkenurga φ võrra faasipingest maha (vt. Elektromontaaž I, ptk. VII, 1946. a.). Vool J tekitab liini juhtmes viimase aktiivtakistusest tingitud aktiivset pingelangu $J \cdot R$ (vektor $\overline{AB}$), mis on faasis vooluga J (vektorid $\overline{AB}$ ja $\overline{OJ}$ rööbiti ja samasuunalised), ning induktiivtakistusest tingitud induktiivset pingelangu $J \cdot X$ (vektor $\overline{BC}$), mis on voolu J suhtes nihutatud 90° võrra ette (vektorid $\overline{BC}$ ja $\overline{OJ}$ on risti). Juhtme näivtakistusest tingitud resulteerivat pingelangu kujutab vektor $\overline{AC}$, mis on kahe vektori $\overline{AB}$ ja $\overline{BC}$ geomeetriline summa. Vektor $\overline{OC}$ kujutab faasipinget Uf_1 liini alguses ja omab voolu J suhtes nihkenurka φ_1.

Meid huvitab tarbija töötamine sõltuvalt liini lõpus olevast pingest Uf_2. Seepärast liini arvutamise juures ei arvestata resulteerivat pingelangu, s. o. pingete Uf_1 ja Uf_2 geomeetrilist vahet, vaid arvesse tuleks võtta nende pingete algebraline vahe $Uf_1 - Uf_2$, mida kujutab lõik $\overline{AE}$ ($\overline{OC} = \overline{OE}$), kandes nimetust: pingemuutus.

Praktikas aga ei arvutata suurusega $\overline{AE}$, vaid suurusega $\overline{AD}$, mis kujutab enesest üldise pingelangu vektori $\overline{AC}$ projektsiooni pinge U_{f_0} joone pikendusele (lõik $\overline{AD}$) ja mida nimetatakse pingelangu pikikomponendiks. Seejuures tekkiv viga on 3 ... 5% piirides. Kuna see ei oma praktilist tähtsust, siis pingemuutuse nimetuse all praktikas mõistetakse ikka suurust $\overline{AD}$ (s. o. pingelangu pikikomponenti).

Vektordiagrammist joonisel 4-a saame: $\overline{AD} = \overline{AF} + \overline{FD}$. Kuna $\overline{AF} = \overline{AB} \cdot \cos \varphi = J \cdot R \cdot \cos \varphi$ ja $\overline{FD} = \overline{BC} \cdot \sin \varphi = J \cdot X \cdot \sin \varphi$, saame pingelangu pikikomponendi (pingemuutuse)

$$e = J \cdot R \cdot \cos \varphi + J \cdot X \cdot \sin \varphi .$$

Vektordiagrammist on ka näha (näidatud kriipsjoonega), et liini induktiivse pingelangu suurenemisel suureneb samuti pingelangu pikikomponent. Seda tuleb praktikas arvesse võtta. Kui liinis $X = 0$, siis U_{f_1} omab minimaalset suurust $\overline{OB}$. Induktiivsusvaba liini ja koormuse korral langeb vektor $\overline{OJ}$ ühte vektoriga $\overline{OA}$ ($\varphi = 0$) ning praktiliselt langeb pingelangu vektor $\overline{AB} = J \cdot R$ ühte pingelangu pikikomponendiga $\overline{AF} = e$.

Mahtuvusliku koormuse korral kujuneb vektordiagramm, nagu on näidatud joonisel 4-b, mille järgi pingelangu pikikomponent

$$e = J \cdot R \cdot \cos \varphi - J \cdot X \cdot \sin \varphi .$$

Pingelangu pikikomponent (pingemuutus) keerdvoolu võrgus on:

$$e_{\triangle} = \sqrt{3} \cdot e = 1{,}73 \cdot e.$$

Käesolevas raamatus on nimetuste „pingelangu pikikomponent" või „pingemuutus" asemel kasutatud nimetust „pingelang".

Kokkuvõtlikult võib märkida:

I. Liin on induktiivsusvaba (induktiivne pingelang liinis on praktiliselt null — näit. peened kaablid).

a) Koormus on induktiivsusvaba, näit. lambid:

$$e = J \cdot R \quad \text{(vt. ka p. 33)}.$$

b) Koormus on induktiivne, näit. paispool:

$$e = J \cdot R \cdot \cos \varphi$$

c) Koormus on mahtuvuslik, näit. kondensaator:

$$e = J \cdot R \cdot \cos \varphi$$

II. Liinis esineb induktiivne pingelang (õhuliinid).

a) Koormus on induktiivsusvaba:
praktiliselt võib võtta $e = J \cdot R$

b) Koormus on induktiivne (joon. 4-a):
$$e = J \cdot R \cdot \cos \varphi + J \cdot X \cdot \sin \varphi$$

c) Koormus on mahtuvuslik (joon. 4-b):
$$e = J \cdot R \cdot \cos \varphi - J \cdot X \cdot \sin \varphi$$

Mahtuvusliku koormuse korral mõjub juhtmete induktiivsus pinget tõstvalt. Liini lõpus võib pinge olla kõrgem kui alguses. Selline nähtus esineb pikkades (üle paarikümne km) koormamata kõrgepinge-liinides, eriti kõrgemate (üle paarikümne kV) pingete korral.

Induktiivne takistus vask- ja alumiiniumjuhtmetega õhuliinides on antud tabelis 17; cos φ ja sin φ väärtused tabelis 18.

Tabel 17.

Vask- ja alumiiniumjuhtmete induktiivne ja mahtuvuslik takistus 50 per/sek. juures.

q mm²	X_L Ω/km			X_C kΩ/km
	Juhtmete vahekaugus			
	60 cm	120 cm	200 cm	120 cm
10	0,37	0,42	0,45	365
16	0,36	0,40	0,43	353
25	0,35	0,39	0,42	341
35	0,34	0,38	0,41	330
50	0,33	0,37	0,40	319
70	0,32	0,36	0,39	310
95	0,31	0,35	0,38	300
120	0,30	0,34	0,37	295

Tabel 18.

Cos φ ja sin φ väärtused.

Cos φ	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
Nurk φ	0	26	37	45	53	60	66	72	78	84	90
Sin φ	0	0,43	0,60	0,7	0,8	0,86	0,92	0,95	0,98	0,99	1

Näide 1. 380 V keerdvoolu võrgu 3 × 25 mm² vask-õhuliini kaudu ülekantav võimsus on 15 kW. kusjuures liini üld-

pikkus on 420 m, juhtmete vahekaugus 60 cm ja tarvitaja cos φ = 0,8. Leida pingelang.

Lahendus:

a) Vool J = 28,6 A (tabelist 14).

b) Liinijuhtme aktiivtakistus tabeli 15 alusel:
$R = 0{,}702 \times 0{,}42 = 0{,}295 \approx 0{,}3$ oomi.

c) Liinijuhtme induktiivne takistus tabeli 17 alusel:
$X = 0{,}35 \times 0{,}42 = 0{,}147 \approx 0{,}15$ oomi.

d) cos φ = 0,8 korral on sin φ = 0,6 (tabelist 18).

e) Pingelang ühes juhtmes:
$e = (28{,}6 \times 0{,}3 \times 0{,}8) + (28{,}6 \times 0{,}15 \times 0{,}6) = 6{,}9 + 2{,}6 = 9{,}5$ V.

f) Kogu pingelang liinis:

$$e_{\triangle} = \sqrt{3} \cdot e = 1{,}73 \times 9{,}5 = 16{,}4 \text{ V ehk } 4{,}3\%.$$

Induktiivse pingelangu arvesse võtmiseks võib ülaltoodud valemite asemel kasutada ka alljärgnevat viisi:

Pingelang arvutatakse p. 33 c, d või p. 35 — 3 toodud juhtnööride järgi ning korrutatakse saadud väärtusi veel tabelis 19 toodud korrektuuriteguriga.

Tabel 19.

Korrektuuritegur induktiivse pingelangu arvesse võtmiseks vaskjuhtmetega õhuliinides 50 per/sek. vahelduvvoolu puhul, kui juhtmete vahekaugus on 40...60 cm.

q mm²	cos φ			
	0,9	0,8	0,7	0,6
10	1,10	1,16	1,22	1,29
16	1,15	1,25	1,34	1,44
25	1,24	1,37	1,50	1,65
35	1,32	1,50	1,68	1,89
50	1,45	1,70	1,94	2,24
70	1,61	1,94	2,25	2,65
95	1,80	2,24	2,65	3,20

Näide: Keerdvoolu õhuliin 3 × 380 V. Juhtmed vasest, $q = 3 \times 70$ mm². Koormus 75 kW, cos φ = 0,8. Liini pikkus 82 m. Leida pingelang e.

a) Vool $J = \dfrac{75\,000}{1{,}73 \times 380 \times 0{,}8} = 143$ A.

(Arvutuse asemel leiame sama suuruse ka p. 30 tabelist 14.)

b) $l \cdot J = 82 \times 143 = 11726$ m.A $\approx 12\,000$ m.A.

c) Tabelist 16 leiame 12 000 m.A ja 70 mm² vastava pingelangu kahejuhtmelises liinis cos $\varphi = 1$ juures $e = 6$ V.

d) Pingelang keerdvoolu liinis cos $\varphi = 0{,}8$ juures, juhtmete induktiivset takistust arvesse võtmata, oleks $e = 6 \text{ V} \times \times 0{,}87 \times 0{,}8 = 4{,}2$ V.

e) Pingelang õhuliinis, kasutades tabel 19 andmeid, $e = 4{,}2 \times 1{,}94 = 8{,}15$ V ehk $p = (8{,}15 \times 100) : 380 = 2{,}14\%$.

37. Pingelang raudjuhtmetega liinides.

Alalisvoolu võrkudes arvutatakse raudliinide pingelangu samuti nagu vasest või alumiiniumist juhtmeis. Vahelduvvoolu juures suureneb raudjuhtmete aktiivtakistus skin-efekti tõttu ja pingelang on määratav ainult katseliselt. Tabelis 20 on toodud pingelang pehmest massiiv-raudtraadist liinides mitmesugustel koormustel. Tabeli andmed on ENSV-s valmistatud traatide kohta, millede juhtivus k = ca 7,7 ja tõmbetugevus $\delta = 40 \ldots 50$ kg/mm².

Tabel 20.

Pingelang kahejuhtmelises raudliinis 1000 m kohta.
(Juhtmete pikkus edasi-tagasi 2000 m.)

Alalisvool

q	d	N	G	R	Voolutugevus amprites: 1	2	3	5	7	10
					Pingelang V					
9,1	3,4	10	72	14,3	28,6	57,2	86	143	200	286
11,1	3,76	9	88	11,7	23,4	46,8	70	116	164	234
13,8	4,19	8	109	9,5	19,0	38,0	57	95	132	190
16,4	4 57	7	123	7,9	15,8	31,6	47,4	79	110	158

Vahelduvvool, cos $\varphi = 1$

q	Voolutugevus amprites: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Pingelang V									
9,1	31	69	122	175	224	272	312	352	387	423
11,1	29	64	104	154	205	251	289	330	366	400
13,8	25	56	90	130	176	222	260	300	334	369
16,4	19	44	73	109	152	195	230	268	301	336

q = juhtme põikpind mm^2,
d = juhtme läbimõõt mm,
Nr = BWG-kaliibri number,
G = 1000 m juhtme kaal kg,
R = 1000 m juhtme takistus (mõõdetud alalisvooluga).

Keerdvoolu korral tuleb ülaltoodud tabeli andmeid korrutada 0,87-ga (s. o. $\sqrt{3} : 2$).

Näide 1. Kahejuhtmelise ja 200 m pikkuse 220 V vahelduvvoolu liini kaudu soovitakse üle kanda 660 W. Kui suur on pingelang liinis?

Lahendus: a) Valitud 11 mm^2 raudjuhe.
b) Vool $J = 660 : 220 = 3$ A.
c) Pingelang $e = 104$ V (tabelist 20) $\times$ $\times$ 0,2 km = 20,8 V ehk $p = 9{,}5\%$.

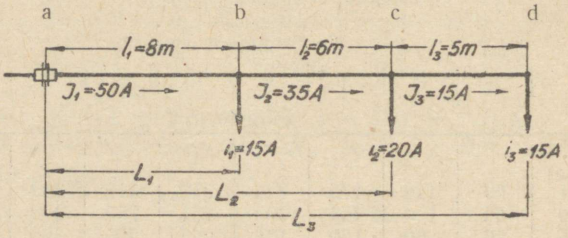
Näide 2. 20 kW üle kanda 15 kV keerdvoolu võrgu kaudu 10 km kaugusele.

Lahendus: a) Vool $J = 20 : (1{,}73 \times 15) = 0{,}78$ A ehk ümmarguselt 1 A.
b) Valitud 16 mm^2 raudjuhtmed.
c) Pingelang (faasjuhtmeis) täiel koormusel $e = 19$ V (tabelist 20) $\times$ 0,87 $\times$ $\times$ 10 km = 165 V ehk ca 1%.

38. Pingelang mitmes punktis koormatud juhtmes.

Kui ühel liinil asetseb mitu voolutarvitajat (näit. joon. 5), on üldise, kogu liinis esineva pingelangu arvutamiseks kaks teed: 1) Pingelang arvutatakse üksikuis liiniosades, näit. a—b vahel — e_I, b—c vahel — e_{II} jne. Kogu pingelang (a—d vahel) on üksikute pingelangude summa

$$e = e_I + e_{II} + e_{III} \dots$$

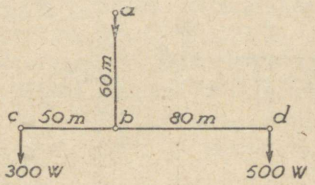


Joon. 5. Mitmes punktis koormatud liini skeem.

2) On liini juhtmed kogu pikkusel ühesuguse jämedusega, on pingelang alalisvoolu liinis: $e = 2 \cdot r\,(l_1 J_1 + l_2 J_2 + l_3 J_3 + \ldots)$ ehk $e = 2 \cdot r\,(L_1 \cdot i_1 + L_2 i_2 \cdot L_3 i_3 + \ldots)$; keerdvoolul tuleb 2 asemel vastavalt 1,73.

Ülaltoodud valemeis tähendavad:
l_1, l_2 jne. — üksikute liiniosade pikkus (m),
J_1, J_2 jne. — vool üksikuis liiniosades (A),
r — ühe liinijuhtme jooksva meetri takistus $= l : (k \cdot q)$ (Ω),
i_1, i_2 jne. — vool üksikuil tarvitajail,
L_1, L_2 jne. — üksikute tarvitajate kaugus (m) liini algusest.

Analoogiliselt ülaltooduga arvutatakse pingelang ka mitmesse harusse hargneval liinil. Näiteks joon. 6 toodud juhtumil on pingelang punktini c võrdne liini osades a—b ja b—c tekkivate pingelangude summaga; pingelang punktini d võrdub pingelangude a—b ja b—d summaga.



Joon. 6. Hargneva liini skeem.

Näide 1. Arvutada pingelang joon. 5 kujutatud kahejuhtmelises alalisvoolu liinis, kui juhtme põikpind punktide a—b vahel on 16 mm² ja b—d vahel 10 mm².

Lahendus: a) Pingelang a—b vahel:

$$e_{\mathrm{I}} = 2 \cdot J \cdot R = 2 \cdot J \cdot L \cdot r = 2 \times 50 \times 8 \times 0{,}0011 = 0{,}88 \text{ V}.$$

b) Pingelang b—c vahel:
$e_{\mathrm{II}} = 2 \times 35 \times 6 \times 0{,}00178 = 0{,}75$ V.

c) pingelang c—d vahel:
$e_{\mathrm{III}} = 2 \times 15 \times 5 \times 0{,}00178 = 0{,}27$ V.

d) Kogu pingelang a—d vahel:
$e = 0{,}88 + 0{,}75 + 0{,}27 = 1{,}9$ V.

Näide 2. Arvutada pingelang eelmises näites toodud liinis, kui juhtmete põikpind on kogu pikkusel 16 mm².

Lahendus: $e = 2 \times 0{,}0011\,[(8 \times 50) + (6 \times 35) + (5 \times 15)] = 1{,}51$ V.

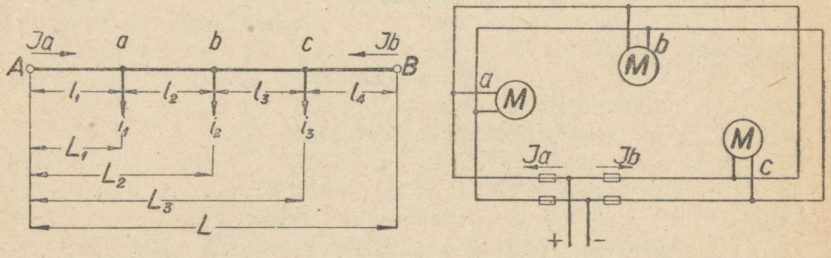
39. Vool ja pingelang ring- ja kahelt poolt toidetud liinides.

Jaotusvõrkudes ja suuremais installatsioonides, eriti tööstustes, kasutatakse mõnikord joon. 7 kujutatud ringliine ning liine kahel pool otsal asetsevate toitepunktidega (näit. ühendusliin kahe trafo-alajaama vahel). Allpooltoodud valemeis on tähtede tähendused samad kui eelmises punktis 38 ja vastavalt joonisele 7.

Asetseb koormus täpselt liini keskel või on jaotatud kogu liini pikkusel sümmeetriliselt (ühtlaselt), on kummaltki poolt voolavad voolud võrdsed.

$$J_a = J_b = J : 2,$$

kus $J = i_1 + i_2 + i_3 + \ldots$ (A).



Joon. 7. Ring- ja kahelt poolt toidetava liini skeem.

Kahelt poolt toidetaval liinil peavad seejuures pinged punktis A ja B olema võrdsed, muidu võtab kõrgema pingega toitepunkt endale suurema koormuse. Pingelang

$$e = 2 \cdot \frac{J}{2} \cdot \frac{L \cdot r}{2}.$$

Ebasümmeetrilise koormuse juures on:

$$J_b = \frac{(L_1 \cdot i_1) + (L_2 \cdot i_2) + (L_3 \cdot i_3)}{L}$$

$$J_a = J - J_b.$$

Pingelang arvutatakse vastavalt takistusele ja vooludele.

Näide: Arvutada joon. 7 kujutatud kahejuhtmelise alalisvoolu-liini pingelang minimaalse (soojenemisest tingitud) põikpinna juures, kui $i_1 = 20$ A, i_2 ja $i_3 = 10$ A. $L_1 = 10$ m, $L_2 = 30$ m, $L_3 = 40$ m, $L = 50$ m.

Lahendus: a) $J^b = [(10 \times 20) + (30 \times 10) + (40 \times 10)] : 50 = 18$ A.

b) $J_a = (20 + 10 + 10) - 18 = 22$ A.

c) Voolud liiniosades on:

A—a vahel: $J_a = 22$ A,

a—b vahel: $J_a - i_1 = 22 - 20$ A $= 2$ A,

s. o. punkt b saab voolu kahelt poolt: ühelt poolt 2 A, teiselt poolt 8 A; punkt b kohal on pingelang kõige suurem.

d) Valides juhtmed 22 A-le vastavalt 6 mm², tuleks pingelang $e = 2 \cdot r \cdot (l_1 J_1 + l_2 J_2) = 2 \times 0{,}0029 \times [(10 \times 22) + (10 \times 2)] = 1{,}39$ V $\approx 1{,}4$ V.

40. Juhtmete põikpinna määramine.

Juhtmete põikpinna valikul määratakse kindlaks juhtmeis esineva voolu suurus vastavalt p. 30-le. Sellejärel valitakse juhtme põikpind vastavalt soojenemisele (p. 29) ja mehaanilisele tugevusele (p. 28). Leitud põikpinna jaoks arvutatakse pingelang (p. 31 ... 39). Osutub pingelang ebasoovitavalt suureks, valitakse põikpind seevõrra jämedam, kuivõrd pingelang peab olema väiksem.

Pea- ja harusisendusliinide (magistraalide) suhtes on lubatavad minimaalsed põikpinnad enamasti kindlaks määratud kohalike elektrijaama eeskirjadega, mida täiendavalt silmas tuleb pidada.

Mõnikord, harvem, kasutatakse ka teist arvutusviisi: määratakse kindlaks lubatav maksimaalne pingelang ning arvutatakse vajalik põikpind allpooltoodud valemite abil. Valemis esinevate tähtede tähendus on sama mis p. 33.

a) Alalis- ja induktiivsusvaba vahelduvvoolu korral:

$$q = \frac{2 \cdot \cdot J}{k \cdot e} \text{ ehk } q = \frac{2 \cdot l \cdot N}{k \cdot e \cdot U} \text{ mm}^2).$$

b) Keerdvoolu korral:

$$q = \frac{1{,}73 \cdot l \cdot J \cdot \cos\varphi}{k \cdot e} \text{ ehk } q = \frac{l \cdot N}{k \cdot e \cdot U} \text{ (mm}^2).$$

Arvutuste tulemuseks on minimaalne põikpind, mida normaalselt ei valmistata. Tegelikuks põikpinnaks valitakse harilikult järgmine suurem (normitud) põikpind ja kontrollitakse, kas valitud põikpind vastab eespooltoodud nõudeile juhtme mehaanilise tugevuse ja lubatava koormuse (soojenemise) suh-

tes. Kui valitud põikpind osutub nõrgaks, valitakse nõuete kohaselt suurem põikpind.

Mootoreil, mida sageli käivitatakse või mis asetsevad ühisel liinil lampide ja teiste tundlike aparaatidega, tuleb pingelangu arvutamisel võtta aluseks käivitusvool, muil juhtudel normaalne töövool.

Siseinstallatsioonides tuleb arvestada ainult ülaltoodud tegureid. Suurtes, peamiselt tööstuste jaoks määratud magistraalliinides on soovitav kontrollida juhtmete põikpinda veel vastavalt võimsuskaole ja majanduslikule tasuvusele.

41. Võimsuskadu.

Elektrienergia ülekandmisel esineb juhtmeis võimsuskadu — osa elektrienergiast muutub soojuseks. Võimsuskadu on proportsionaalne voolu teisele astmele ja juhtme takistusele. Võimsuskadu on antud tavaliselt protsentides ülekantavast energiast. Alalisvoolu korral on võimsuskao protsent võrdne pingelangu protsendiga, sama on maksev ka aktiivkoormusega (näit. hõõglambid) vahelduv- ja keerdvoolu korral. Reaktiivse koormuse korral (mootorid, paispoolid, kondensaatorid jne.) võib pingelangu protsent, induktiivse pingelangu tõttu liinijuhtmeis, võimsuskao protsendist ka suurem või väiksem olla. Võimsuskao suurus on arvutatav alltoodud valemitega.

Valemeis tähendavad:

pN — võimsuskadu protsentides; $\triangle N$ — võimsuskadu vattides, teiste tähtede tähendus on sama mis p. 33.

a) Ühesainsas juhtmes (olenematult vooluliigist):

$$\triangle N = R \cdot J \cdot J = \frac{R \cdot N \cdot N}{U \cdot U} \text{ ehk}$$

$$pN = \frac{100 \cdot R \cdot J}{U} = \frac{100 \cdot R \cdot N}{U \cdot U} \%.$$

b) Alalisvoolu liinis:

$$pN = \frac{200 \cdot R \cdot J}{U} = \frac{200 \cdot R \cdot N}{U \cdot U} \%.$$

c) Ühefaasises vahelduvvoolu liinis:

$$pN = \frac{200 \cdot R \cdot J}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{200 \cdot R \cdot N}{U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi} \%.$$

d) Keerdvoolu liinis:

$$pN = \frac{173 \cdot R \cdot J}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{100 \cdot R \cdot N}{U \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi} \%.$$

Koormuse kasvamisel kasvab võimsuskao protsent proportsionaalselt ülekantavale võimsusele ja kadu vattides proportsio-

naalselt ülekantava võimsuse teisele astmele; on näiteks kadu 50 kW juures 2%, s. o. 1000 W, on see 100 kW juures 4%, s. o. 4000 W.

N ä i d e. Kahejuhtmeline alalisvoolu liin 220 V, l = 285 m. Vaskjuhtmed 2 × 10 mm², koormus 7 kW. Leida võimsuskadu.

L a h e n d u s: a) $pN = \frac{200 \cdot 0{,}151 \cdot 7000}{220 \cdot 220} = 4{,}36\%$.

42. Liinide arvutus vastavalt majanduslikule tasuvusele.

Valgustuse otstarbeks määratud magistraal-liinis kestab tippkoormus lühikest aega; keskmine aastane koormus ja selle tõttu ka keskmine aastane kaoprotsent on väikesed. Selliste liinide projekteerimisel piisab, kui arvesse võtta ainult pingelang. Suurtes, peamiselt tööstuse otstarbeks määratud magistraal-liinides on soovitav kontrollida juhtmete põikpinda veel vastavalt võimsuskaole ja sellest sõltuvale majanduslikule tasuvusele. Soovitav võimsuskao protsendi suurus oleneb liini ehituskuludest ja energiahinnast; valides juhtmed jämedamad — vähenevad kaod liinis, kuid suurenevad ehituskulud ning sellest sõltuvalt ka kapitaliprotsent ning amortisatsioonikulud.

Juhtmed tuleb valida selliselt, et võimsuskao kulud ühelt poolt ning kapitalikulud teiselt poolt oleksid kokku minimaalsed. Tavaliselt tehakse tasuvuse kalkulatsioon mitme eri jämedusega liini jaoks ning valitakse seejärel neist soodsaim. Enamikus on maksimaalseks võimsuskao piiriks juhtmeis 5 ... 10%.

Peale ülaltoodud kadude liinijuhtmeis põhjustavad jaotusvõrkudes kadusid veel trafod, elektriarvestite pingemähised jne. (vt. p. 270).

N ä i d e. Ehitada tuleb kahejuhtmeline 220 V alalisvoolu liin pikkusega 100 m; koormus N = 7 kW; koormuse kestus on 300 päeva × 10 tundi = 3000 tundi aastas, aastane energiatarvitus on sellele vastavalt A = 3000 × 7 = 21000 kWh; voolu hind on 40 kop./kWh, vase hind 6 rbl./kg. Kumb liin on kasulikum — 2 × 10 mm² või 2 × 25 mm² vask?

L a h e n d u s:

Variant I: 2 × 10 mm² liini korral oleks:

a) võimsuskadu p. 41 järgi p = 5,15%,
b) aastane energiakadu = 21000 × 5,15% = 1090 kWh,
c) juhtme kaal (tabeli 5 järgi ühe meetri kaal 0,089 kg) = = 2 × 100 × 0,089 = 17,8 või ümmarguselt 18 kg,

d) juhtmete hind = 17,8 × 6 = 107 rbl.,
e) aastased kulud:

energiakaole, kui kWh maksumus on 40 kop. =	
	1090 × 0,40 = 436.—
kapitalikulu	107 × 10% = 10.70
	Kokku Rbl. 446.70

Variant II: 2 × 25 mm² liini korral oleks:
a) võimsuskadu 2,05%,
b) aastane energiakadu = 21 000 × 2,05% = 430,5 kWh,
c) juhtme kaal (tabeli 5 järgi ühe meetri kaal 0,222 kg) = = 2 × 100 × 0,222 = 44,4 kg,
d) juhtmete hind = 44,4 × 6 = 266.40 rbl.,
e) aastased kulud:

energiakaole	430,5 × 0,40 = 172.20
kapitalikulu	266,40 × 10% = 26.64
	Kokku Rbl. 198.84

Tehniliselt on 10 mm² liin vastuvõetav, kuna pingelang 5,15% on rahuldavais piirides, majanduslikult on 25 mm² liin kasulikum, sest annab aastas 247.86 rubla kokkuhoidu.

II. LÜLITUS- JA KAITSEABINÕUD.

A. LIIGVOOLU-KAITSMED.

43. Kaitsmeist üldiselt.

Väiksemate voolude juures kasutatakse liigvoolu-kaitsmetena peaaegu eranditult sulavkaitsmeid, nagu kaitsepadrunid ja -korgid. Padrunkaitsmeis asetseb sulavtraat kinnises padrunis, mistõttu sulavtraadi läbisulamisel tekkiv leek, sulametalli osakesed ja aurud ei ole ümbrusele ohtlikud.

Kaitsepadruni keha materjaliks on enamikus steatiit. Leegi paremaks kustutamiseks on padruni sisemuses traadi ümbrus täidetud peene kvartsliivaga.

Kasutamisel on kaks sulavkaitsmete süsteemi: kaheosaline diazed- ja üheosaline edison-kaitsme süsteem.

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.

Kaitsmete paigutust ja montaaži on käsiteldud p. 112 ja 115.

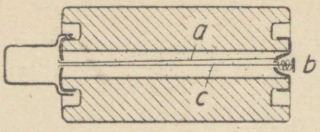
44. Diazed-kaitsmete süsteem.

Diazed-kaitsepadruni ehitus lõikes on näidatud joon. 8.

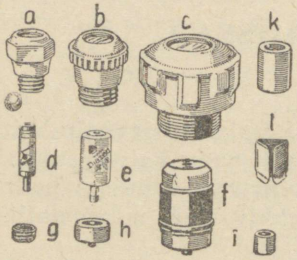
Joonisel tähendavad: a — sulav- (kaitse-) traat, b — padruni märklääts (silm), mis sulavtraadi läbipõlemisel välja langeb, tähistades kaitsme läbipõlemist, c — märkläätsa hoidev traat (sulab koos sulavtraadiga!).

Kaitse koosneb kahest osast: kaitsepadrunist (joon. 9 d...f) ning padrunipeast (joon. 9 a...c). Padrun asetatakse padrunipeasse ja kruvitakse viimase abil kaitsmepessa (-elementi). Kaitsme läbipõlemisel tuleb uuendada ainult padrun.

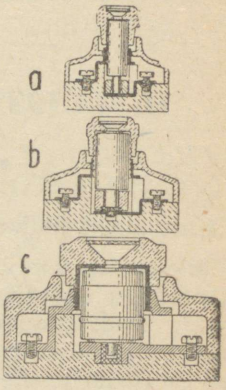
Joon. 10 on näidatud lõikes diazed-kaitsmete asetus kaitsmepesas.



Joon. 8. Diazed-kaitsepadrun lõikes.



Joon. 9. Diazed-kaitsepadrunid ja lisaosad.



Joon. 10. Diazed-kaitsme asetus kaitsmepesas (lõikes).

45. Diazed-kaitsmed 500 V.

Vastavalt suurusele on kasutusel allpooltoodud diazed-kaitsmete liigid.

a) NDz (joon. 10-a) — voolule kuni 25 A. Kaitsmepesas (-elemendis) ja padrunipeal (joon. 9-a) on plekist pressitud keermeosa edison-keermega E 16. Padrunite nimivoolud on 2...25 A. Padruni läbimõõt on 12 mm, kogu pikkus (ühes jalaga) 50 mm. Et takistada ettenähtust suurema kaitsme sissekeeramist, kruvitakse pesa põhja isoleerainest (portselanist) sobitusrõngas (joon. 9-g). Padrunijalg ulatub läbi sobitusrõnga pesa põhjakontaktini. Sobitusrõnga sisemise ava ja padrunijala läbimõõdud on seda suuremad, mida suurem on padruni nimivool. 2...6 A juures on läbimõõdud võrdsed. Padrunile on märgitud nimipinge ja nimivoolu suurused. Peale selle on sama nimivooluga padrunil märklääts ja sobitusrõngal ülemine serv eraldamiseks tähistatud sama värviga: 2 A — roosa, 4 A — pruun, 6 A — roheline, 10 A — punane, 15 A — hall, 20 A — sinine, 25 A — kollane.

b) Dz II — voolule kuni 25 A (joon. 10-b). Kaitsmepesas ja padrunipeal (joon. 9-b) on plekist pressitud keermeosa keermega E 27. Padruni läbimõõt on 21 mm, pikkus 50 mm, nimivoolu suurused ja eraldusvärvid nagu N-diazed-kaitsmeil. Sobitusrõnga asemel on portselanrõngaga sobituskruvi (joon. 9-h). Dz 25 A ja Dz 60 A kaitsmepesades sobituskruvi puudumisel ei ulatu padrun tavaliselt põhja, kuna NDz-pesas on kontakt saavutatav ka sobitusrõnga puudumisel. Seadme ohutuse seisukohast tuleb aga viimasel juhul alati kasutada sobitusrõngast.

c) Dz III — voolule kuni 60 A. Ehitus üldiselt nagu Dz 25 A, kuid keere on E 33. Padruni läbimõõt on 27 mm, pikkus 50 mm.

d) Dz IV H — 100 A, Dz V H — 200 A ja Dz VI H — 350 A (joon. 10-c). Kaitsmepesa ja padrunipea keermeosa (joon. 9-c) on tiheda, treitud keermega. Ettenähtust suuremate padrunite sissekeeramise takistamiseks kasutatakse erilist sobitushülssi (joon. 9-i). Padrun puudutab otseselt pesa põhjakontakti, kuna sobitushülsil on ainult sobitamise ülesanne.

Vastava, joon. 9-k ja -l näidatud, portselanist või plekist hoidehülsi kasutamisel saab suuremate padrunite jaoks määratud kaitsmepesadesse asetada ka väiksemaid padruneid, näit. 60 A (Dz III) pessa NDz või Dz II padruneid 2...25 A, Dz II (25 A) pessa NDz padruneid jne. NDz kaitsmepadruneid nimetatakse oma väiksema läbimõõdu tõttu, võrreldes Dz II padrunitega, ka säästpadruneiks.

Vanemais seadmeis leidub ka 250 V diazed-kaitsmeid, nimivooludele 2...15 A. Padruni (tüüp Dz I) läbimõõt on 16 mm, pikkus 32 mm. Padrunipea on peene, plekist pressitud 20-mm keermeosaga. Viimaste kasutamine uutes seadmeis ei ole lubatud.

46. Diazed-kaitsmed pingetele 750 V.

Ehitus on üldiselt samasugune kui 500 V juures, kuid padrunite pikkus ja kaitsmepesa kõrgus on umbes ⅓ võrra suuremad, padrunipead on samad.

Kasutamisel on neli suurust:

a) Dz III 750 — padrunitele 0,5, 1, 2, 4 jne. kuni 60 A.
b) Dz IV H 750 — padrunitele 80 ja 100 A.
c) Dz V H 750 — padrunitele 125...200 A.
d) Dz VI H 750 — padrunitele 225...350 A.

47. Edison-kaitsmete süsteem.

Kaitsmepesa on täpselt sama mis diazed-kaitsmete süsteemil, kuid kaitsepadrun koos peaga on ühest tükist, moodustades nn. kaitsekorgi. Sobitusrõnga asemel on kuuskant-sobituskruvi, mille kõrgus suureneb vastavalt kaitsekorgi nimivoolule, kuna kaitsekorgi jala kõrgus väheneb. Ettenähtust suurema nimivooluga kaitsekorgi sissekeeramisel ei ulatu kaitsekorgi jalg sobituskruvini.

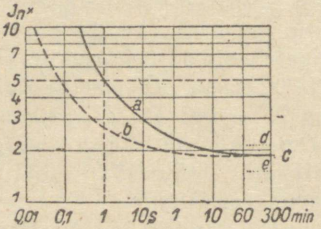
Kasutamisel on alljärgnevad suurused:

a) keermega E 27 vooludele 2 ... 25 A,

b) keermega E 33 vooludele 35 ... 60 A.

48. Viitekaitsmed.

Taluvad lühiajaliselt suuremaid voolutõukeid. Tavaliste ja viitekaitsmete läbipõlemisaegade vahekord on näitena toodud joon. 11. Joonisel tähendavad:



Joon. 11. Kaitsepadrunite sulamiskõverad.

a — viitekaitsme läbipõlemise kõver,

b — tavalise kaitsme läbipõlemise kõver,

c — piirvool, s. o. suurim liigvool, mida kaitsepadrun veel kestvalt talub,

d ja e — maksimaalne ja minimaalne proovimisvool (vt. p. 241),

J_n — nimivool.

Näiteks 5-kordse nimivoolu juures põleb tavaline kaitse läbi umbes 0,1 sek. vältel, viitekaitse 1 sek. vältel.

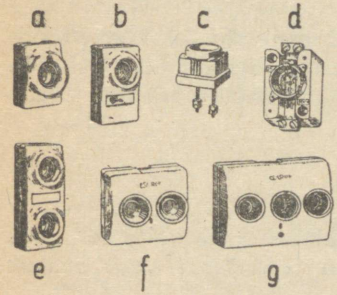
Padruni mõõdud on harilikult samad mis tavalistel diazed-kaitsmeil.

Viitekaitsmete paremuseks on: nad taluvad lühiajaliselt suuremaid, kuid juhtmeile veel hädaohutuid voolutõukeid.

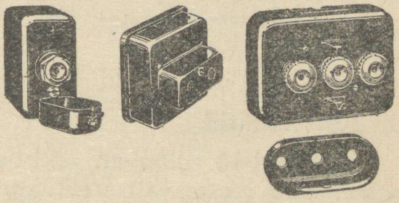
Kasutatakse peamiselt mootorite juures. Kuna käivitamisel kaitsmed läbi ei põle, võib kaitsmete nimivoolu valida peaaegu võrdse mootorite nimivooluga, mistõttu võib kasutada peenemaid juhtmeid.

49. Kaitsmepesade (-elementide) ehitus.

Tavaliselt kasutatavad kaitsmepesade tüübid, vastavalt ehitusele, on näidatud joon. 12, kus a — ühepooluseline kaitsmepesa, tüüp „UZ" (universaal) juhtmete ühendamisega eestpoolt, asetamiseks seinale või alusele; b — nagu eelmine, kuid ühes sildiga rühma (grupi) nimetuse märkimiseks; c — ühepooluseline kaitsmepesa, tüüp „TZ", juhtmete ühendamisega tagantpoolt, asetamiseks lülituskilbile; d — ühepooluseline kaitsmepesa, tüüp „AZ", asetamiseks aparaadi sisse või plekk-kattekaane alla, ühendamine eest; e ... g — mitmepooluselised kaitsmepesad. Plommitava kattekaanega kaitsmepesad on näidatud joon. 13. Viimaseid kasutatakse sisendusliinides enne arvesteid, s. o. piirkonnas majaühendusest kuni arvestiteni.



Joon. 12. Kaitsmepesad.

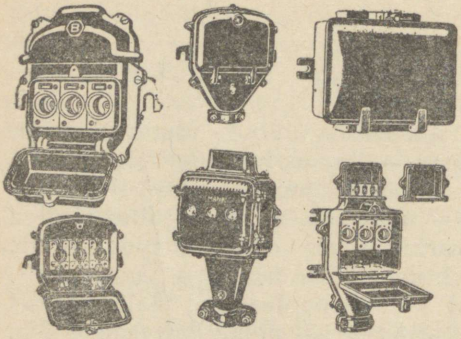


Joon. 13. Plommitavad kaitsmepesad.

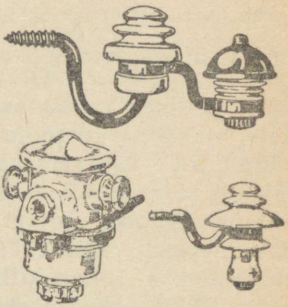
Plommimist võimaldavad tavaliselt ka lahtised kaitsmepesad, milleks padrunipeas ja kaitsmepesa kaanes on augud plommitraadi läbitõmbamiseks, kuid tähendatud plommimisega saab takistada ainult kaitsme vahetamist, mitte aga ligipääsu voolujuhtivaile kaitsme osadele.

Märgades, tolmuseis jts. ruumides ning mõnikord ka majaühenduskaitsmetena kasutatakse joon. 14 näidatud kaitsmepesi malm- või bakeliitkapselduses.

Kaitsmepesad valmistatakse nullklemmiga (nulljuhtmega liinide jaoks) ja ilma.



Joon. 14. Kapseldatud kaitsmed.



Joon. 15. Õhuliini-kaitsmed.

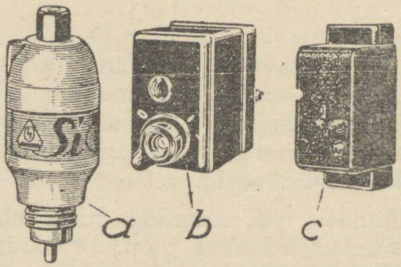
50. Õhuliini-kaitsmed.

Õhuliinides kasutatavad nn. mastkaitsmed on näidatud joon. 15.

Õhuliini kaitsmepesadel ja padrunipeadel on plekist pressitud edison-keere punasest vasest, kuna siseinstallatsioonide kaitsmepesades kasutatav valgevask-keermeosa lõheneks ilmastiku mõjul.

51. Kaitselülitid.

Kaitselülitid töötavad põhiliselt kui automaatkaitsmed, mis katkestavad iseseisvalt vooluahela, kui teda läbiv vool kasvab üle lubatava määra (vt. p. 238, 241).



Joon. 16. Kaitselülitid.

Joon. 16 on näidatud mõned installatsiooniseadmeis kasutatavad väike-kaitselülitid, nn. juhtmete kaitselülitid: a — kaitselülit, kruvimiseks tavalisse kaitsmepessa; vooluahela sisselülitamiseks vajutatakse surunupp alla, mis ühtlasi näitab sisselülitatud seisangut. Väike nupp on määratud kaitselüliti väljalülitamiseks, mil ka suurem nupp välja kargab. b — pealeehitatav, eest- või tagantühendatav käepidemega kaitselülit. c — sama, kuid surunuppudega.

Kaitselüliteid ehitatakse 1-, 2- ja 3-pooluselistena, kas ühe teatava kindla voolusuuruse jaoks 1...25 A piirides või reguleeritavaina (näit. 4 A kaitselülit, reguleerimisega 3,2...4,8 A).

Kaitselülitid omavad tavaliselt liigkoormuse kaitseks termilist päästikut ja lühisvoolu katkestamiseks magnetilist päästikut.

Termiline päästik mõjub seda kiiremini, mida suurem on liigkoormus, katkestades näiteks vooluahela 1,2-kordse liigkoormuse juures umbes 4...20 min. vältel, 5-kordse liigkoormuse juures 5...10 sek. vältel. Magnetiline päästik katkestab vooluahela silmapilkselt, kui vool kasvab üle 5...6-kordse nimivoolu väärtuse.

Lihtsamad kaitselülitid, ainult valgustusseadmeile, ehitatakse ainult magnetilise päästikuga, mis katkestab voolu, kui see kasvab üle 1,5...2-kordse suuruse.

Kaitselülitid on praktilised ja kergesti käsitsetavad, kuid nende laiemat levikut takistab suhteliselt kõrge hind.

B. LÜLITID.

52. Lülitite otstarve ja liigid.

Lüliteid kasutatakse vooluringide ühendamiseks ja katkestamiseks ning ümberlülitamiseks.

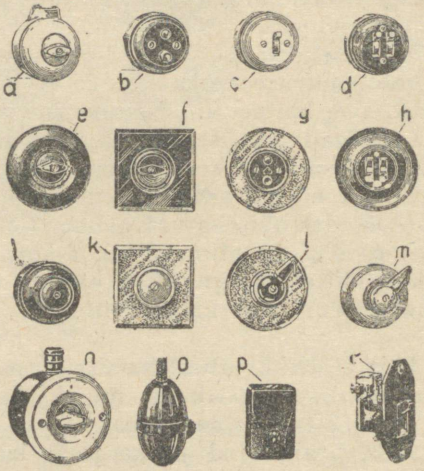
Madalpinge tugevvoolu seadmeis kasutatavad lülitite tüübid on kirjeldatud p. 237 ja 238.

Väiksemate voolude juures (alla 25 A) kasutatakse siseinstallatsioonides peamiselt allpoolkirjeldatud karplüliteid, suuremate voolude juures nn. vinnaklüliteid.

Üldiselt peavad lülitid vooluringi katkestamisel üheaegselt lahutama kõik maa suhtes pinge all olevad vooluringi poolused. Sellest nõudest erandiks on lahklülitid ja lülitid kuni 10 A, mis on määratud väiksematele voolutarvitajatele, näiteks lampidele valgustusrühmades, ventilaatoreile jne.

53. Karplülitid.

Ehitatakse tavaliselt ühe-, kahe- ja kolmepooluselistena, pingetele kuni 250 V ja vooludele kuni 6 ja 10 A. Karplülitid peavad olema momentlülitamisega, s. o. peavad vooluahela katkestama järsku ka aeglasel käsitsemisel. See nõue ei ole kehtiv 3-pooluseliste lülitite kohta.

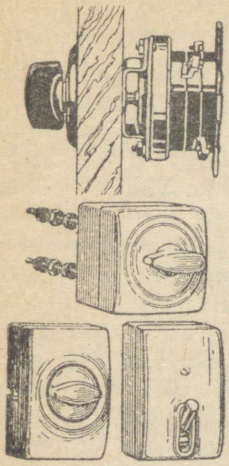


Joon. 17. Karplülitid.

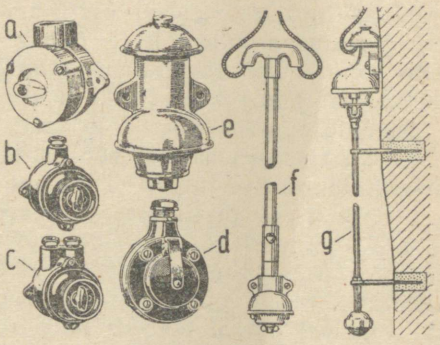
Kasutatavamad karplülitite liigid vastavalt seadmete ehitus- ja asetusviisidele on näidatud joon. 17. Lülitid asetamiseks pinna peale: a — pöördlülit, b — surunupp- (Bulla-) lülit, c — kipplülit, d — nagu eelmine, kuid rühmlülitina, i — survelülit, trepikoja automaatlülit tüürimis-vooluringi lülitamiseks, m — tõmbe- (nööriga) lülit, p — neljakandiline kipplülit. Süvistatavad (krohvi sisse) lülitid: e — pöördlülit ümmarguse bakeliit-esiplaadiga, f — pöördlülit kandilise bakeliit-esiplaadiga, g — surunupplülit klaasist esiplaadiga, h — kipplülit bakeliit-esiplaadiga, k — survelülit klaasist esiplaadiga, l — tõmbelülit klaasist esiplaadiga. Süvistatavaile lüliteile on vajalik pappvoodriga plekk-karp, nn. lülitikarp, läbimõõduga 55 mm, mis tuleb eraldi juurde tellida (joon. 17-n). Lüliti kinnitamisest karpi vt. p. 132.

Samal joon. 17 on: o — nn. nöörlülit, asetamiseks liikuva nöörjuhtme külge, r — sisseehituslülit, riistadele sisseehitamiseks.

Lülituskilbile monteerimiseks kasutatakse enamikus joonisel 18 märgitud lüliteid, ühendamisega lülituskilbi tagant või asetamiseks kilbi taha, nii et esiküljel on ainult käepide.



Joon. 18. Karplülitid asetamiseks lülituskilbile.



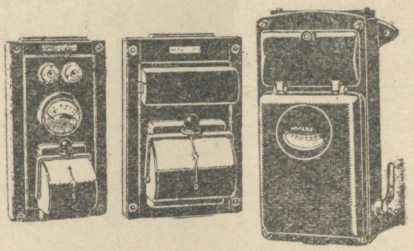
Joon. 19. Veekindlad karplülitid.

Märgades, tolmuseis jne. ruumides kasutatakse nn. veekindlaid lüliteid, milledest mõned on näidatud joon. 19. a — lülit soomustorule, b — lülit tihenduspuksiga, kaablitaolisele juhtmele, c — seesama kahe puksiga, d — seesama klapp-kaanega, e — konsool-lülit lahtistele juhtmetele, f — seesama soomustorudele, g — konsool-lülit ühes käsitsusvardaga.

Lüliti kere on ehitatud bakeliidist, portselanist või malmist.

54. Vinnaklülitid.

Suuremate voolude juures, umbes 10 A ülespoole, kasutatakse siseinstallatsioonides peamiselt vinnaklüliteid (vt. p. 237). Viimased monteeritakse enamikus ühes vajalike kaitsmete ja mõõteaparaatidega ühisele raudplekist või harvem isoleerainest (näit. marmorist) alusele, või malmist või isoleerainest veekindlasse kasti (vt. joon. 20).



Joon. 20. Lülituskilp ja -kast.

C. PISTIKSEADISED.

55. Pistikseadiste otstarve ja liigid.

Pistikuid koos pistikupesadega (seinakontaktidega) kasutatakse kohamuutlike aparaatide ühendamiseks vooluvõrguga.

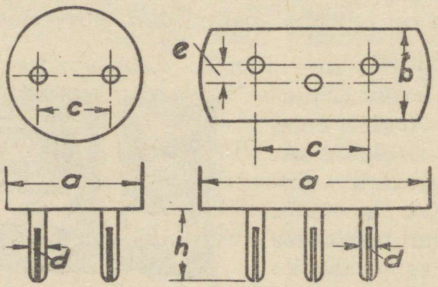
Kohakindlalt asetatud pistikupesasse torgatakse kohamuutliku juhtmega ühendatud pistik. Pistikseadiseid ehitatakse kahe- ja kolmepooluselistena, erandjuhtumil ka kuni 5-pooluselistena, vooludele 6, 10, 25 ja 60 A.

Madalpinge-võrkudes võib kuni 2500 W ja 25 A-ni kasutada pistikuid ka lüliti asemel vooluahela ühendamiseks ja katkestamiseks. Mootorite juures ei ole see aga soovitatav.

Pistikud ja pistikupesad peavad olema nii ehitatud või kohale monteeritud, et oleks välditud voolujuhtivate osade juhuslik puudutamine pistiku ühendamisel või kasutamisel. Selletõttu tuleb vooluvõrguga ühendada pistikupesa, mitte pistik, vastasel korral pistiku lahtised harud oleksid pinge all. Pistikupesa monteerimine voolutarvitaja külge pole lubatud.

56. Pistikseadiste ehitusest üldiselt.

Tavaliselt kasutatakse tihvt-kontaktharudega pistikuid, millede ehitus on näidatud joonisel 21 ja mõõdud tabelis 21. Pistikupesad 10 A jaoks on niivõrd vedrutavate kontaktpuksidega, et viimaseisse saab asetada ühteviisi 6 A ja 10 A pistikuid.



Joon. 21. Pistikud.

10 A pistiku kontaktharud on massiivsed, lõhedeta, ning nende asetamine 6 A pistikupesasse ei ole võimalik.

Tabel 21.

Pistikute mõõdud.

	Amp.	a mm	b mm	c mm	d mm	e mm	h mm
Kahepooluseline	6	36–37	—	19	4	—	19
„	10	36—37	—	19	5	—	19
„	25	47–49	—	28	6	—	24
Kolmepooluseline	6	58–60	22–24	30	4	3	19
„	25	78–80	32—34	42	6	4	24

Harilikul kaheharulisel pistikul on poolused vahetatavad; juhul kui see on lubamatu, kasutatakse pistikuid ja pistikupesi, kus kummagi pooluse kontaktharu ehitus on erinev (näit. neljakandilised erineva laiusega, kontsentrilised jne.).

Tavalisest erineva ehitusega pistikuid kasutatakse tihti ka tööstus- või majapidamisvoolu võtmiseks, juhtudel kui seks otstarbeks voolu müüakse eritariifidega, eraldi arvestite kaudu. Kõige levinumad on seks otstarbeks kuusirbitaolise põikpinnaga tihvtidega pistikud, mida saab pista ka valgustusseadme pistikupesasse. Nimetatud tihvtidega pistikule määratud pistikupesasse pole aga võimalik pista tavalist (valgustuse) pistikut.

Pingete juures üle 250 V maa suhtes peavad pistikupesad olema plokeeritavad nii, et pistikut saab ühendada või välja tõmmata ainult pingevabas olukorras. Tavaliselt sünnib plokeerimine riivi abil, mis on monteeritud pistikupesaga ühisesse keresse asetatud lüliti külge.

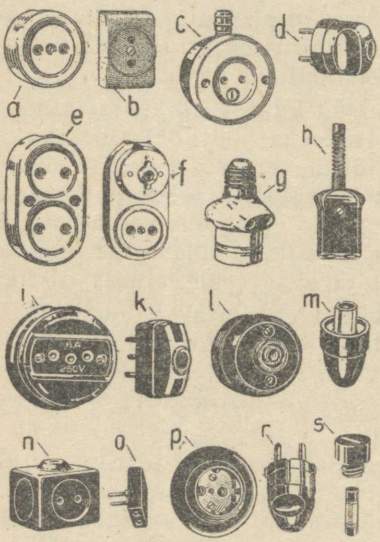
Väikepinge jaoks (vt. p. 66) tuleb kasutada pistikuid, mida ei saa pista kõrgemale pingele määratud pistikupessa. Selline pistik on näiteks tavalise 19 mm kontaktharude vahega, millel kahe kontaktharu vahel on veel kolmas — tõkkeharu. Viimase jaoks on väikepinge pistikupesas vastav auk.

Erineva ehitusega, harilikult väiksema kontaktharude vahega pistikuid kasutatakse ka signaalkõlistite (näit. haiglates) jne. jaoks.

Pistikupesi ehitatakse ka maanduskontaktiga (vt. p. 61 . . . 65). Nendes pesades peavad maanduskontaktid ühinema enne voolukontakte ning pesa ehitus peab olema selline, et harilike (ilma maanduskontaktita) pistikute sissetorkamine oleks võimatu.

57. Pistikupesade ehitus.

Kuivadele ruumidele, pingetele kuni 250 V ja vooludele kuni 6 ja 10 A, määratud enamlevinud pistikupesade ehitus on näidatud joon. 22, kus a — kahepooluseline pistikupesa, asetamiseks pinna peale, b — seesama, neljakandiline, c — kahepooluseline pistikupesa koos eraldi juurde tellitava karbiga (nn. lülitikarp), asetamiseks süvistatult (krohvi alla), d — pistik, e — kahekordne pistikupesa, f — pistikupesa koos lülitiga, g — vahepesa lambile ja pistikule, lambipessa sissekeeratav, h — riista (aparaadi) pistepesa, triikraudade, keedunõude jne. ühendamiseks, i ja k — kolmepooluseline pistikupesa ja pistik, l ja m — kontsentriline pistikupesa ja pistik, n — täringpistikupesa, ühendamiseks liiksa juhtme külge, o — jagaja- (vahe-) pistik, p ja r — maanduskontaktiga (nn. šuko) pistikupesa ja pistik, maandatavaile, nullitavaile või kaitselülitusse ühendatavaile riistadele, näiteks elektripliitidele, köögimootoreile jne.



Joon. 22. Pistikupesad ja pistikud.

Riista pistepesa pistetakse aparaadi küljes olevaile kontaktharudele. Viimased on 6 mm läbimõõduga ja lõhestamata ning omavad vahekaugust 19 mm. Sellist riista pistepesa ei saa nöörsidurina kasutada, kuna tavaline pistik oma peenemate (5 mm) harudega ei püsi sees.

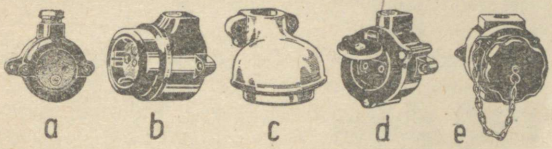
Maanduskontaktiga pistikupesi kasutatakse juhtumeil, kui ühendatavaid aparaate tuleb kaitseda puutepingete saamise vältimiseks, peamiselt niiskeis kohtades, kuid erijuhtumeil ka kuivades ruumides, näiteks elektripliitide jne. ühendamiseks.

Mõnikord on pistikupesad varustatud 2 ... 6 A kaitsmetega. Viimaste vahetamine peab võimalik olema ilma pistikupesa lahti võtmata. Säärase kaitsme paigutus on näha joon. 22-c,

ehitus joon. 22-s. Kaitsepadruni läbimõõt on 5,2 mm, pikkus 20 mm.

Vanemais pistikupesa tüüpides esinevate pappribadel asetsevate kaitsmete, nn. kaitselamellide kasutamisest tuleb hoiduda.

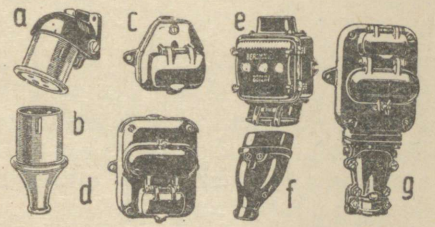
Märgades, sööbegaasidega tuleohtlikes jne. ruumides kasutatakse veekindlaid pistikupesi. Mõned sellised on näitena too-



Joon. 23. Pistikupesad märgadele ruumidele.

dud joonisel 23: a — harilik pistikupesa bakeliidist, kaablitaolisele juhtmele, b — pistikupesa maanduskontaktiga, c — konsool-pistikupesa portselanist, d — pistikupesa malmist, klappkaanega, e — seesama pealekruvitava kaanega.

Pistikupesad jõu otstarbeks on näidatud joonisel 24: a ja b — pistikupesa ja pistik kuivale ruumile, c — pistikupesa malmist, soomustorule, d ja e — seesama, ühes kaitsmetega, f —



Joon. 24. Pistikupesad jõu otstarbeks.

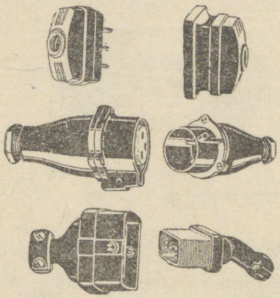
pistik malmkerega, g — pistikupesa kaitsmetega ja pistikuga, ühendamiseks kaabliga.

Ülaltähendatud pistikupesi ehitatakse 2- ja 3-pooluselistena, vooludele 10 ... 100 A, pingetele 220, 380 ja 500 V.

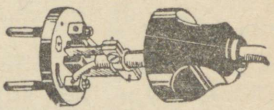
58. Ühendusjuhtmed.

Ühendusjuhtmetena kasutatakse p. 18 ... 21 käsiteldud juhtmeid. Juhtmete jätkamiseks kasutatakse kontaktsidureid, milledest kolm on näidatud joon. 25.

Ühendusjuhtmete kontaktid pistikus või siduris peavad olema tõmbepingevabad. Selle saavutamiseks kasutatakse vastavat klambrit, mille vahele juhe kinni pressitakse (vt. joon. 26), või kasutatakse klambri asemel kahest poolest koosnevat, kruvi abil kokkutõmmatavat pistikut.



Joon. 25. Kontaktsidurid.



Joon. 26. Juhtme ühendamine pistikus.

D. KAITSEABINÕUD PUUTEPINGE VASTU.

59. Üldmõisted.

Isolatsiooni rikke korral võivad pinge alla sattuda ka sellised seadme metallosad, mis ei kuulu vooluahelasse ja normaalselt on pingetud, nagu masinate ja aparaatide kered, lülitus- ja reguleeraparaatide käepidemed, kandekonstruktsioonid jne. Ülalnimetatud seadmeosa ja maa vahel rikke korral tekkivat pinget nimetatakse p u u t e p i n g e k s.

Puutepinge võib ohtlikuks saada talituspersonaalile. Oht on seda suurem, mida kõrgem on pinge, mida väiksem on inimese keha välispinna takistus (näit. kuumades või niisketes ruumides) ning mida suurem on põranda juhtivus (metall- või märg betoonpõrand, veetorude lähedus jne.).

Vajaduse korral tuleb puutepinge vältimiseks või alandamiseks kasutada vastavaid abinõusid allpooltoodud ulatuses:

1) T ö ö p i n g e (m a a s u h t e s) 0...65 V — kaitseabinõud pole vajalikud.

2) T ö ö p i n g e 65...150 V: a) kuivad ruumid isoleeriva põrandaga (puit, linoleum jne.) — kaitseabinõud pole vajali-

kud; b) kuivad ruumid juhtiva põrandaga (betoon, muld jne.) — kaitseabinõud on vajalikud ainult nende metallosade kohta, mida talitamisel suurepinnaliselt (terve peopesaga) puudutatakse (käsirattad, käepidemed jne.); c) rõsked, läbiimbunud ruumid — kaitseabinõud on vajalikud kõikide metallosade kohta, mida saab puudutada.

3) Tööpinge üle 250 V — kaitseabinõud on alati vajalikud.

Kaitseabinõudena puutepinge vastu on tarvitusel: 1) isoleerimine, 2) kaitsemaandus, 3) nullimine, 4) puutepinge kaitselülitus, 5) eriti madal pinge — väikepinge.

60. Isoleerimine.

Kaitset puutepinge vastu isoleerimisega teostatakse kahel teel:

a) Inimeste isoleerimisega seadise osadest, kasutades isoleerainest lüliteid, pistikseadiseid, lambipesi, isoleerainest või isoleerainega ümbritsetud käsirattaid, käepidemeid jne.

b) Inimeste isoleerimisega maast, kasutades isoleerainest (näit. linoleum, kummi jne.) põrandakatteid, matte, kuivast puust isoleerreste jne.

Lakkimist, emailimist ja juhtmete ilmastikukindlat katet ei loeta isoleerimiseks ülaltähendatud mõttes.

Isoleerimine on lihtsamaks ja radikaalsemaks abinõuks puutepinge kaitse teostamisel ja isoleeraine kasutamist tuleb soovitavaks pidada igal juhul, kus see tehniliselt on teostatav.

61. Kaitsemaandus.

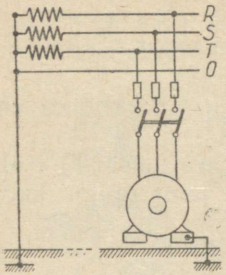
Maandamiseks üldiselt nimetatakse elektriseadme osade elektrilist ühendamist maaga metalljuhtme kaudu.

Kaitsemaandamine seisneb selles, et maandatakse kõik käeulatuses asetsevad, tavaliselt pingetud, kuid juhuslikult pinge alla sattuda võivad metallosad (mootorikered, lülitite metallkestad jne.).

Märkus: Peale kaitsemaanduse esinevad veel talitusmaandus ja maaühendus.

Talitusmaanduseks nimetatakse vooluahelasse kuuluvate seadmeosade (näit. kolmejuhtmeliste alalisvoolu ja tähtühendusega keerdvoolu võrkude nullpunktide jne.) maandamist otseselt või takistuse kaudu.

Maaühenduseks nimetatakse juhtme või vooluahelasse kuuluva seadmeosa ühendust maaga isolatsiooni rikke korral.



Joon. 27. Kaitsemaandus.

Maandusseade koosneb maandist (maandajast) ja maandusjuhtmest. Maandiks nimetatakse maa sisse asetatud, maaga heas elektrilises ühenduses olevaid metallosi. Maandusjuhtmeks nimetatakse maandi ja maandatava eseme vahelist juhet.

Rikke korral esinev kereühendus võib olla kas täielik või osaline, suure üleminekutakistuse kaudu, millest olenevalt võib ka puutepinge suurus olla võrdne juhtme pingega (näit. 380/220 V võrgus 220 V) või väiksem.

Kaitsemaandus tuleb nii teostada, et ei tekiks suurem puutepinge kui 65 V, mis on enam-vähem hädaohutu, või puutepinge tõusmine üle 65 V oleks seoses niivõrd tugeva maandusvooluga, et riknenud seadmeosad võimalikult kohe võrgust eraldatakse sulavkaitsmete või kaitselülitite abil. Viimane on saavutatav, kui maandustakistus R ei ole suurem kui

$$R = U : J_k \ (\Omega),$$

kus U on: 1) nulljuhtmeta võrgus 65 V, 2) maandatud nulljuhtmega võrgus pool võrgupingest maa suhtes; viimane on kehtiv eeldusel, et võrgu nullpunkti talitusmaanduse takistus koos juhtmete takistusega võrdub või on väiksem kaitsemaanduse takistusest.

J_k — maandatava eseme (või maaühenduse koha) ees asetseva liigvoolu kaitsme või kaitselüliti katkestusvool.

Sulavkaitsmete kasutamisel tuleb võtta $J_k = 2{,}5 \times$ kaitsme nimivool, kuna sulavkaitsmed põlevad läbi enam-vähem kohe alles 2,5-kordse nimivooluga.

Kaitsemaanduse teostamine on näidatud joonisel 27.

Näide 1. Keerdvoolu võrk 3×220 V, nulljuhtmeta; elektriaparaat on kaitstud 4 A kaitsepadrunitega. Maanduse takistus ei tohi olla suurem kui:

$$R = \frac{65}{2{,}5 \cdot 4} = 6{,}5 \ \Omega.$$

Näide 2. Alalisvoolu võrk 2 × 220 V, maandatud nulljuhtmega; mootor on kaitstud 35 A kaitsepadrunitega. Maanduse takistus ei tohi olla suurem kui:

$$R = \frac{110}{2{,}5 \cdot 35} = 1{,}26\ \Omega.$$

Suuremate kaitsmete juures tuleb vajalik maandustakistus tihti niivõrd väike (pinnalt suur), et tema praktiline läbiviimine on seotud väga suurte raskustega. Sel juhul kasutatakse puutepinge kaitselülitust või nullimist (vt. p. 65 ja 64).

62. Maandi.

Maanditena on kasutusel:

a) plaatmaandid, b) torumaandid, c) lintmaandid, d) veetorustikud, e) puurkaevud.

a) Plaatmaandi. Maandiks on raudplekist plaat, mõõtudega vähemalt 0,5 m² (üks külg) × 3 mm. Maasse asetada võimalikult umbes 1 m allapoole põhjavee pinda ja vertikaalasendis, sest muidu maa vajumisel tekiksid plaadi alla tühikud. Ümbritseda tiheda, kinnitambitud mullaga.

Kasutatav peamiselt kohtades, kus põhjavesi on maapinna lähedal.

b) Torumaandi. Maandiks 1- kuni 2-tolline tsingitud raudtoru, mis asetatakse maa sisse umbes 2...4 m sügavuselt. Juhul, kui toru ei ulatu põhjavette, võib juhtivust suurendada maa niisutamisega toru ümber soolveega. Selleks otstarbeks võib kasutada ka augulist toru, mis peale maasse ajamist täidetakse soolaga. Ühest täitest piisab paariks aastaks.

Juhul, kui kasutatakse mitut elektriliselt ühendatud toru või plaati, tuleb need asetada üksteisest vähemalt paari meetri kaugusele.

c) Lintmaandi. Maandiks on vitsraud, paksusega vähemalt 3 mm ja põikpinnaga vähemalt 50 mm², raudtraat läbimõõduga vähemalt 8 mm, või vaskjuhe. Lintmaandi asetatakse maapinda vähemalt 30 cm sügavuselt. Asetada sirgelt või harvade sikk-sakkidena. Mitme lindi korral asetada need kiirtena laialijooksvatena. Kasutatakse peamiselt kõva, kaljuse maapinna korral.

d) Veetorustik. Maandina kasutatakse puhtavee torustikku. Ühendamine sünnib vastava laiapinnalise kontaktklambriga. Toru tuleb klambri kohal hästi puhtaks teha. Hoonete sees võib torustikku kasutada maandamiseks ainult siis, kui

torud on omavahel heas elektrilises ühenduses (näit. kokkujoodetud tinatorud). Ühendus veetorustikuga tuleb teha võimalikult enne (vee voolamise suunas) veemõõtjat; ühenduse asetamisel veemõõtja taha tuleb toru otsad ees- ja tagapool veemõõtjat omavahel juhtmega ühendada — katkestuse vältimiseks veemõõtja kõrvaldamisel.

e) P u u r k a e v u d. Kaevu kasutamisel maandina tuleb mantel- (väline) ja läbi viimase kaevu põhja ulatuv pumbatoru omavahel elektriliselt ühendada. Maandustakistus oleneb suurel määral manteltoru läbimõõdust ja sügavusest maa sees. Harilikult annavad puurkaevud väga hea ühenduse maaga.

Maandustakistus on seda väiksem, mida suurem on maandi pind ja mida parem on ümbritseva maapinna juhtivus. Tavaliselt on üleminekutakistus niiskes mulla- või savimaas:

a) plaatmaandil:	suurusega	0,5 m²	umbes	40 oomi
	„	1 m²	„	30 „
b) torumaandil	„	1...2″ × 3 m	„	30 „
c) lintmaandil:	pikkusega	10 m	„	25 „
	„	25 m	„	8 „
	„	50 m	„	5 „
	„	100 m	„	3 „

Niiskes liivas on takistus 3 korda, kuivas liivas 5 korda ja kruusas kuni 10 korda suurem.

Maandi asetamine otseselt puhtasse vette ei ole soovitav, sest vee takistus on võrdlemisi suur.

Veetorustiku takistus on suuril torustikel tavaliselt 0,1... 2 oomi.

Roostekaitseks on soovitav maandid üle tsinkida või tinutada. Ülevärvimine või tõrvamine ei ole lubatav, sest see mõjub isoleerivalt.

63. Maandusjuhtmed.

Maandusjuhtmetena kasutatakse suurtes seadmeis lahtiselt seinale kinnitatud vask- või raudlatte, traate või trosse. Üksikute väiksemate aparaatide (näit. karplülitite kerede) maandamiseks võib kasutada ka juhtmete (näit. kuulo) mantli alla asetatud maandusjuhet või juhtme ühte soont. Kohamuutlikel juhtmeil kasutatakse maandamiseks kas ühte soont (näit. väiksemail kummivoolikjuhtmeil — kasutades 3-juhtmelise ühenduse korral

4-soonelist juhet) või eraldi juhtmeisse põimitud maandustraati (näit. *NWK*-l).

Maandusjuhtme põikpind tuleb valida vähemalt pool peajuhtme põikpinnast, kuid maksimaalne põikpind ei tarvitse olla suurem kui: vasel — 50 mm², raual — 100 mm².

Minimaalne maandusjuhtme põikpind on:

a) kaablitaolistel juhtmeil, kaitsemantli all, metallilises ühenduses viimasega . . . . . 1 mm²

b) juhtmete asetamisel kaitstult (näit. torus) . . 1,5 mm²

c) mitmesoonelisel kohamuutlikul juhtmel ühise katte all teiste soontega . . . . . 1,5 mm²

d) kohakindlal asetamisel hoonetes lahtiselt seinale . . . . . 4 mm²

e) sama elektri-talitusruumis ja õues: vask 16 mm² või raud 35 mm².

Maandusjuhtmed tuleb asetada võimalikult selliselt, et neid oleks kerge kontrollida. Asetada kaitstult mehaaniliste vigastuste ja keemiliste mõjutuste vastu.

Ühenduskohad maandusjuhtme jätkamiseks tuleb teha keevituse, neetimise, kruvide või õhuliinides kasutatavate jätkamise klemmidega. Kruvi- või neetühenduse korral kasutada vähemalt kahte kruvi või neeti.

Raudjuhtmed tuleb rooste kaitseks üle tsinkida või värvida.

Kohamuutlike aparaatide maandamisel kasutatakse p. 57 kirjeldatud maanduskontaktidega pistikuid ja pistikupesi.

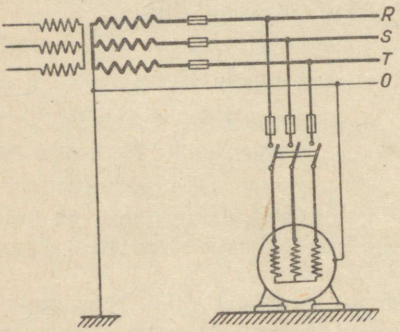
Maandatavad aparaadid tuleb peamaandusjuhtme külge ühendada paralleelselt; ühendamine järjestikku, s. o. maandusahela moodustamine üksikuist maandatavaist esemeist ei ole lubatav, sest ühe aparaadi remondiks kõrvaldamisel katkeks maandus ka teistel aparaatidel.

64. Nullimine.

Kaitset puutepinge vastu nullimisega teostatakse sel teel, et kõik kaitstavad seadmeosad maandatakse, ühendades nad eraldi juhtmete abil maandatud nulljuhtmega. Nullimine on läbiviidav ainult maandatud nulljuhtmega võrkudes. Nullimisega saavutatakse, et kõik kereühendused muutuvad lühiseks ja eraldatakse liigvoolu-kaitsmete abil.

Nullimise kasutamisel tuleb silmas pidada alljärgnevaid asjaolusid:

a) Nulljuhe peab olema mehaaniliselt sedavõrd tugeva ehitusega ja korralike ühendusklemmidega, et oleks välditud ta katkemise oht. Nulljuhtme katkemisel (joon. 28) jääb vigase isolatsiooniga aparaadil puutepinge püsima ja peale selle satuvad pinge alla läbi vigase aparaadi, või lampide sisselülitamisel läbi viimaste, kõik nullitud aparaadid, mis asetsevad nulljuhtme katkemiskohast kaugemal.



Joon. 28. Nullimine.

Nende võimaluste vältimiseks on n õ u t a v võrgu nulljuhtme lisamaandus ka liiniharu lõpul ja s o o v i t a t a v veel tarvitaja juures.

b) Nullitud seadmetega võrgus peab nulljuhtme juhtivus olema nii suur, et lühise vool läbi faas- ja nulljuhtme ületaks lähima kaitsme nimivoolu 2,5-kordselt. Pikemais haruliinides on see nõue raskesti läbiviidav; selle asemel kasutatakse mõnikord erilist automaatlülitit, millist mõjutab kas voolu suurus või puutepinge nulljuhtmes (vt. ka p. 65); automaat reguleeritakse selliselt, et ta lülitaks liini välja, kui pingelang nulljuhtmes ($J_o \cdot R_o$) ületab 65 V.

c) Satub üks faas (või poolus) maaühendusse, voolab maaühenduse vool J_m nullpunkti tagasi nulljuhtme talitusmaanduste kaudu. Nulljuhtmes ja ka kõigis nullitud aparaatides tekib puutepinge

$$U_p = J_m \cdot R_s \quad \text{(V)},$$

kus R_s — nulljuhtme kõigi talitusmaanduste kogutakistus.

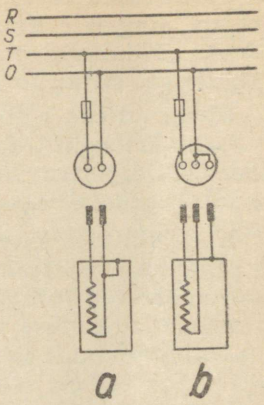
Suure J_m ja R_s korral võib pinge kasvada üsna kõrgeks. Selle vältimiseks peavad nulljuhtme kaitsemaandused vastama p. 61 toodud nõudeile, kusjuures J_k peab võrduma suurima võrgus esineva kaitsme katkestusvooluga.

Ülaltoodud kaalutlustel ei ole soovitatav ka segiline maandamine ja nullimine, sest hea maandusega aparaat võib rikke

korral tekitada nulljuhtmes puutepinge. Juhul, kui elektrivõrgus kasutatakse nullimist, tuleb ka kõik kaitsemaandused ühendada nulljuhtmega.

Kohamuutlike aparaatide nullimisel tuleb nullitavad osad ühendada kohakindlalt asetatud nulljuhtmega eraldi nullimisjuhtme ja pistikus ning pistikupesas asetseva maanduskontakti kaudu, s. o. ühefaasise ühenduse korral tuleb kasutada 3-soonelist juhet.

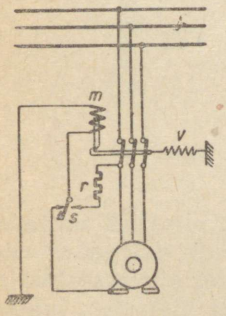
Aparaadi toiteks määratud nulljuhtme kasutamine otseselt nullimiseks pole lubatud, sest kohamuutlikus juhtmes on nulljuhtme katkemise ja seetõttu aparaadi kere pinge alla sattumise oht suur. Kaitsmete ja lülitite asetamine nulljuhtmesse ei ole lubatud. Erand — elektrijaamades.



Joon. 29. Kohamuutlike aparaatide nullimine: a — väär, b — õige.

65. Puutepinge kaitselülitus.

Puutepinge kaitselülituse juures kasutatakse lahk-kaitselülitit, mis katkestab vooluahela, kui tähendatud vooluahelasse lülitatud aparaatide või masinate keredes või teistes puuteulatuses asetsevais metallosades tekib puutepinge üle 40 (või 24) V.



Joon. 30. Puutepinge kaitselülit.

Lüliti skeem on näidatud joonisel 30. Lahk-kaitselülitis asetsev päästiku mähis m on ühendatud ühelt poolt kaitstava aparaadi kerega, teiselt poolt maaga. Puutepinge tõusmisel üle lubatud piiri läbib mähist sedavõrd suur vool, et mähis lüliti linki kinnihoidva raudankru enda külge tõmbab, mille tõttu vedru v vooluahela katkestab. Lüliti töökorras oleku kontrollimiseks on nupp s, mille abil päästiku mähis ühendatakse eeltakistuse r kaudu voolujuhtmega. On lülit ja maandus korras, peab nupu allasurumisel kaitselülit astuma tegevusse.

Ülaltähendatud lahk-kaitselüliteid ehitatakse 2 ... 4-pooluselistena, pingetele kuni 500 V ja vooludele 6, 10, 15, 25, 60 ja 100 A. Mõnikord on lahk-kaitselülit varustatud ka liigvoolupäästikuga, täites ühtlasi kaitsmete ülesandeid.

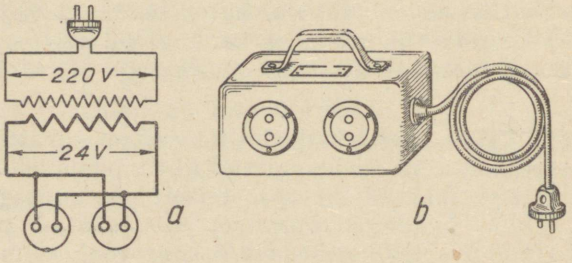
Ühele lülitile võib ühendada ka mitu kaitstavat aparaati.

Lahk-kaitselüliti ühendamiseks kasutatakse *NBU* korral tinamantli all asetsevat lisajuhet, mille külge ühise lahk-kaitselüliti korral ühendatakse kõigi aparaatide metallkered.

Kaitselülituse paremused võrreldes otsese maandamisega on: 1) päästiku pooli suure sisetakistuse (1000 ... 2000 oomi) ja väikese voolu (ca 0,02 A) tõttu on maandi väike, lihtne ja odav, 2) maandustakistuse kõikumine 0 ... 500 oomi piirides mõjutab puutepinget ainult 10 ... 20%, kuna otsene maandamine seevastu vajab väga väikest (ca 0,2 ... 20 oomi) maandustakistust, mis on eriti kuivas ja kaljuses maas raskesti ja ainult väga suurte maandusplaatidega saavutatav.

66. Väikepinge kasutamine.

Aparaate, lampe jne. toidetakse 24 või 40 V pingega. Vooluallikaks on vahelduvvoolu-võrgus väike kantav (vt. joon. 31) või kohakindel transformaator; alalisvoolu-võrgus muundaja



Joon. 31. Kantav kaitsetransformaator.

või akumulaator. Väikepinget kasutatakse piiratud ulatuses, peamiselt üksikute elektriliste mänguasjade ja märgades ruumides kasutatavate käsilampide, pisimootorite, küttereostaatide jne. toiteks. Aurukateldes ja muudes sääraseis kitsastes, juhtiva pinnaga kohtades tuleb käsilampide toiteks kasutada väikepinget 24 V.

Juhtmete installatsioon tuleb teha vastavalt tavalisele 220 V tööpingele.

Väikepinge kasutamise puuduseks on:

a) juhtmed tulevad (suurte voolude tõttu) jämedad,

b) tegevusraadius on väike,

c) kasutatav peamiselt ainult üksikaparaatide toiteks; kui väikepinge-võrk ehitatakse kogu hoone jaoks, peaks trafo (või muundaja) alaliselt töötama, mille tõttu tõuseb energia kulu,

d) raskesti kasutatav suuremate mootorite korral.

III. ÕHULIINID.

A. ÜLDANDMED.

67. Õhuliini mõiste.

Õhuliiniks nimetatakse elektrienergia ülekandmiseks määratud lahtist juhtmestikku õhus ühes tarvilike kande- ja kinnitusesemetega.

Õhuliiniks ei loeta: elektrisõidukite toitejuhtmeid, üksiktarvitajate juurde viivaid, hoonete välisseinte külge kinnitatud juhtmeid (majaühendusi) ja välisinstallatsiooni, kui juhtme kinnituspunktide kaugus ei ületa 20 m.

Kõrgepinge-õhuliiniks nimetatakse õhuliini, mille juhtmetevaheline talituspinge on 1000 V või enam.

68. Liini sihi rajamine.

a) Liini üldine asukoht määratakse kindlaks maakaartide või plaanide ja kohapealse vaatluse alusel.

b) Liini alg-, nurk- ja lõpp-punktid määratakse kindlaks ja tähistatakse sihilattidega. Tavaliselt on viimaste pikkuseks 2...3 m, kuid metsases või mägises maastikus kuni 15 m ja enam.

c) Üksikute mastide asukohad mõõdetakse välja mõõtlindi abil ja tähistatakse maasse löödud sihitikkudega. Tavalised tiku mõõdud on 5 × 5 × 70 cm. Tikule märgitakse ühtlasi masti number ja masti liik (A-, nurkmast jne.). Tiku sihile asetamist juhitakse väiksemate kauguste juures silma järgi, suuremate kauguste korral (üle paari km) teodoliidi ja kiikri abil.

d) Üheaegselt tikutamisega või otseselt selle järel alustatakse vajaduse korral läbirääkimisi maakasutajatega lubade hankimiseks mastide püstitamiseks, puude laasimiseks jne.

e) Sihirajamise andmed kirjutatakse vihikusse, kus olgu märgitud: masti number, visangu suurus, masti liik (liht, toega, A jne.), masti kõrgus, liini skeem (ära märkides sideliinide,

teede jne. ristumised), maakasutaja nimi, maa otstarve ja maapinna koostis.

f) Tikutamise andmeil koostatakse täpne liini asetusplaan (soovitatav mõõtkavaga 1 : 10 000 ... 1 : 2500) või kantakse liin olemasolevale võrgu plaanile.

g) Kõrgepinge-liinide korral valmistatakse sideliinide ja magistraalteede ristumistest nivelleerimise teel põikprofiilid (vt. ka p. 97).

Mastide vahemaa — visangu — valikul tuleb silmas pidada p. 91 nõudeid. Künklikul maastikul tuleb mastid asetada võimalikult küngaste tippudele, et saavutada suuremat juhtmete kõrgust maast.

Vajalikud abinõud sihirajamisel on: 1) sihilatid, 2) mõõtlint, soovitav terasest, 20 ... 50 m pikk, 3) sihitikud vastavalt postide arvule, 4) pikemate liinide korral veel teodoliit ja kiiker, 5) nivelleerimistöödel teodoliit või nivelliir ja nivelleerimislatt või kokkurullitav lint.

69. Juhtmete kõrgus maapinnast ja kaugus hoonetest.

	kuni 1 kV	3...10 kV	20...35 kV
1) Nõutav minimaalne õhuliini-juhtmete kõrgus m-tes on:			
a) tavalisel maastikul	5	5,5	6
b) linnatänavate ning I ja II kl. teede kohal	6	6,5	7
c) üle elamute katuste	2,5	5	
d) üle tööstus- ja kõrvalhoonete katuste	2,5	3	3,5
e) üle laiarööpmelise raudtee . . .	7,5	7,5	7,5
f) üle kitsarööpmelise raudtee . .	6	6	6
2) Õhuliini-juhtmete minimaalne kaugus hoonetest möödumisel m-tes on:			
a) linnades ja alevites	1,25	1,5	3
b) maal	1,25	5	5
3) Elektri ülekande õhuliinide omavaheline kaugus ja kaugus sideliinidest m-tes on:			
a) 0,1 ... 1 kV liinidel omavahel ja ristumisel sideliinidega	1,25	—	—
b) 3 ... 20 kV liinidel omavahel ja ristumisel 0,1 ... 1 kV ning sideliinidega	—	2	2

4) Juhtmed tuleb asetada selliselt, et ei oleks võimalik nende puudutamine ilma eriliste abinõudeta akendest, rõdudelt jne. Hoonetest möödumisel peavad kõrgepinge-juhtmed asetsema akendest kõrgemal. Kõrgepinge-juhtmete viimisest üle mänguplatside ja viljapuuaedade (ohtlik viljapuude pritsimisel) hoiduda.

Ülaltoodud normid ei ole kehtivad majaühenduste ja välisinstallatsioonide kohta.

B. MASTID.

70. Mastide liigid.

Vastavalt otstarbele jagunevad mastid:

a) K a n d e m a s t i d — juhtmete kandmiseks ainult sirgel liinil. b) N u r k m a s t i d. c) L õ p p m a s t i d. d) R i s t u m i s m a s t i d — sideliinide, teede jne. ristumisel. e) P i n g u t u s m a s t i d (ankurmastid) — kasutatakse liini kindlustamiseks teatava vahemaa järel. Pingutusmastid tuleb asetada vähemalt iga 3 km tagant, jäiterohketel kohtadel tihedamini. Pingutusmastide ülesandeid täidavad tavaliselt ristumis- ja nurkmastid. f) H a r u n e m i s m a s t i d.

Vastavalt materjalile jagunevad mastid: a) puitmastid, b) raudmastid, c) raudbetoonmastid.

Peale tavaliste mastide kasutatakse madalpinge jaotusvõrkudes kandepunktidena mõnikord ka hoonete katusele kinnitatud kandepüstikuid, tugipukke või seinte külge kinnitatud nõjatseid (konsoole) jne.

Kõrgepinge-juhtmete kinnitamine elamute külge on keelatud, välja arvatud sisseviigid. Kinnitamine tööstushoonete külge on lubatud, kui on täidetud p. 69—4 toodud nõuded.

71. Puitmastid.

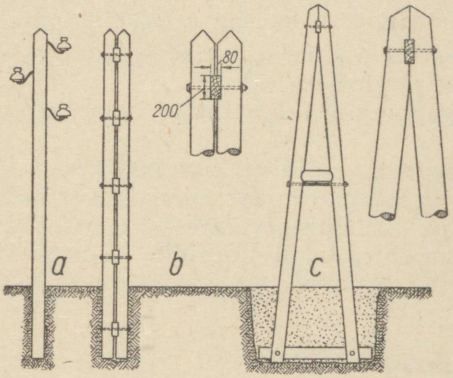
Tarvitatavamad puitmasti tüübid on näidatud joon. 32.

a) L i h t m a s t, juhtmete kandmiseks sirgel liinil.

b) K a k s i k m a s t. Kaks kõrvuti asetatud palki on seotud 4...6 kohas kõvast puust tüübliga ning iga tüübli kohal veel poldiga. Poldi läbimõõt on kuni 13-cm palkidel $\frac{1}{2}''$, 14...16-sentimeetrilistel $\frac{5}{8}''$, üle 16-cm palkidel $\frac{3}{4}''$.

Kaksikmaste kasutatakse erijuhtumil, suuremate mehaaniliste pingutuste või peenemate palkide korral.

c) A-mast. Kaks palki on ühendatud A-tähe kujuliselt. Ühendamine toimub: ülal — kõvast puust tüübli ja vähemalt $^5/_8$" poldiga, keskel — põikpuu ja vähemalt $^3/_4$" poldiga, all — haaradesse sisselastud põikpuuga ning $^3/_4$" poltidega. Erijuhtumil, näit. kandemastidel, ja ka kaljuse maapinna korral võib alumise põikpuu ära jätta või asendada kahe üksiku ristpuuga kummalgi A-masti haaral. Haarade vahemaa alumise põikpuu kohal on $^1/_6 \ldots {}^1/_8$ masti kogupikkusest.



Joon. 32. Puitmastid.

A-maste kasutatakse pingutus-, ristumis-, lõpp-, nurk- ja harunemismastidena, harvem kandemastidena suurte visangutega ja pingutusega liinides. A-masti jalad asetsevad esimesel kolmel juhul piki, viimasel kolmel juhul risti liini.

Nurk-, lõpp- ja harunemismastid asetatakse enamasti väikese kallakuga vastu tõmbesuunda.

d) Pukkmast. (Joonisel märkimata.) Kolm palki on asetatud maapinnal kolmnurgas ja ühendatud tipus kokku. Kasutatakse erijuhtumil, kui mast peab taluma igasuunalist tõmmet.

e) Portaalmast. Kaks lihtmasti on asetatud 1 ... 5 m kaugusele ja ühendatud pealt põiktraversiga. Kasutatakse peamiselt väga kõrgete pingete või suure arvu juhtmete korral.

Mastide kõige väiksem lubatav ladva läbimõõt peab olema:

	M.-p. liin cm	K.-p. liin cm
Kandemast maal	12	15
Kandemast linnades ja alevites	15	18
Ristumis- ja nurkmast	18	20
Kaksikmasti ja A-masti üksik palk	10	12

Lihtmasti ladva läbimõõdu määramiseks võib kasutada valemit:

$$D = 0{,}65\,h + K\sqrt{a \cdot d},$$

kus D = minimaalne ladva läbimõõt cm,
h = masti kogupikkus m,
a = visang (mastide vahemaa) m,
d = mastile asetatud kõigi juhtmete läbimõõtude summa mm,
K = okaspuudel 0,22, kõvadel puudel (tamm jne.) 0,19.

Puitkandemastide pikkused, kaasa arvatud ka maa sees olev osa, on tavaliselt järgmised:

15 m — kõrgepinge-liinidel suure visangu korral, enamikus A-mastidena;

12,5 m — kõrgepinge-liinidel normaalselt;

10,5 m — kõrgepinge-liinidel ainult traverssidega ja visangutega kuni 65 m, madalpinge-liinidel linnatänavail;

8,5 m — kahejuhtmelistel liinidel linnatänavail, liinidel maastikul.

72. Toed ja tõmmitsad.

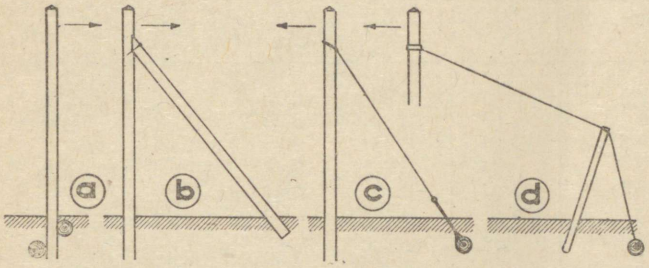
Ühekülgse tõmbe korral, näit. nurk- ja lõppmastidel jne., vajuks lihtmast viltu. Selle vältimiseks kasutatakse kas p. 71 märgitud A-maste, tugesid või tõmmitsaid. Võrreldes A-mastiga on viimased lihtsamad ja odavamad ning selle tõttu levinumad, eriti madalpinge-liinides.

1) T u g i (joon. 33-b). Toe ladva läbimõõt on võrdne või veidi väiksem, pikkus on võrdne või erijuhtumeil veidi suurem kui toetataval mastil. Tugi kinnitatakse ülal ¾″ poldi või 8 . . . 12-tolliste naeltega. Nurkadel asetatakse tugi resulteeriva jõu suunas, või kui see on võimatu, kasutatakse kahte tuge. Pehmes maapinnas on soovitatav toe otsa alla asetada kive või lauatükk. Kui tugipuud ei saa ruumi puudusel asetada nõutava kauguseni, seotakse tugipuu ja mast alt põikpuuga või kasutatakse A-masti.

2) T õ m m i t s (joon. 33-c, d). Tõmmitsana kasutatakse 25 . . . 50 mm² põikpinnaga raudtrossi või traati. Tõmmitsa ülemine ots kinnitatakse ümber posti, allapoole kõige alumist isolaatorit. Allalibisemise vältimiseks tuleb posti lüüa nael või keerata kruvi.

Tõmmitsa alumine ots kinnitatakse kas maja seinaga, toega või kontrtõmmitsaga (joon. 33 d) kindlustatud 2 ... 3 m pikkuse posti või umbes 1 m sügavuselt maasse asetatud palgi, kivi jne. külge. Videvikus tõmmitsale komistamise vältimiseks tuleb tõmmits tähistada nähtava puuliistuga.

Tõmmitsa paremuseks on odavus, puuduseks väiksem töökindlus ja suurem ohtlikkus, sest tõmmits võib pinge alla satfuda; ka võivad lapsed tõmmitsal kiikudes juhtmed kokku õõtsutada, mispärast mastide kindlustamine tõmmitsatega pole soovitatav, eriti kõrgepinge-liinil.



Joon. 33. Toed ja tõmmitsad.

Kõrgepinge-mastide tõmmitsad tuleb ⅔ kõrgusel varustada tõmbeisolaatoriga ja allpool maandada. Madalpinge juures pole see tarvilik.

3) Nõrkade ühekülgsete tõmmete juures kasutatakse mõnikord ka l a a m i t s a i d (joon. 33-a) — vastu posti maasse asetatud umbes 0,5 ... 1 m pikkusi palginotte.

73. Puitmastide materjal.

Mastidena kasutatakse meil peaaegu eranditult männipalke. Mastid peavad olema sirged, ilma märgatavate vigadeta. Ladva läbimõõt olgu vastavalt p. 71. Läbimõõdu suurenemine tüüka suunas on 0,7 ... 1 cm iga pikkusmeetri kohta.

Immutamata maste tuleb kasutada võimalikult toorelt, kuna tõrva või õliga immutatud mastid tuleb enne immutamist hästi (umbes 1 suvi) kuivatada.

Suvel raiutud palgid kooritakse kohe pärast raiumist, talvel raiutud — hiljemalt kevadeks. Kooritakse terava labida või niimeistriga. Maa sees oleva osa, kuni umbes 25 cm kõrguseni ülalpool maapinda võib jätta mädanemise kaitseks koorimata.

Linnatänavaile paigutatavad postid hööveldatakse tavaliselt veel üle.

Palkide alalhoidmisel staaplites tuleb nad laduda selliselt (põiki asetatud vahepuudega), et õhk igale poole ligi pääseks.

Palkide ostmine, vedu ja ümbertöötamine toimub tihumeetrite järgi. Tihumeeter on 1 m^3 tihedat puumassi. Palkide maht on antud tabelis 22.

Tabel 22.

Ümmarguste metsamaterjalide mahu tabel.

Pikkus m	Ladva läbimõõt cm-tes					
	14	16	18	20	22	24
	Maht tihumeetreis					
7,5	0,16	0,20	0,25	0,30	0,36	0,43
8	0,17	0,22	0,26	0,32	0,39	0,46
8,5	0.18	0,23	0,29	0,36	0 43	0,51
9	0,19	0,25	0,31	0,38	0,46	0,55
9,5	0,20	0,26	0,32	0,40	0,49	0,59
10	0,22	0,28	0,35	0,44	0 52	0,63
10,5	0,23	0,30	0,37	0,46	0,56	0,66
11	0,24	0,31	0,40	0,49	0,59	0,71
11,5	0,26	0,34	0,43	0,53	0,63	0,76
12	0,29	0 37	0,47	0,57	0 68	0,81
12,5	0,32	0,40	0,50	0,61	0 72	0,86
13	0,35	0,43	0,54	0,65	0,77	0,91
13,5	0 37	0,46	0,58	0,69	0,82	0,97
14	0,40	0,50	0 62	0,74	0,87	1,02
14,5	0,43	0,53	0 66	0,78	0,92	1,08
15	0,47	0,57	0,70	0,83	0,98	1,14

1 tihumeeter = 35,7 kantjalga.

Palkidel üle 11 m arvutatakse mass harilikult kahes osas, pool ladva ja pool keskkoha läbimõõdu järgi.

Palkide kaal ühe tihumeetri kohta on:

Mänd, toores	600 ... 700 kg.
Mänd, õhukuiv	500 ... 550 kg.
Mänd, õli-immutusega	580 ... 700 kg.

74. Puitmasti iga.

Kõige kiiremini mädaneb mast maapinna kohal, eriti kuivas liivases maas, märjas maas on vastupidavus veidi suurem, õhuta põhjavees piiramata.

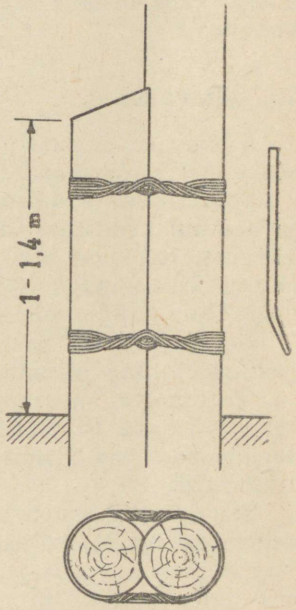
Aluseks võttes tugevust maapinnal, võib lugeda masti eaks männil 5...7 a., kuusel 4...6 a. Maapinnast kõrgemal olev mastiosa on immutamatult kasutuskõlblik 8...12 a., eri juhtumil kuni 15 a.

Mitmesuguste ainetega (männitõrv, põlevkiviõli, fenolaat, vasevitriol jne.) maste läbi immutades saab masti iga tunduvalt tõsta. Immutatud männipostide iga on keskmiselt: immutamisel vasevitrioli või tsinkkloriidiga — 12...16 a., sublimaadiga — 16...18 a., tõrvaõliga või põlevkiviõliga Rüpingi menetlusel — 22...25 a., tõrvaõliga täielikul immutusel — 25...30 a.

Pealpool maapinda oleva mastiosa ületõrvamine kivitõrvaga või õhukindla värviga on kahjulik, ilu mõttes võib masti üle värvida rootsi värviga.

Maa-aluse osa ületõrvamine või põletamine üksi annab väga vähe kasu ja on tihti isegi kahjulik. Kerge põletamine ja sellele kohe järgnev tõrvamine männitõrvaga pikendab vähesel määral masti iga. Saetud või raiutud puidu pind mädaneb rutem, sellepärast on soovitav kõik sisselõikekohad kaksik-, A- jne. mastidel, põikpuude kinnituskohad, tüüblid jne. katta kivitõrvaga. Soovitav on masti tipp teha kiilukujuliseks või kooniliseks ja üle tõrvata või katta plekk-katusega. Katus asetada selliselt, et õhk alla pääseb.

Maste tuleb kontrollida algul kahe aasta tagant, hiljem iga aasta kevadel. Selleks proovitakse masti tugevust raudoraga paar cm allpool maapinda ja tipus. Seejuures tuleb silmas pidada, et mänd pehastub peamiselt pinnalt, kuusk seevastu südamest, mistõttu viimane on raskemini kontrollitav.



Joon. 34. Masti külgtulp ja tulpamisraud.

Maapinna kohal pehastunud masti iga saab suurendada külgtulpadega (joon. 34).

Mast kaevatakse ühelt poolt peaaegu põhjani lahti, masti kõrvale asetatakse 2,2...3,2 m pikkune ja masti jämedune, ühelt poolt veidi õõnsaks raiutud tulp, mõlemad ühendatakse pealpool maapinda bandaažiga. Bandaažiks on 6...15 keerdu 3...6 mm jämedust raudtraati. Traadi keerud keerutatakse kokku nende vahelt läbipistetud raudpulgaga.

Mastide vahetamisel on soovitatav vana masti mädanenud osad kõrvaldada, sest need sisaldavad uuele mastile kahjulikke seeni ja käsni.

Maapinna määndava mõju vältimiseks võib mastid asetada ka immutatud kõvast puust, profiilrauast või betoonist jalgadele. Jalgadele asetatult on kuusk veidi vastupidavam kui mänd, kuna maasse asetamiseks on kuusk kui maltspuu vähe kohane.

75. Raudmastid.

Vastavalt ehitusele jagunevad raudmastid kahte rühma: sõrestik- ja torumastid.

Sõrestikmaste kasutatakse peamiselt ristumis-, lõpp-, nurk- ja harvem kandemastidena juhul, kui mastidelt nõutakse suurt kõrgust, tugevust või töökindlust, näiteks kandemastid väga suurte visangutega kõrgepinge-liinides, harunemismastid kohtades, kus nende vahetamine on tülikas jne.

Sõrestikmastid needitakse või keevitatakse kokku profiilraudadest ning püstitatakse tavaliselt betoonvundamendile.

Torumaste kasutatakse peamiselt lambiarmatuuride kandmiseks tiheda liiklemisega kohtades, nagu linnatänavail, raudteejaamades jne. Hinnalt on nad suhteliselt kallimad kui sõrestikmastid.

Raudmastid tuleb roostekaitseks üle värvida. Värvi tuleb uuendada iga 4...5 aasta tagant.

76. Raudbetoonmastid.

Vastavalt ehitusele jagunevad raudbetoonmastid kahte rühma:

T o r u k u j u l i s e d m a s t i d — valmistatakse pöörlevais vormides. Läbimõõt tipust 15...30 cm, seinapaksus 3...10 cm.

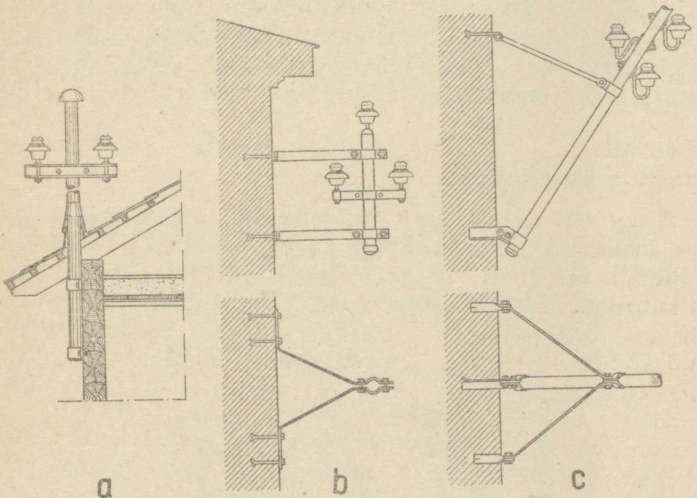
P r o f i i l m a s t i d valmistatakse tampbetoonist.

Betoonmastide paremused on: suur iga, kusjuures mast ei vaja peaaegu mingit remonti. Puuduseks on suur kaal ja kõrge hind.

77. Kandepüstikud ja nõjatsid.

Kohtades, kus mastide püstitamine tehnilistel (kitsad tänavad) või majanduslikel kaalutlustel on ebasoovitav, võib kasutada hoonete katusele kinnitatud kandepüstikuid (joon. 35-a) või seina külge kinnitatud nõjatseid ehk konsoole (joon. 35-b, c).

Konsoolide ehitamisel tuleb silmas pidada p. 69—3, 86 ja 124 toodud eeskirju juhtmete kauguse kohta.



Joon. 35. Kandepüstik ja nõjatsid.

78. Mastide kohaletransportimine.

Mastid veetakse liini lähedale staaplitesse, kust nad hobuveoga mööda liini laiali veetakse. Kui otsene juurdevedu pole võimalik (aedades jne.), toimetatakse mast augu juurde õlal kandes. Kandjad koondada ainult mõlema otsa alla. Augu juurde tuleb mast maha panna selliselt (tüügas augu kohal, latv tõstmise suunas), et hiljem poleks vajalik ümberpööramine.

Mastide kaal vt. p. 73.

a) Veod hobustega. Ühe hobuse koormaga saab vedada: veokoormas keskmisel teel 1...1,2 tihumeetrit, heal teel 1,5 tm, halval teel ja vankriga kuni 20% vähem. Harilikke

18...20 cm jämedusi maste mahub koormasse: 8,5-meetrilisi 3...4; 10,5-meetrilisi 2...3; 12,5-meetrilisi 2. Liikumiskiirus koormaga 4...5 km/tunnis. Koorma pealelaadimiseks on mehi (koos voorimehega) vaja kaks (8,5-meetrilistel) kuni neli (15-meetrilistel).

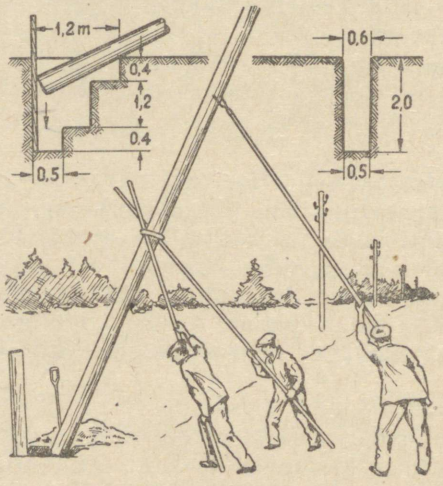
b) Veod autoga. Tavalisele järelkäruga 5-t autole mahub maste kuni 10 tm. Liikumiskiirus koormaga heal teel 25...30 km/tunnis.

Veo tasu arvutatakse kas päeva- või tükitööna, viimasel juhul tavaliselt tihumeetri, harvem palkide arvu järgi.

c) Veod raudteel. Kuni 9-m mastidele üks, 9...15-m mastidele kaks platvormi. Platvormile mahub 18...22-cm palke laiarööpmelisel 60...70, kitsarööpmelisel 40...50. Vajalik lisamaterjal: küljepuud, vahepuud iga kihi vahel ja sidumistraat.

79. Mastide püstitamine.

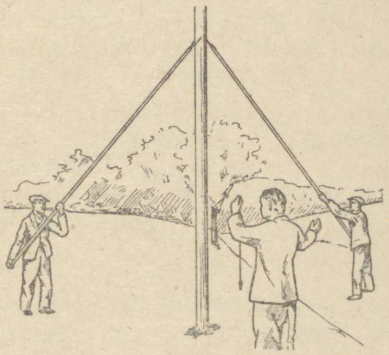
a) Augud. Mastiaugu sügavus on normaalselt $^1/_6$, väga pehmes maas $^1/_5$ ja väga kõvas maas $^1/_7$ masti üldpikkusest, kuid ikkagi vähemalt 1,5 m. Järsul nõlvakul tuleb sügavus valida suurem. Auk kaevatakse astmeliselt (joon. 36) liini suunas, nii et sihitikk jääb augu äärele püsima. Augu ligikaudsed mõõdud 12,5-m posti jaoks on näidatud joon. 36.



Joon. 36. Mastide püstitamine.

Kuivas mullas püsivad väljakaevatud augud mitu kuud, märjas ja vihmaga varisevad nad kokku paari päeva jooksul ning vesiliivas kohe. Tavaliselt kaevatakse päevas nii palju auke, kui palju suudetakse maste püstitada; ööseks lahtijäävad augud tuleb käidavais kohtades piirata tõketega.

b) Mastide püstitamine on näidatud joon. 36. Mast asetatakse tüükaga augu kohale, allalibisemise kergendamiseks asetatakse augu seina ja tüüka vahele laud. Mast tõstetakse tipust, algul käsitsi, hiljem 3 ... 6 hargi abil. Hargid on kaheharulised, harude vahe 8 ... 10 cm, hargivarteks on 2,5 ... 3,5 m pikkused kuuseridvad läbimõõduga 5,5 ... 6,5 cm. Harkide asemel võib väiksemate tööde või vilumata personaali korral kasutada ka nn. kääre — kaht nööriga kokkuseotud ritva.



Joon. 37. Masti vertikaalsuse kontrollimine.

Hargid lüüakse masti poolviltu kahelt poolt nii, et oleks välditud tema mahaveeremine harkidelt või kaldumine küljele koos hargiga. Tõstmine toimub üksikute tõugetega, kusjuures hargivarre alumiste otstega toetatakse pidevalt vastu maad. Harkide vahetamisel hoolitseda, et palk kannaks vähemalt kahel, kummaltki küljelt sisselöödud hargil.

Kõverad mastid asetatakse küüruga liini suunas.

Mastid asetatakse vertikaalselt, välja arvatud nurk- ja lõppmastid, milledele antakse tavaliselt väike kallak vastu tõmbesuunda. Vertikaalsust kontrollitakse loega piki ja põiki liini (joon. 37). Pärast püstitamist täidetakse auk mullaga, mulda vahetpidamata tugevasti kinni tampides. Tampimiseks kasutatakse erilist nuia või hargivarsi. Ühe mullakühveldaja kohta

arvestada 2...3 tampijat. Halvasti tambitud maas vajuvad mastid viltu ja neid tuleb hiljem uuesti seada.

Pehmes maas masti viltuvajumise vältimiseks kiilutakse augu põhjas ja pinnal kive ja kruusa masti ümber. Väga pehmes rabamaas tuleb kasutada maapinnal põikpuuga ühendatud A-maste.

Juhul, kui on vaja püstitatud masti pöörata, toimub see masti ümber mähitud nööri ja mähisest läbipistetud kaika abil.

c) Vajalikud tööriistad on loeteldud p. 100.

Abimaterjalid: toenaelad, männitõrv, A-mastide poldid, maandusplaadid ja juhtmed, mastimütsid.

d) Tööliste arv. Mastide üleslükkamiseks vajalik minimaalne tööliste arv on kandemastidel: 8,5-meetrilistel — 3...4; 10,5-meetrilistel — 4...5; 12,5-meetrilistel — 5...6. Vilumata meeskonna korral tuleb ülaltoodud arve suurendada umbes 50%.

e) Raudmastide püstitamine. Väiksemad mastid püstitatakse harkidega või kääridega analoogiliselt puitmastidele, suuremate mastide korral (kuni 30 m) kasutatakse A-kujulisi abimaste ja vintse, mille abil mast üles vinnatakse.

80. Mastide märkimine.

Kõik õhuliini mastid tuleb varustada järjekorranumbriga (vt. ka p. 273), püstitamise aastaarvu ja omaniku tunnusega. Ülaltähendatud arvud maalitakse mastile trafaretiga või kasutatakse masti külge löödavaid plekksilte või naelu sissestantsitud numbritega. Mastide kohta tuleb pidada liiniraamatut p. 68 toodud andmetega, kus oleks ühtlasi märgitud masti juures tehtud täiendused, tugendamised jne.

Kõrgepingeliini mastid tuleb varustada hoiatuspealkirjaga, mõõtudes vähemalt 15 × 20 cm. Hoiatus peab sisaldama piksenoole ja sõnad: „Kõrgepinge — elukardetav".

C. ISOLAATORID JA MASTIDE ARMEERIMINE.

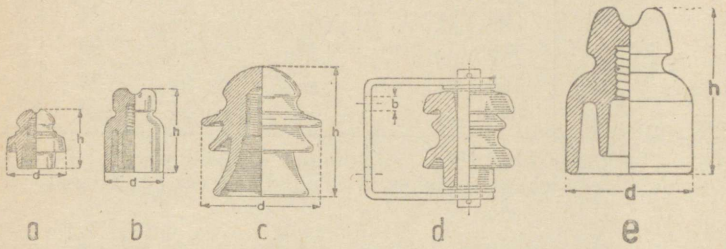
81. Isolaatorid.

Õhuliini-juhtmete kandmiseks kasutatakse portselan-isolaatoreid. Kasutusel on peamiselt järgmised isolaatoritüübid.

Tugi-isolaatorid.

a) Tüüp TΦ (joon. 38-e), pingetele kuni 500 V, kasutatakse tugevvoolu-liinides, NSV Liidu toode.

b) Tüüp RM (joon. 38-b), pingetele kuni 500 V, kasutatakse peamiselt side-, harvem tugevvoolu-liinides tüüp RTJ asemel.



Joon. 38. Tugi-isolaatorid.

c) Tüüp RTJ (joon. 38-a), pingetele kuni 500 V. Kasutatakse madalpinge tugevvoolu-liinides.

Tavaline suurus on N 80; N 60 on kasutusel peamiselt siseinstallatsioonides, N 95 väga jämedail juhtmeil.

Tabel 23.

Madalpinge-isolaatorite mõõdud.

Vastavalt OCT-normidele				Vastavalt DIN-normidele							
Tüüp T-Φ	*d* mm	*h* mm	*q* mm²	Tüüp RTJ	*d* mm	*h* mm	*q* mm²	Tüüp RM	*d* mm	*h* mm	*q* mm²
TΦ 4	58	70	6	N 60	60	60	10	RM III	60	80	6
TΦ 3	72	90	35	N 80	80	85	35	RM II	70	100	50
TΦ 2	85	112	100	N 95	95	95	150	RM I	86	140	120
TΦ 1	93	135	150								

d — läbimõõt, *h* — kõrgus, *q* — juhtmete maksimaalselt lubatav põikpind.

d) Delta-isolaatorid HD (joon. 38-c). Valmistatakse pingetele 0,5 ... 35 kV ja juhtmeile kuni 150 mm².

Tabel 24.

Kõrgepinge delta-isolaatorid vastavalt OCT-normidele.

Tüüp	d mm	h mm	U'_1 kV	U''_1 kV	U_4 kV	U_5 kV	U_6 kV
III- 6	85	90	6	—	50 / 25	75	65
III-10	105	110	10	6	60 / 33	90	78
III-20	160	165	20	10	85 52	128	111
III-35	240	255	35	20	120 / 80	180	156

U_5 — keskmine ning U_6 — minimaalne läbilöögipinge. U'_1 — puit-, U''_1 — metall-kandekonstruktsioonil. Teised tähised nagu tabelis 23.

Tabel 25.

Kõrgepinge delta-isolaatorid vastavalt DIN-normidele.

Tüüp	d mm	h mm	d mm	U_1 kV	U_2 kV	U_3 kV	U_4 kV	Kaal G kg
—	92	90	20	3	6	8	53 / 35	0,4
—	106	108	22	5	10	12	61 / 41	0,7
HD 6	120	130	28	6	13	16	69 / 47	1,0
HD 0	135	145	28	10	17	20	76 / 53	1,4
HD 5	150	165	28	15	21	24	84 / 59	1,7
HD 20	175	205	28	20	29	32	98 / 70	2,6
HD 25	205	240	32	25	33	41	110/ 82	3,9
HD 35	260	320	40	35	48	58	133 / 105	8,0

d — läbimõõt, h — kõrgus, d_s — poldiava läbimõõt, U_1 — normaalne ja U_2 — maksimaalne tööpinge VDE järgi, U_3 — maksimaalne tööpinge IEC (rahvusvaheliste) normide järgi, U_4 — ülelöögipinged kuivalt/tugeva vihmaga.

Peale tavaliste delta-isolaatorite on tarvitusel veel rida erinevaid tüüpe: delta-isolaator laiendatud mantliga (HW), tugevdatud seintega (VHD) jne.

Tõmbeisolaatorid.

e) Põsk- (šäkel-) (joon. 38-d) ja munaisolaator, pingetele kuni 500 V. Kasutatakse erijuhtumil — lõppisolaatorina väga jämedate juhtmete korral, nurkmastidel, kui resulteeruv tõmme on väga suur, ja tõmmitsates.

Tabel 26.

Kõrgepinge delta-isolaatorid vastavalt Soome normidele.

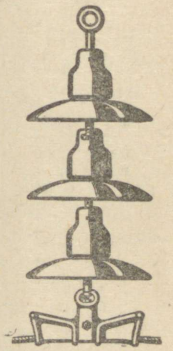
Tüüp	d mm	h mm	d_s mm	U_2 kV	Kaal G kg
S 5	94	96	22	7	0,46
S 10	120	130	28	12	0,98
S 15	142	155	28	17	1,42
S 20	162	185	28	22	2,30
S 25	190	220	28	27	3,50
S 30	220	260	38	32	5,60
S 35	230	280	38	37	6,14
S 40	260	320	40	42	8,80

Tähtede tähendused needsamad mis tabelis 25.

f) Rippisolaatorid. Alates umbes 30 . . . 45 kV kasutatakse kõrgepinge-liinides rippisolaatoreid. Rippisolaator koosneb üksikuist järjestikku asetatud lülidest. Lülide arv ja keti pikkus on seda suurem, mida kõrgem on pinge. Üks sellistest kettidest on toodud joon. 39; ühe lüli (taldriku) nimipinge on tavaliselt 15 kV, kandejõud 3 . . . 5 t.

Peale portselani kasutatakse isolaatorite materjaliks erijuhtumil ka steatiiti. Klaas on vähem kõlblik, sest ta puruneb kergesti ja muutub ilmastiku mõjul pinnalt karedaks ning voolujuhtivaks.

Isolaatorite värvus on harilikult valge, harvem pruun või roheline.



Joon. 39. Rippisolaator.

82. Mastide armeerimine.

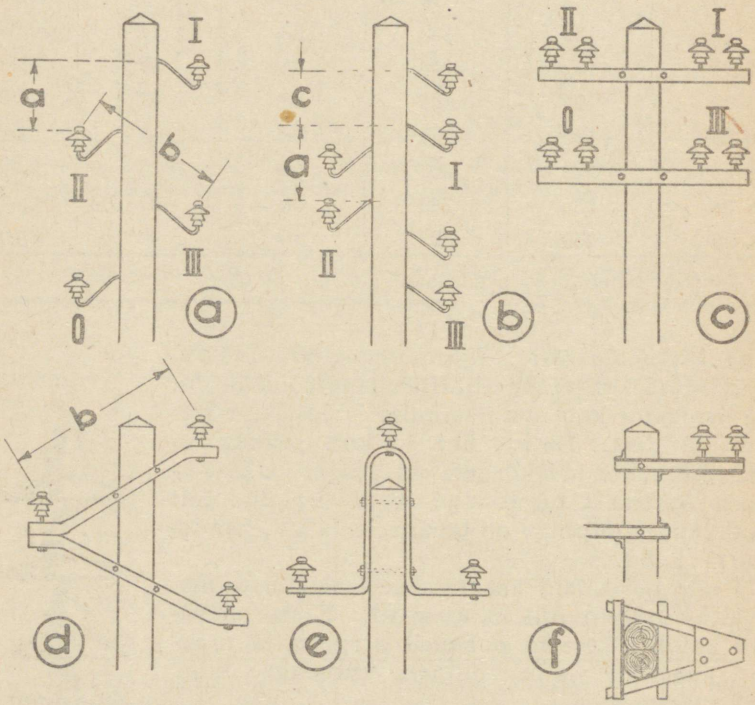
Tugi-isolaatorid kinnitatakse mastide külge konksude või traversside abil.

Mõned enamlevinud isolaatorite kinnitamisviisid on näidatud joon. 40.

a) Isolaatorid konksudel. Kõige tavalisem ja kõige rohkem levinud asetusviis. Kasutatav pingetele kuni 20 kV.

b) Isolaatorid konksudel, kahekordseks kinnitamiseks (vt. p. 96), ühte juhet kannab kaks kohastikku asetatud isolaatorit.

c) T-traverss. Kasutatakse peamiselt madalpinge-liinides. Ehitatakse igale juhtmele ühe või harvem kahe poldiga, viimasel juhul kannab ühte juhet kaks kõrvuti asetatud isolaatorit (vt. p. 96 ... 98).



Joon. 40. Mastide armeerimine.

d) V-traverss. Kasutatakse kõrgepinge-liinides; kandemastidel ühe, nurkmastidel ja mastidel, kus on nõutav juhtmete kõrgendatud mehaaniline kaitse, kahe poldiga iga juhtme kohta.

e) Liira-traverss ühe või kahe poldiga juhtme kohta.

f) Konsool- (koonus-) traverss ühe, kahe või kolme poldiga juhtme kohta.

Suurte visangute ja ripetega kõrgepinge-liinides ei ole soovitav juhtmeid asetada lähestikku üksteise alla, sest jäähärma

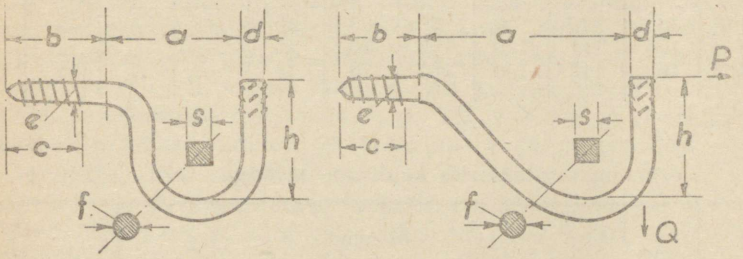
mahalangemisel võib alumine juhe üles põrgates puutuda ülemise juhtme vastu.

Konksude ja traversside masti külge kinnitamine toimub kas enne või pärast mastide püstitamist.

Elektriliini-konkse ei maandata. Traversside maandamine puitmastides ei ole soovitatav, välja arvatud ristumismastidel.

83. Isolaatorikonksud.

Isolaatorikonksude ehitus on näidatud joon. 41 — vasakul madalpinge ja paremal kõrgepinge isolaatorite jaoks. Konksude



Joon. 41. Isolaatorikonksud.

mõõdud on toodud tabeleis 27 ja 28. Konks painutatakse välja kandilisest või ümmargusest rauast ja varustatakse puidukeermega. Viimane peab olema harv ja terav nagu tavalistel puidukruvidel, tõmbi keermega konksu on raske puidusse keerata. Keere võib olla treitud, freesitud või stantsitud. Roostetamise vältimiseks isolaatorikonksud värvitakse, asfalteeritakse või erijuhtumil tsingitakse. Keerme katmine värviga on vähem soovitav, sest siis on raske konksu puidusse keerata.

Tabel 27.

Madalpinge-isolaatorite konksude mõõdud.
Главметиз 23/2022 standardi järgi.

Isolaatori tüüp	Konksu tüüp	Mõõdud								Vertikaalne lubatav koormus Q kg
		a mm	h mm	b mm	c mm	d mm	f mm	s tolli	e mm	
ТФ-1 ja ТФ-2	КН-18	97	126±6	91	78	16	18	—	20	220
ТФ-3	КН-16	77	90±4	76	70	15	16	—	18	165
ТФ-4	КН-12	62	68±3	53	53	12	12	—	13	65

Tabel 27-a.

Madalpinge-isolaatorite konksude mõõdud VDE järgi.

Isolaatori tüüp	P kg	Mõõdud								100 tk. kaal kg
		a mm	h mm	b mm	c mm	d mm	f mm	s tolli	e mm	
N 60	37	87	50	68	50	12	12	1/2	8,4	22
N 80	68	100	100	75	55	16	16	5/8	13	47
N 95	110	110	105	95	75	19	19	3/4	15	74
RM III	130	97,5	100	80	60	10	—	—	12	42
RM II	135	111	120	105	70	15	—	—	13	62
M I	160	118	150	105	70	18	—	—	15	92

Tabel 28.

Kõrgepinge-isolaatorite konksude mõõdud OCT 3092 järgi.

Isolaatori tüüp	Konksu tüüp	Mõõdud								Lubatav koormus	
		a mm	h mm	b mm	c mm	d mm	f mm	s tolli	e mm	horisontaalne P kg	vertikaalne Q kg
III-6 ja III-10	KH-22	250	140	120	100	22	22	—	17	70	60
III-20	KH-25	300	220	120	100	25	25	—	20	70	70

Ülaltoodud tabeleis tähendavad:

P — lubatav maksimaalne tõmbejõud (liini suunas); Q — lubatav maksimaalne tõmbejõud vertikaalsuunas. Teiste tähtede tähendus vastavalt joon. 41.

Linnukaitse mõttes on soovitav vahekaugus a võtta kõrgepinge-isolaatoreil mitte alla 300 mm.

84. Isolaatorite ja konksude monteerimine.

Isolaatorite kinnitamine konksude otsa toimub tavaliselt ehituskoha lähedal töökojas; isolaatorid veetakse liinile laiali konksu otsa kinnitatult.

Isolaatori kinnitamist konksule teostatakse järgmiselt: konks kinnitatakse kruustangide vahele (kruustangide puudumisel võib kasutada konksu kruvimist mingisse kohakindlasse puidusse, näit. palkseina), mähitakse isolaatorisse ulatuva osa ümber (keerme suunas) tõrva, õli või värnitsaga immutatud kanepit, lina või linase riide riba ning kruvitakse sinna peale isolaator. Et mähis ei hakkaks ringi pöörlema, on konksu tipp varustatud üksikute, keerme suunas sisselöödud täketega. Mähis tuleb asetada selliselt, et portselan- ja raudosad kuskil otseselt kokku ei puutuks, s. o. pehme vahekiht peab asetsema ka ülal, konksu tipu ja isolaatori põhja vahel. Kõrgepinge-isolaatorid vajavad pealekeeramiseks võrdlemisi tugevat jõudu. Pealekeeramise hõlbustamiseks võib kasutada isolaatorikaela ümber mähitud nööri ja viimase vahelt läbipistetud puukaigast, või erilist tööriista, mis koosneb puitkäepideme külge kinnitatud rihmast. Viimane keeratakse ümber isolaatorikaela ja pressitakse käepideme ning isolaatori vahele.

Erandjuhtumil kasutatakse isolaatorite kinnitamiseks ka erilisi kitte. Viimased ei tohi ilmastiku mõjul paisuda, sest sellisel juhul isolaator lõhkeks. Kipsi või väävli kasutamine isolaatori kinnitamiseks konksule ei ole lubatav.

Konksude kinnitamiseks masti puuritakse sellesse masti teljele risti ja umbes konksu keermeosa sügavune auk. Puurina kasutatakse nn. isolaatorikonksu- (tigu-) puuri (joon. 59—9).

Puuri läbimõõt vastavalt tabeleile 27 ja 28 pos. e. Väiksemad konksud keeratakse sisse käsitsi, suurematel (kõrgepinge-konksudel) kasutatakse isolaatorikonksu-võtit — ümmargustel T-kujulist, kandilistel hambaga (joon. 59—10).

Ülemise konksu kaugus masti tipust on 15...20 cm. Konksude vahemaa a (joon. 40) oleneb juhtmete omavahelisest kaugusest (vt. p. 86). Tavaline vahemaa (mõõt a joon. 40-a) on madalpinge-liinides 35...50 cm; kõrgepinge-liinides, pingega 6...15 kV ja visangutega kuni 70 m — 85...90 cm.

Kivimüüris kasutatakse kas harilikku puidukeermega konksu, mille keerme ümber mähitakse raudtraati (vt. ka p. 160), või erilisi, tagant laiaks löödud müürikonkse. Müüri puuritakse auk kivipuuriga, konks asetatakse kohale ja valatakse kinni tsemendiseguga (1 osa tsementi ja 1...3 osa peenikest liiva). Kivinemine kèstab paar päeva. Kipsi kasutamine pole soovitav, sest kips on mehaaniliselt nõrgem ja hügroskoopne (konks roostetub).

85. Traversid.

Konksude asemel kasutatakse traversse, kui:

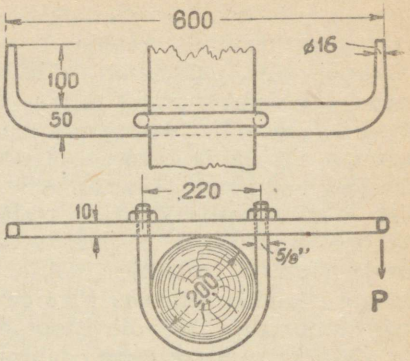
1) madalate mastide korral on vaja saavutada suuremat juhtmete kõrgust;

2) kinnituspunktilt nõutakse erilist tugevust;

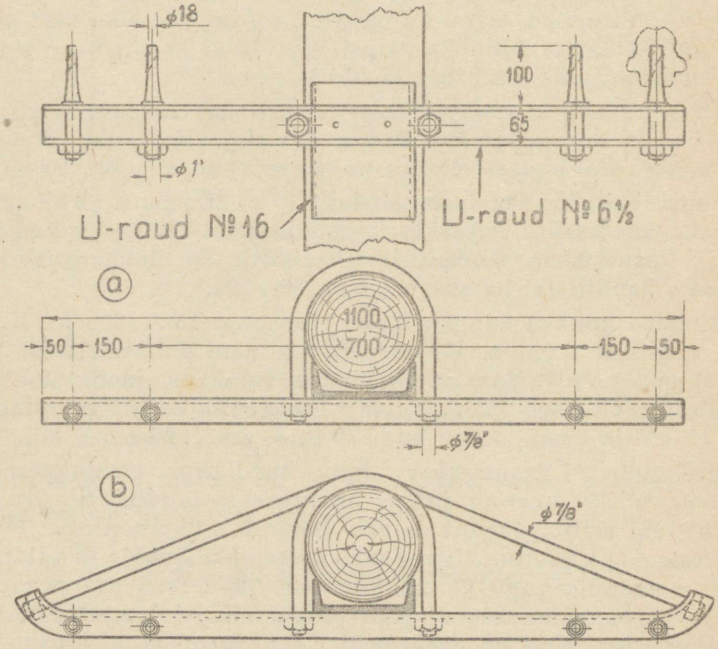
3) juhtmete arv ühel mastil on suur.

Mõned traversid on näitena toodud joon. 42 ... 44.

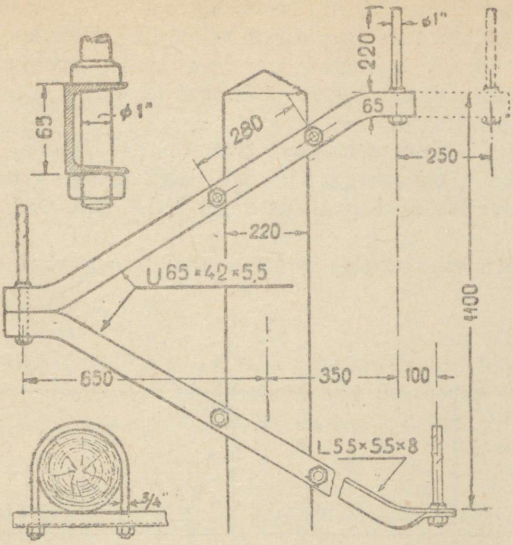
1) Joon. 42. Kerge traverss madalpinge-võrgus, juhtmeile kuni 16 mm².



Joon. 42. Kerge traverss madalpinge-võrgus.



Joon. 43. Tugev vahe- ja lõputraverss madalpinge-võrgus



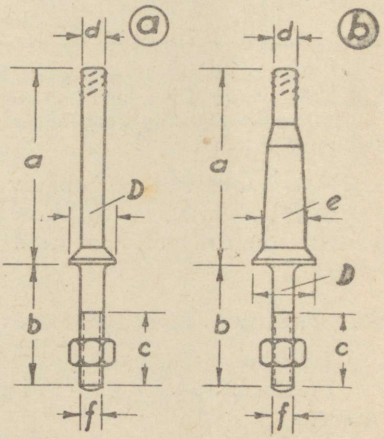
Joon. 44. V-traverss kõrgepinge-liinis.

Maksimaalne lubatud tõmbejõud P liini suunas 45 kg. 200 kg juures paindub välja masti juures.

2) Joon. 43-a. Ristumis- ja kandetraverss, U-rauast NP 6,5, juhtmeile kuni 70 mm². Maksimaalne lubatud tõmbejõud P liini suunas 140 kg. 620 kg juures keerdub keermekujuliseks.

3) Joon. 43-b. Lõputraverss U-rauast NP 6,5. Tugevus oleneb peamiselt isolaatoripoldi läbimõõdust flantsi kohal. Lubatud maksimaalne tõmbejõud 25-mm läbimõõdu juures on 200 kg, 30-mm juures 350 kg.

4) Joon. 44. V-kujuline kandetraverss nurkrauast 55 × 8 mm, pingetele kuni



Joon. 45. Isolaatoripoldid.

15 kV, juhtmeile kuni 16 mm². Maksimaalne lubatud tõmbejõud liini suunas 85 kg, 390 kg juures keerdub kõveraks.

5) Joon. 44. V-kujuline kande- ja lõputraverss U-rauast NP 6,5. Maksimaalne lubatud tõmbejõud liini suunas 140 kg, keerdub 630 kg juures.

Isolaatorite kinnitamiseks traversside külge kasutatakse isolaatoripolte (tugivardaid). Poltide ehitus on näidatud joon. 45. Tavaliselt kasutatavate poltide mõõdud on toodud tabelis 29.

Isolaatorite kinnitamist poltide otsa teostatakse samuti nagu konksudele.

Tabel 29.

Isolaatoripoldid isolaatoreile kuni 35 kV, OCT 5093 järgi (joon. 45-b).

Isolaatori tüüp	Konksu tüüp	Mõõdud							Lubatav koormus P kg
		a mm	b[2] mm	c mm	d mm	D mm	e mm	f tolli	
ТФ-2	ШН-17[1]	125	60	55	16	30	22	5/8	130
ТФ-1	ШН-18[1]	130	100	50	16	38	30	3/4	280
Ш-6	ШН-21	130	105	65	20	38	27	3/4	200
Ш-10	ШН-22	130	105	65	20	42	31	7/8	320
Ш-20	ШН-26	210	135	85	25	50	34	1	260
Ш-35	ШН-37	315	150	85	37	50	37	1	240
	ШН-38	315	170	90	37	65	48	1 1/2	500
	ШН-40	315	180	100	37	70	56	1 1/2	800

[1] Konksud ШН-17 ja ШН-18 peavad omama kõrgust vähemalt 235 mm, kui isolaatoreid ТФ-1 ja ТФ-2 kasutatakse kõrgepinge-seadiseis.

[2] Poldi vahenditult traversile kinnitamise korral suurendatakse mõõt b kuni 250 mm.

P — maksimaalne lubatav tõmbejõud horisontaalsuunas.

Poldi alumise osa pikkus b on sõltuv traversi kujust ja ehitusest. Soovitav on traversid enne kohalemonteerimist üle värvida.

86. Juhtmete kaugused omavahel ja kandekonstruktsioonidest.

Juhtmete kaugused peavad olema:

1) Madalpinge-liinidel, isoleeritud või paljasjuhtmetega:

a) Juhtmete omavaheline minimaalne kaugus (mõõt b joon. 40-a, d) . . . . . 45 cm.

b) Juhtmete ja kandekonstruktsioonide vaheline minimaalne õhuvahe . . . . . 5 cm.

2) Kõrgepinge-liinidel:

a) Juhtmete omavaheline minimaalne kaugus:
vasel, pronksil ja raual

$$b = 0{,}75\sqrt{f} + (U : 150),$$

alumiiniumil ja alumiiniumi sulameil

$$b = \sqrt{f} + (U : 150),$$

kus b — vahemaa (m),
f — suurim ripe (m),
U — pinge (kV).

b) Juhtmete ja kandekonstruktsioonide vaheline minimaalne õhuvahe on 0,7 cm iga 1 kV kohta, kuid vähemalt 15 cm.

D. JUHTMED JA JUHTMETE MONTAAŽ.

87. Juhtmematerjal.

Õhuliini-juhtmetena kasutatakse p. 2 . . . 10 käsiteldud materjale. Õhuliinid ehitatakse harilikult paljasjuhtmeist, isoleeritud juhtmeid kasutatakse ainult erijuhtumil ja ainult madalpinge-liinides. Kõrgepinge-liinides on isoleeritud juhtmed keelatud (välja arvatud kaablid).

Õhuliini-juhtmete lubatavad minimaal-põikpinnad:

1) Asustatud ja asustamata kohtades, massiiv- või köisjuhe:

	Liinides		
	kuni 1 kV	3 . . . 10 kV	20 . . . 35 kV
a) vask ja pronks, mm²	6 (10)	10	16 (10)
b) alumiinium, mm²	16 (25)	16 (25)	25
c) raud (teras), mm²	10 (12)	10 (12)	16 (12)

2) Kõrgepinge-õhuliinide juhtmed ristmeväljades I klassi maanteede, raud- ja veeteede, elektriliinide ja üksikute hoonete ristamisel peavad olema köisjuhtmed põikpinnaga vähemalt:

a) alumiinium ja alumiiniumi sulamid . . . . 25(35) mm²,
b) vask-, pronks- ja raudjuhtmed . . . . . 16 mm².

3) Sideliinide ja raudteede ristumisel on kehtiv p. 97 ja 98 öeldu.

Massiiv- (traat-) juhtmete maksimaalne lubatav põikpind on:

a) vasel ja pronksil . . . . . 16 mm^2,
b) raual . . . . . 25 „

Sulgudes olevad arvud VDE normide järgi.

Alumiiniumist massiivjuhtmed pole lubatavad.

Köisjuhtmeil on maksimaalne põikpind piiramata, kuid tavaliselt õhuliinides juhtmeid põikpinnaga üle 150 mm^2 ei kasutata. Suuremate voolude korral asetatakse mitu juhet paralleelselt või, mis tavaliselt on ratsionaalsem, valitakse kõrgem ülekande pinge.

88. Juhtmete lahtivedu.

Lühemad ja peenemad juhtmed saadetakse kohale ringikujulistes kerades, pikemad puittrumlitel.

Suurte trumlite peale- ja mahalaadimine vankrilt või vagunist toimub kraanaga või veeretamisega mööda kallakpinda. Erijuhtumil võib trumli maha laadida ka kukutamisega pehmele liivale või õlehunnikule.

Juhtmete lahtivedamine võib toimuda kas paigalseisva või transporditava trumliga. Esimene moodus on rohkem levinud.

a) Juhtmete lahtivedu paigalseisva trumliga.

Trummel või kera asetseb ühe pingutusmasti juures. Koha peal pöörlevast trumlist mahakeritud juhe veetakse piki liini kuni teise pingutusmastini.

Lahtikerimiseks asetatakse kera vastavale hasplile (joon. 46), trummel läbipistetud võlli abil kahele pukile (joon. 47). Tõstmine toimub raskemail trumleil tungrauaga.

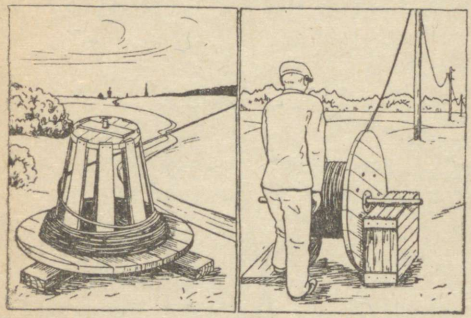
Haspli puudumisel võib selle moodustada kahest ristilöödud lauast, küliti asetatud käru rattast jne.

Trumli pukkide asemel võib kasutada ka maasse kaevatud auku.

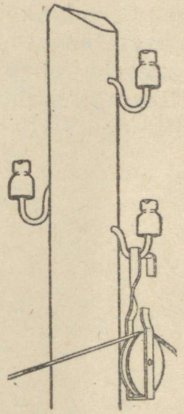
Et pöörlemishoosse sattunud trumlilt rohkem juhet lahti ei keriks kui vaja, varustatakse trummel piduriga, selleks kasutatakse trumli alla pistetud lauatükki.

Lühemail liinidel, kuni paarisaja meetrini, võib traadikera lahti kerida käelt, kera käes ümber telje ringi pöörates, või kee-

rud kera pealt maha tõmmates, keral vaheldumisi ühte ja teist külge ette pöörates. Juhtme lahtikerimine paigalseisvast kerast keerdude mahatõmbamisega pole lubatav, sest sel juhul tekivad juhtmesse silmused ja aasad ning juhe võib kergesti murduda (joon. 100).



Joon. 46 ja 47. Juhtme lahtiharutamine hasplil ja trumlil.



Joon. 48. Juhtmete lahtivedamine juhtrullidel.

Lahtivedamine toimub väiksemate juhtmete ja kauguste korral inimjõuga, suuremail liinidel hobuste või traktoritega.

Lahti vedada võib mööda maad lohistades, kusjuures kohtades, kus võib karta juhtmete vigastamist (terav kivisillutis jts.), tuleb asetada juhtme alla puuhalge, õlgi vms. Soovitav on juhtmete laialivedamiseks kasutada joon. 48 näidatud juhtrulle. Alumiiniumjuhtmete laialivedu maas lohistades pole lubatav.

b) Juhtme lahtivedamine transporditava trumliga.

Trummel asetatakse võllile, mille mõlemal otsal on rattad; sellise kaarikuga veetakse trummel, juhet maha kerides, ühest pingutusmastist teiseni. Kasutatav sileda maapinna puhul.

Maas lahti veetud juhe tõstetakse konksudele, millele järgneb juhtme väljareguleerimine ja kinnitamine isolaatorite külge.

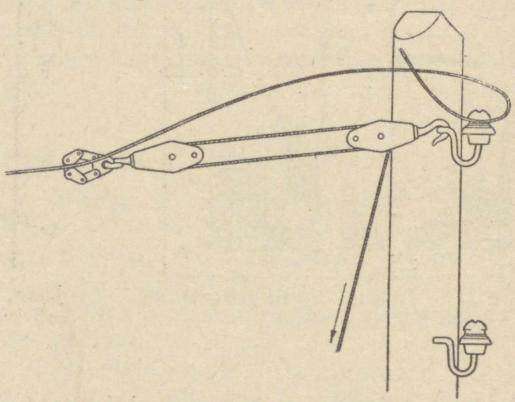
Juhtmerullidel lahti veetud juhtmed pingutatakse ja reguleeritakse viimastel ja seotakse siis isolaatorile.

89. Juhtmete pingutamine ja reguleerimine.

Juhtmete väljavedamine ja reguleerimine toimub rippisolaatoreil eranditult ja tugi-isolaatoreil lühemate liinide korral ühest pingutus- (lõpp-) mastist teiseni.

Lahtiveetud ja mastile tõstetud juhtme ühte otsa tehakse lõppside, teisest otsast pingutades antakse juhtmele paras ripe, misjärel tehakse lõppside ka teise otsa ja asutakse juhtmete sidumisele vahepealsetel isolaatoritel.

Korraga saab välja reguleerida juhtrullidel 15—25 visangut, konksudel 5—10 visangut.



Joon. 49. Juhtmete pingutamine.

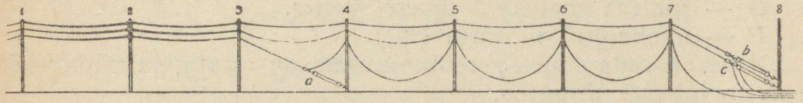
Juhtmete pingutamiseks (plokkimiseks) kasutatakse tavaliselt plokke, mille üks ots kinnitatakse isolaatorikonksu külge, teises otsas asetseb juhet kinnihoidev pingutusklemm (vt. joon. 49); pärast paraja rippe saavutamist seotakse juhtme vaba ots lõppsidemena isolaatorile ja vabastatakse seejärel plokid.

Tavaliselt asetsevad plokid mastis, plokinööri pingutamine toimub maast, harvem kasutatakse pingutamiseks ka viisi, kus plokid asetsevad maas.

Pikemate liinide ja jämedamate juhtmete korral kasutatakse pingutamiseks maas asetsevat vintsi, kusjuures klemmi külge kinnitatud tõmbetross juhitakse mastis üle juhtratta.

Pikemail liinidel tugi-isolaatoritega toimub plokkimine osade kaupa 4...8 visangut korraga, olenevalt meeste arvust (arvestada tuleb igasse masti 1 mees siduma ja 1...2 plokkijat).

Töökäik on näidatud joonisel 50. Üksikute osade pingutusmastidena kasutatakse tööajal ajutiselt tavalisi kandemaste, kusjuures juhtmete kinnitamine isolaatoritele toimub samuti tavalise läbijooksva juhtme- (rist-) sidemega. Mastide viltuvajumise vältimiseks plokkimise ajal kasutatakse üksikuid faasijuhtmeid vaheldumisi tõmmitsatena.



Joon. 50. Juhtmete pingutamine pikemail liinidel.

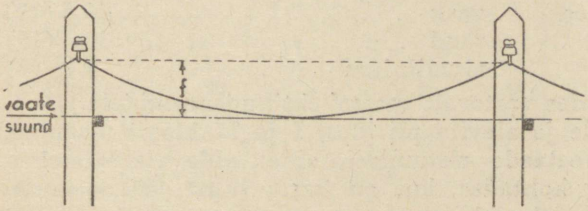
Plokke on vaja neli. Plokkimine toimub tavaliselt maas.

Juhtmete reguleerimisel tuleb hoolitseda, et pingutused (s. o. võrdsete visangute juures ka ripped) oleksid kõigis visanguis võrdsed. Pingete ühtlustamiseks võib kasutada juhtmeis käelöögiga alt üles tekitatud lainelisi võnkeid.

Juhtme kinnihoidmiseks kasutatakse peenemail vask- ja raudjuhtmeil peamiselt nn. konnklemme (joon. 59—6). Alumiinium- ja jämedamail (üle 50 mm^2) vaskjuhtmeil pole tavalised konnad soovitatavad, sest nad võivad juhet muljumisega vigastada; sellisel korral kasutatakse kruvide abil kokkutõmmatavaid plaatklemme (joon. 59—8), kiilklemme (joon. 59—7) või konnklemme paralleelselt liikuvate hoidpakkidega.

90. Juhtmete ripped.

Juhtmete rippeks nimetatakse juhtme kinnituspunktide vahelise sirgjoone ja juhtme madalaima punkti vahelist vertikaalset vahemaad (joon. 51).



Joon. 51. Rippe määramine juhtmete pingutamisel.

Juhtme pingutus (tõmbejõud juhtmes) ja ripe on üksteisest sõltuvad, viimane on määratud valemiga:

$$f = \frac{a \cdot a \cdot G}{8 \cdot P},$$

kus f — ripe (m),
a — visang (mastide vahemaa) (m),
G — juhtme kaal kg 1 meetri kohta,
P — tõmbejõud juhtmes (kg).

Ripe on seda suurem, mida suurem on visang ja mida väiksem on juhtme pingutus.

Ripe ei ole püsiv suurus: teda mõjutavad temperatuur ja lisakoormus. Temperatuuri tõusmisel juhtmed pikenevad, mistõttu f suureneb ja P väheneb ning ümberpöördult. Lisakoormuse mõjul (jää jne.) suureneb juhtme kaal G, mistõttu juhtmed venivad pikemaks, suurenevad f ja P; lisakoormuse äralangemisel P väheneb, juhtmed tõmbuvad uuesti kokku, mistõttu väheneb ka f endise suuruseni.

Ülemäära pingule tõmmatud juhtmed võivad katkeda, liiga lõdvalt pingutatud juhtmed vajavad kõrgeid maste, sest nad õõtsuvad tuule käes rohkem ja võivad, kui juhtmete vahemaad on väikesed, kergesti kokku lüüa, tekitades lühist.

Juhtmete ripped tuleb monteerimise ajal valida selliselt, et oleks välditud: ühelt poolt ülemäärane pingutus ja katkemise oht talvel suurima külmaga või suurima oodatava lisakoormusega; teiselt poolt, et juhtmed jääksid veel p. 69 ja 86 märgitud nõutavasse kaugusse maast ja teistest esemetest.

Temperatuuri piiridena võetakse Eestis arvesse —40° ja +40° C.

Maksimaalne lubatav pingutus kilogrammides 1 mm² kohta ($P : q$) on:

massiivjuhtmed:	vask	14,8 (12)	kg/mm²
	raud	17,6 (12)	„
köisjuhtmed:	vask	19,5 (19)	„
	raud	30 (19)	„
	alumiinium	8 (8)	„

(Sulgudes vastavalt varemkehtinud normidele.)

Linnade ja alevite piirides, I ja II klassi maanteede, raudteede ja veeteede ristumisel, sideliinide ristumisel madalpingega ning kohtades, kus on karta suurt jääkoormust (soodes, veekogude lähedal jne.), on soovitav võtta ülaltähendatud määradest ainult 75%.

Sideliinide ristumisel kõrgepingega tuleb ülaltähendatud määradest võtta ainult 50%.

Vajalikud ripete ligikaudsed suurused on antud tabeleis 30 ja 31.

Tabel 30.

Ripped vask- ja raudjuhtmeil.

T C°	−10°		±0°		+10°		+20°		+30°	
a m	*f* cm	*P* kg	*f* cm	*P* kg	*f* cm	*P* kg	*f* cm	*P* kg	*f* cm	*P* kg
	Massiivjuhe 10 mm²									
20	4	98	6	78	9	56	12	40	18	29
40	52	36	61	30	69	27	76	24	81	23
60	152	26	160	25	165	23	172	23	180	22
80	307	23	312	23	320	22	325	22	331	21
	Massiivjuhe 16 mm²									
20	3	158	5	124	9	90	11	64	16	57
40	29	113	33	91	41	72	49	61	58	53
60	92	71	102	64	110	58	119	54	127	51
80	197	59	205	57	213	54	222	52	232	50
	Tross 16 mm²									
20	2	221	2	186	4	151	6	117	9	95
40	12	209	17	174	20	142	26	115	32	94
60	48	141	56	118	63	100	72	85	82	77
80	120	98	130	89	140	82	152	75	162	70
100	214	83	227	78	240	75	251	70	260	67
120	350	75	361	72	374	70	384	67	395	66
	Tross 25 mm²									
40	12	350	15	295	18	245	22	200	29	158
60	33	302	38	253	46	213	55	180	65	155
80	79	226	89	196	101	173	115	155	128	140
100	150	188	166	169	180	151	200	142	220	135
120	250	166	262	155	272	145	286	140	300	132
	Vasktross 25 mm² sideliinide ristumisel									
20	8	—	11	—	15	—	20	—	25	—
40	56	—	63	—	70	—	82	—	87	—
60	141	—	148	—	155	—	162	—	169	—

Rippe 35 ja 50 mm² trossil võib võtta sama mis 25 mm²-lisel või veidi väiksema.

T — õhutemperatuur monteerimise ajal,

a — visang m,

f — juhtmete ripe cm,

P — tõmbejõud juhtmes kg.

Ülaltoodud tabelis on võetud: maksimaalseks pingutuseks massiivtraadil 12 kg/mm², vasktrossil 16 kg/mm², vasktrossil sideliinide ristumisel 8 kg/mm². Lisakoormus on võetud — 200 $\sqrt{d}$ g/jooksvale meetrile, kusjuures d on juhtme läbimõõt mm.

Tabel 31.

Ripped alumiiniumjuhtmeil.

q mm²	a m	−10°	±0°	+10°	+20°	+30°
25	40	34	46	57	67	76
	50	79	90	101	111	120
	60	134	145	155	164	173
35	40	19	28	40	51	62
	50	48	161	74	86	97
	60	91	05	117	129	140
50	40	14	19	28	40	51
	50	29	40	53	67	79
	60	56	71	86	101	114

Alumiiniumtrossi maksimaalse pingutusena on võetud 5,5 kg/mm². Rippe suuruse määramine juhtmete pingutamisel on näidatud joon. 51; vajalik rippe suurus märgitakse mastidele (mõõtes juhtme kandepunktist, näit. juhtrattast) ja veetakse juhe niivõrd pingule, et juhtme madalaim punkt ja mastidele tehtud märgid asetseksid ühel sirgjoonel.

Mitme juhtme korral kontrollitakse selliselt ainult ülemist juhet, kuna teised pingutatakse esimese juhtme järgi, toimingut silmaga maast jälgides.

Kui ühisele mastile asetatakse mitmesuguse jämedusega juhtmed, antakse neile kõigile ühesugune ripe, valides selle vastavalt peenimale juhtmele.

Rippe kindlaksmääramisel võib otsese mõõtmise asemel kasutada ka võnkemeetodit: traat pannakse õõtsuma, loetakse ära poolvõngete arv minuti kestel ja määratakse ripe valemiga

$$f = (669 : n)^2,$$

kus f — ripe cm-tes ja n — poolvõngete arv minuti kestel.

Tabelis 32 on antud rippe suuruse ja poolvõngete arvu vahekord.

Tabel 32.

Juhtme poolvõngete arv minutis (n), olenevalt juhtme rippest cm-tes (f).

n	f cm	n	f cm	n	f cm	n	f cm
150	20	110	37	73	84	54	153
145	21	105	41	70	91	53	159
140	23	100	45	67	100	52	165
135	25	95	50	65	106	51	172
130	27	90	55	62	116	50	178
125	29	85	62	60	124	49	186
120	31	80	70	58	133	48	190
115	34	76	77	56	143	47	202

91. Juhtmete visang.

Mida suurem valida mastide vahemaa — visang, seda väiksem tuleb mastide ja isolaatorite üldarv, kuid seda suurem tuleb valida ripe ja viimasest tingituna juhtmete vahemaa ning mastide kõrgus.

Traatjuhtmete maksimaalseks visangu piiriks on 80 m. Köisjuhtmeil on visang piiramata, kuid ta tuleb valida selliselt, et juhtme pingutus ning kaugus maast (vt. p. 90) jääksid lubatavaisse piiridesse.

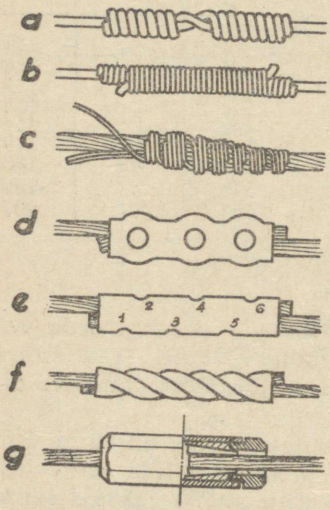
Kuna jämedamad juhtmed taluvad suhteliselt suuremat lisakoormust, võib neil visangud võtta tunduvalt suuremad. Visangu valikut mõjutab ka pinge: mida kõrgem on pinge, seda suuremad ja kallimad on isolaatorid ning seda suuremate visangute ning kõrgemate mastidega ehitatakse liin.

Puitmastidel oleneb visang veel mastile asetatud juhtmete põikpindade summast (s. o. juhtmete arvust ja jämedusest): on see väga suur, tuleb visang masti ülepingutuse vältimiseks võtta lühem.

Tavaline madalpinge-liinide visang asulate piirides on 40...50 m. Kõrgepinge-liinide visang puit-kandemastidel on 50...100 m, A-mastidel kuni 100, portaalmastidel kuni 160 m. Raudmastidel on nominaalvisangud: 60 kV — 200 m, 110 kV — 300 m, 220 kV — 500 m. Jõgede, orgude jts. ristumisel on praktikas mindud kuni 1600 m-ni.

92. Juhtmete jätkamine.

Juhtmete jätkukoht peab olema mehaaniliselt tugev ja andma hea elektrilise ühenduse. Peamiselt tarvitatavad ühendusviisid on näidatud joon. 52.



Joon. 52. Juhtmete jätkamine.

a) K e e r d j ä t k. Juhtmete otsad keeratakse tangide abil üksteise ümber kokku. Kasutatav ainult traat- (massiiv-) juhtmete juures. Paremused — odav ja lihtne. Puudused — suurte voolude korral ülemineku takistus, mis on suhteliselt suur, eriti raudliinide korral, võib põhjustada valgustuse vilkumist.

Tugevus 50...60% traadi tugevusest. Kasutatakse laialdaselt, kuid ainult väiksema tähtsusega madalpinge-liinides.

b) B r i t i j ä t k. Kasutatav peamiselt raudtraadi juures. Ühendatavate traatide otsad asetatakse vaheliti, mähitakse peene traadiga ning joodetakse tinaga. Annab elektriliselt hea ning mehaaniliselt tugeva kontakti, kuid on tülikas valmistada.

c) M ä h i s j ä t k. Kasutatav ainult köisjuhtme juures. Juhtme otsad asetatakse vaheliti, harutatakse ühel otsal üks kiud poole jätku pikkuselt lahti ning mähitakse mõlema juhtme ümber. Seejärel harutatakse ja mähitakse järgmised kiud järkjärgult niisamuti kuni viimaseni. Sedasama korratakse teise köisjuhtme otsaga. Jätku tugevus 90...95% juhtme tugevusest. Tugevuse suurendamiseks võib jätkatavail köisjuhtmeil

kõik kiud poole jätku pikkuselt korraga lahti harutada, laiali painutada, üksteise vahelt läbi pista (analoogiliselt ristipandud käte sõrmedele), laialipainutatud kiud pikuti vastu teist trossi kokku suruda ja seejärel ülaltoodud viisil kiudhaaval üle mähkida. Jätku tugevus on 95...100%.

d) Hofmann- (polt-, neet-) klemm. Jätkatavate juhtmete otsad pistetakse juhtmete jämedusele vastavast, ovaalse ristlõikega ja külgedel aukudega varustatud hülsist läbi. Aukudesse löödava koonilise torni abil surutakse juhtmed hülsis üksteisest eemale, asetatakse aukudesse needid ja needitakse nad siis kokku. Neetide arv traatjuhtme klemmil on 2, köisjuhtme klemmil 3. Neetide asemel kasutatakse ka kruvipolte. Viimaste paremuseks on lahtivõtmise võimalus, puuduseks on kallim hind ja veidi nõrgem side.

Ühendamine toimub joon. 59—14 näidatud väikese alasi ja torni abil

Hofmann-klemme valmistatakse ka kahest tükist koosnevaina. Viimaseid kasutatakse peamiselt abilookade, hargnevate juhtmete jne. külgeühendamiseks (vt. p. 93—3) läbijooksvaile juhtmeile. Kahest poolest koosneva klemmi kokkusurumiseks needi või poldi kohaleasetamisel kasutatakse joon. 59—15 näidatud kruustange.

Hofmann-klemmid on kasutatavad traat- ja köisjuhtmete juures. Neid valmistatakse tinutatud vasest, alumiiniumist, tsingitud rauast jne. p. 1 toodud standard-põikpindadele ja peale selle 7, 12, 20 ja 28 mm^2 raudtraadile.

Hofmann-klemmi paremuseks on kerged ja lihtsad tööriistad, puuduseks on juhtme vigastamise võimalus torni sisselöömisel. Selle vältimiseks kasutatakse (eriti alumiiniumi korral) juhtmete vahele asetatud plekiribasid. Tugevus on 80...95% juhtme tugevusest.

Jämedamate (üle 35...50 mm^2) juhtmete korral asetatakse kaks klemmi järjestikku.

e) Mõlkklemm (kerbklemm). Ovaalse ristlõikega ja juhtme jämedusele vastavast hülsist pistetakse läbi juhtme otsad, misjärel hülsi külgedesse surutakse eriliste tangide või spindelpressi abil (joon. 59—13) mõlgid. Mõlkide järjekord on näidatud joon. 52-e ja nad peavad olema pressitud küllaldase sügavuseni, mille kontrollimiseks kasutatakse hambulisi plekkšabloone.

Äärmised mõlgid (1 ja 6) peavad pressima tõmbevabale juhtme otsale.

Mõlkklemm annab väga tugeva (tugevus 95...100%) ja elektriliselt hea ühenduse. Kasutatakse traat- ja köisjuhtmete juures. Valmistatakse vasest, alumiiniumist, aldreist, rauast jne. Jämedamate (üle 50 mm^2) juhtmete korral asetatakse kaks klemmi järjestikku.

f) Spiraalklemm. Ovaalse ristlõikega hülsist pistetakse läbi juhtme otsad, misjärel hülss erilise abinõu (nn. klupi) abil spiraaliks keeratakse.

Kasutatakse peamiselt traat-, väiksemal määral ka köisjuhtmete juures.

g) Koonusklemm. Juhtme otsi hoiavad kinni jämedaseinalises torus asetsevad koonilised kiilud, nn. klemmkoonused.

Paremused: suur tugevus (98...100%), kerge ning kiire käsitsemine, juhtmete teljed asetsevad ühel sirgjoonel. Puuduseks on kallim hind.

Vask- ja alumiiniumjuhtmete jätkamine jootmise või keevitamisega pole lubatav: kuumutamisel muutub metall jätku kohal pehmeks, mistõttu tõmbetugevus tunduvalt langeb (vt. p. 3).

Juhtmete jätkamiseks kasutatavad klemmid peavad olema samast materjalist, millest on ühendatav juhe; erinevate materjalide puhul (näit. vask ja raud või alumiinium) tekib õhuniiskuse mõjul elektrolüütiline sööbimine.

Rohkem kui kahe jätku asetamine ühte visangusse ei ole soovitav (maksimaalselt 3).

93. Juhtmete sidumine isolaatoreile.

1) Lõppside tugi-isolaatoreil. Juhtmete otsad (lõpp-, pingutus- jts. mastis) kinnitatakse isolaatoreile nn. lõppsidemega. Lõppsideme kinnitusviisid on üldjoontes analoogilised joon. 52 toodud jätkamisviisidele.

Mõningad tarvitatavamad viisid on näidatud joon. 53.

a) Sidumine keerdsidemega — kasutatav ainult traatjuhtme juures.

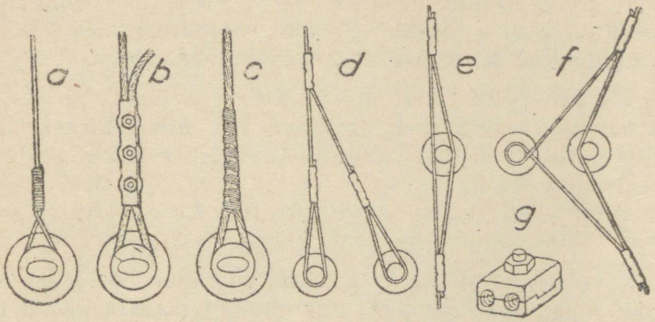
b) Sidumine hofmann-, mõlk- või spiraalklemmiga — kasutatav traat- ja köisjuhtmeil.

c) Sidumine mähissidemega — kasutatav ainult köisjuhtmeil. Ehitus analoogiline p. 92 kirjeldatud mähisjätkule.

Kõrgepinge-õhuliini lõppmastil tehakse side kahel tugi-isolaatoril (joon 53-d). Kaht tugi-isolaatorit kasutatakse mõnikord ka madalpinge magistraalliinide lõppmastidel.

2) Side kandemastide tugi-isolaatoreil.

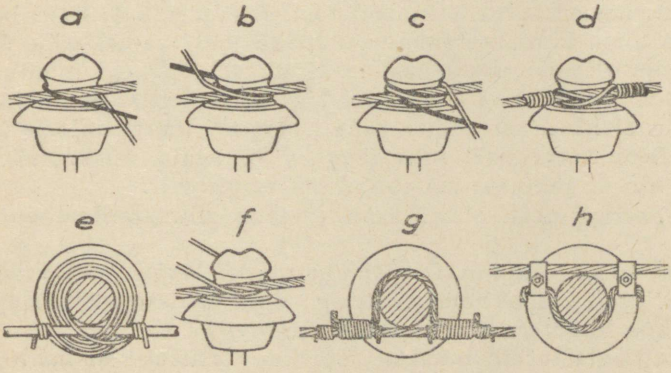
a) Ristside. Juhtmete kinnitamiseks kandemastide tugi-isolaatoreile kasutatakse rõhuvas enamuses nn. ristsidet, kus juhe seotakse isolaatorikaela mastipoolsele küljele pehme põletatud



Joon. 53. Lõppsidemed.

sidumistraadiga. Sideme teostamine on näidatud joon. 54-a ... d ning side lahtitõmmatult joon. 54-e. Sidumistraat mähitakse kolmes keerus ümber isolaatorikaela nii, et juhtme peale jääb sidetraadist neljakordne rist, seejärel mähitakse sidumistraadi otsad veel 10 ... 12 korda tihedalt ümber juhtme.

Joon. 54-a ... d on üks juhtmeots märgitud mustana, teine valgena. Sidumist võib alata ka juhtmepoolsest küljest (joon. 54-f); säärasel juhul tuleb 3 keeru asemel 4.



Joon. 54. Juhtmete sidumine isolaatoreile.

Sidumistraadi ligikaudne jämedus on: 10-mm² juhtmel — 4 mm² (d = 2,26 mm) või 25-mm² köisjuhtme üksikkiud. 16...25-mm² juhtmeil — 6 mm² (d = 2,75 mm) või 35-mm² köisjuhtme üksikkiud või 25-mm² köisjuhtme üksikkiud kahekordselt. 35...70-mm² juhtmeil — 10 mm² (d = 3,55 mm).

Sidumistraadi pikkus oleneb isolaatorikaela ja seotava juhtme jämedusest, määratakse proovisidumisega.

b) Klamberside mähisega (joon. 54-g). Ümber isolaatorikaela asetatakse traadist või köisjuhtmest klamber. Klambri otsad mähitakse sidumistraadist mähise abil tihedalt liini juhtmete külge.

Side on väga tugev ja vastupidav, kuid valmistuselt veidi tülikam. Kasutatakse harvem, peamiselt üle 70 mm² juhtmeil.

c) Klamberside kruviklemmidega. Ehitus nagu eelmisel, kuid klambri ühendamist teostatakse kruviklemmidega. Paremus — kerge juhtme järelreguleerimise võimalus. Kasutatakse peamiselt alumiiniumjuhtmete juures.

3) Kahekordne kinnitus.

Kõrgepinge-liinide nurkmastidel (kui nurk on väiksem kui 120°), teedega või teiste liinijuhtmetega ristumisväljade mastidel ning linnade ja alevite piirides asetsevatel mastidel kinnitatakse iga juhe kahele isolaatorile abilooga abil (joon. 53-f). Sellega välditakse juhtme allalangemine ühe isolaatori purunemisel.

Abilooga otste ühendamiseks peajuhtme külge kasutatakse ka kahest poolest koosnevaid hofmann-klemme (joon. 53-g), millede juhtmeid kokkusuruv pind on laineline ja sakkidega. Poltklemm on sarnane küüsklemmiga (vt. p. 94), kuid lainelise pinna tõttu kontaktklemmina küüsklemmi asemel vähe kõlblik.

Kõrvalisemais kohtades kinnitatakse juhtmed mõnikord ka ühele tugi-isolaatorile abilooga abil, nagu näitab joon. 53-c.

Sirgel liinil asetatakse juhe isolaatori mastipoolsele küljele, et sideme katkemisel juhe langeks konksule, nurkmastidel aga alati nii, et juhe suruks end vastu isolaatorit.

Sidetraat peab olema samast materjalist, millest on seotav juhe.

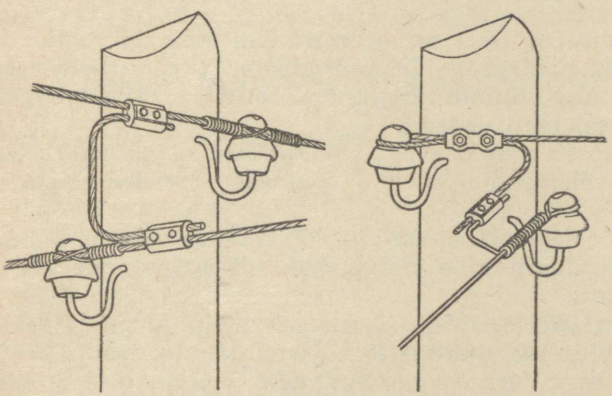
Juhtmete sidumisel võib kasutada tavalisi montöörtange (joon. 114-2), soovitatavamad aga on lamedate mokkadega tangid, kus lõiketerad ja hambad puuduvad.

Kettisolaatoreil tehakse lõppside erilise koonusklemmiga, läbijooksev side kandeklemmiga.

Juhtmete monteerimisel maal tuleb hoolitseda, et traadiotsad ei satuks vilja või heina sisse, sest nad võivad vigastada niidumasinaid ja heina sisse sattudes ka koduloomi.

94. Juhtmete harunemised.

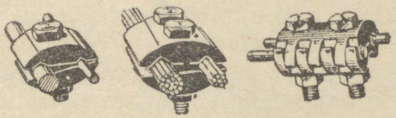
Haruliinide elektriliseks ühendamiseks pealiiniga kasutatakse peamiselt nn. küüsklemme. Joonisel 55 on näitena toodud kaks haruühenduse teostamisviisi ja joon. 56 mõned küüsklemmid.



Joon. 55. Haruühendused.

Küüsklemmid taluvad ainult nõrku tõmbejõude ega ole kõlblikud liini juhtmete jätkamiseks.

Haruühenduste tegemiseks võib kasutada ka jätkamisklemme (vt. p. 92).



Joon. 56. Küüsklemmid.

Haruklemmid peavad olema võimalikult samast metallist, millest on juhtmedki. Erinevate metallide korral võib nende puutepunktis niiskuse mõjul tekkida sööbimine.

Raudjuhtmeil on sööbimine väike ja neid võib erijuhtumil ühendada ka vask- (soovitatav tinutatud) klemmidega. Alumiiniumist õhuliinis seevastu tuleb tingimata kasutada alu-

miiniumist klemme ja üleminekul vasele tarvitada eriklemme (vt. p. 95), millede erinevate metallide puutepunkt on kaitstud niiskuse eest.

Haruühenduse kohad peavad olema tõmbevabad.

Iga haruliini jaoks tuleb masti asetada eraldi isolaatorid, et tarbe korral võimaldada haruliini pingetuks tegemist haruklemmi lahtivõtmisega.

95. Alumiiniumi käsitsemine õhuliinides.

Alumiinium (Al) on pehmem kui vask ja raud. Seetõttu tuleb teda hoolega hoida muljumiste ja vigastuste eest. Õhuliinides tuleb alumiiniumjuhtmed mitte maas lohistades, vaid rullide peal lahti vedada.

Pingutusklemmid (vt. p. 89) peavad olema suurepinnalised, soovitav alumiiniumist või puidust haardeosadega (pakkidega).

Tugi-isolaatorile sidumisel vigastumise vältimiseks on soovitav alumiiniumjuhtme ümber mähkida 10 × 1 mm alumiiniumplekist lint.

Pingestatud õhuliini-juhtmete kokkupuutumisel tekkiv leek võib põhjustada juhtmete vigastumist ja isegi läbipõlemist puutekohas. Vask- ja raudjuhtmete korral on leegi mõju suhteliselt väike, juhtmed jäävad tavaliselt terveks, kuid alumiiniumjuhtmed võivad kokkupuutekohas kergemini läbi sulada. Silmas pidades seda ja arvesse võttes, et suhteliselt kerged alumiiniumjuhtmed õõtsuvad teistest enam, tuleb alumiiniumjuhtmete vahekaugused võtta suuremad.

Alumiiniumi ja vase, tina või rauarooste kokkupuutekohas niiskuse (õhuniiskus, udu, vihm) juuresolekul tekib korrosioon, s. t. kokkupuutekoht korrodeerub (hävib) tekkiva elektrolüüsi toimel. Eriti ilmneb see alumiiniumi ja vase kokkupuutel. Seepärast tuleb alumiiniumi ja teiste metallide otsest kokkupuudet vältida.

Alumiinium- ja vaskjuhtmete kokkuühendamiseks kasutatakse erilisi, nn. kupaalklemme (vt. p. 165), millede alumiinium- ja vaskpoolte kokkupuutekoht on niiskusekindlalt suletud. Võib kasutada ka tavalisi klemme, kuid need tuleb pärast ühenduse teostamist hoolega üle lakkida niiskuskindla lakiga. Ühenduskohad peavad jääma alati tõmbevabaks (joon. 55 paremal).

Korrodeerumise vältimiseks tuleb ühtlasi hoolitseda, et vihmavesi ei voolaks või tilguks vaskjuhtmeilt alumiiniumjuhtmeile; selleks asetada viimased vaskjuhtmeist ülespoole.

Tööriistu (tangid jne.), mida on kasutatud vase juures ja mis sisaldavad vasekübemeid, ei ole soovitav alumiiniumi juures kasutada.

Juhtmete jätkamiseks tuleb kasutada klemme, mis omavad suurt kontaktsurvet (vt. p. 165). Kohasemad selleks on alumiiniumist mõlkklemmid (ka teras-alumiiniumi juures).

Juhtmete otsad tuleb enne klemmi asetamist õlise (näit. vaseliinise) terasharjaga puhastada ja kergelt sisse õlitada.

E. KÕRGENDATUD NÕUDEID ELEKTRILIINIDE KOHTA.

96. Liinid linnade ja alevite piirides.

1) Liinid üldiselt. a) Juhtmete kaugused maapinnast ja hoonetest vastavalt p. 69. b) Mastid on soovitav võtta jämedamad (vt. p. 71) ja juhtmete pingutus väiksem (vt. p. 90).

2) Madalpinge-liinid. Liinide eriline täiendav kindlustamine pole vajalik.

3) Kõrgepinge-liinid. Juhtmete minimaalne lubatav põikpind on suurem (vt. p. 87). Juhtmed siduda kahele tugiisolaatorile (vt. p. 81 ja 93-3).

97. Sideliinide ristumine tugevvoolu-liinidega.

Tugevvoolu- (madal- ja kõrgepinge-) ning side- (telegraafi- ja telefoni-) liinide ristumine võib toimuda õhuliiniga või maaaluse kaabliga. Esimesel juhul viiakse juhtmed üksteisest üle võimalikult täisnurkselt ning tugevvoolu-juhtmed asetatakse võimalikult ülespoole sideliine. Eriti on see maksev kõrgepinge-liinide kohta.

Sideliini kaitseks on kaks võimalust: 1) tugevvoolu-liin asetatakse ülespoole sideliine ja ehitatakse tugevamalt ja katkemiskindlamalt; 2) mõlemate liinide vahele asetatakse kaitsevõrk või kaitsetraadid; viimane viis on vähem soovitatav. Kaitseseadmete ehituskulu kannab see, kelle liin hiljem ehitatakse.

Ristumise kohta kehtivad järgmised nõuded:

1) Kande-esemed (mastid, tõmmitsad jne.) peavad sidevõrkude õhuliinidest eemal asetsema: horisontaalselt — vähemalt 1,25 m, vertikaalselt — vähemalt 1,25 m ja sidevõrgu

maakaableist — 0,8 m. Ristumine tuleb teostada võimalikult täisnurga all.

2) Ristumine madalpinge-õhuliiniga.

a) Tugevvoolu-liin asetseb ülalpool sideliini. Mastideks võivad olla lihtpuitmastid, kuid küllaldase tugevusega. Visangu pikkuseks võib olla kuni 40 m. Juhtmed peavad olema jätkudeta, kinnitatud vastupidavalt kahele või ühele mehaaniliselt tugevamale isolaatorile. Juhtmeiks võivad olla traat- või köisjuhtmed paljasjuhtmena või isoleeritult. Viimast kasutatakse peamiselt majaühendustes. Ripped valida vastavalt p. 90. Side- ja tugevvoolu-juhtmete vertikaalne vahekaugus peab olema vähemalt 1,25 m. Kaitseks võib kasutada ka rennikujulist maandatud kaitsevõrku tugevvoolu-juhtmete all; võrk peab piirama juhtmeid vähemalt kolmest küljest, et takistada juhtmete eemalepaiskumist nende katkemisel.

b) Tugevvoolu-liin asetseb allpool sideliini. Tugevvoolu-juhtmeiks võib kasutada isoleeritud juhtmeid või asetada pikuti tugevvoolu-liini peale üks kuni kaks maandatud kaitsetraati. Viimaste aset võib täita ka maandatud nulljuhe. Juhtmete vahekaugus — nagu eespool.

3) Ristumine kõrgepinge-õhuliiniga.

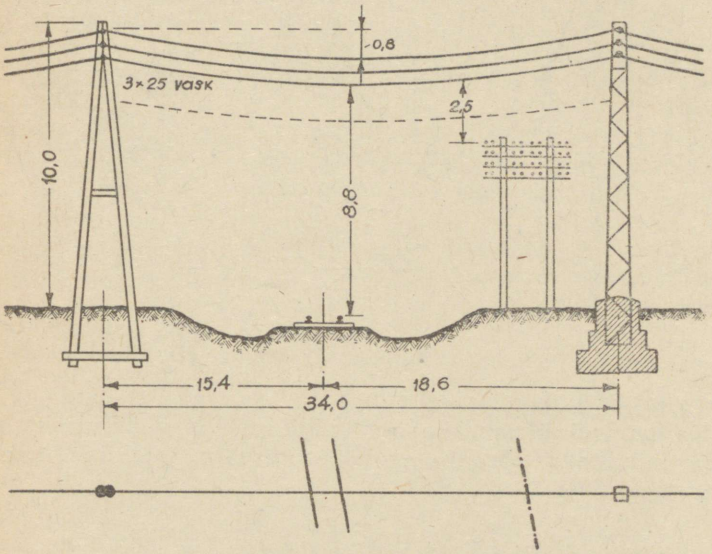
a) Kõrgepinge-liin asetseb ülalpool sideliini. Mastideks võib kasutada rauast, betoonist või puidust A-kujulisi maste. Puitmaste võib kasutada ainult sirgel liinil. Soovitav on puitmastid immutada ja asetada metallist jalale. Visangu pikkus on piiramata. Väikseim juhtmete põikpind visanguil kuni 50 m on: vasel ja raual — 16 mm^2, alumiiniumil — 35 mm^2; visanguil üle 50 m vastavalt 25 ja 50 mm^2. Traat- (massiiv-) juhtmed ei ole lubatud. Juhtmed peavad olema jätkudeta ja kinnitatud lõppsidemetega kahele isolaatorile. Ripped valida selliselt, et juhtmete pingutus ei tõuseks üle 50% lubatavast maksimumist (vt. p. 90). Side- ja kõrgepinge-liini juhtmete vertikaalne vahekaugus peab olema vähemalt 2 m. Visanguil kuni 35 m võib kasutada ka kaitsevõrku.

b) Kõrgepinge-liini läbiviimine sideliini alt pole soovitatav. Juhul, kui see siiski on möödapääsematu, tuleb kõrgepinge-liin kaitseda pealt kaitsevõrguga.

4) Kaablid. Maa-aluste tugevvoolu-kaablite kaugus sidevõrgu õhuliini osadest peab olema vähemalt 0,7 m. Kaabli asetamisel raudtorusse võib seda vahemaad vähendada kuni 0,25 m. Maa-aluste side- ja tugevvoolu kaablite vahe peab olema vähe-

malt 0,5 m. Väiksema vahemaa juures tuleb kaablite vahele asetada tsementplaatidest või mõnest muust vastavast ainest vahesein.

5) Liinide asetus rööbiti. Asetsevad side- ja tugevvoolu-liinid rööbiti ja on vahemaa alla 10 m, tuleb liinid nii ehitada, et ühe liini ümberkukkumisel või juhtmete katkemisel juhtmed ei satuks teise liini juhtmestikku. Seda võib vältida tugedega, külgvõrkudega jne.

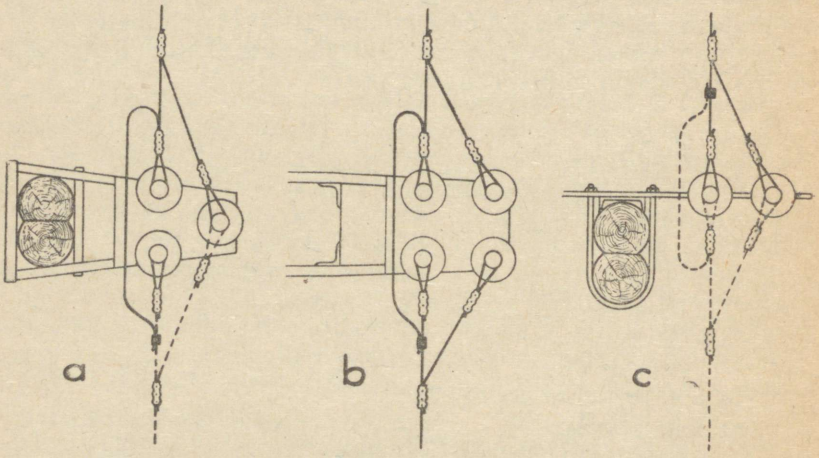


Joon. 57. Näide kõrgepinge- ja sideliini ristumisest.

Pingete juures üle 1,2 kV tuleb pikemate rööbiti liinide juures (üle 1 km) arvesse võtta veel sideliinidesse elektrostaatiliste väljade kaudu ülekantav segav mõju, mille vältimiseks suurendatakse liinide vahekaugust või asetatakse sideliinidesse erilised kaitsmed.

Kõrgepinge-õhuliinide ristumisel tavaliselt kasutatav ehitusviis on näidatud joon. 57. Ristumine teostub kas puidust A-kujuliste (vasakul) või raud- (paremal) mastidega. Harvem kasutatakse ka betoonmaste, kivist trafo-hooneid jne. Pikemate ristmeväljade korral võib kahe pingutusmasti vahele asetada 1...2 kandemasti.

Juhtmete kinnitamiseks kasutatakse 3 või 4 isolaatorit (joon. 58-a, b). Kui juhtmed on peened ja isolaatorikael küllaldase suurusega, võib kasutada ka kahte isolaatorit, asetades mõlemapoolsed lõppsidemed ühele isolaatorile (joon. 58-c).



Joon. 58. Juhtmete kinnitamine ristumisel.

Katkemisel ülespaiskuvate sidejuhtmete püüdmiseks asetatakse mõnikord kõrgepinge-juhtmete alla veel 1...2 kaitsetraati (joonisel 57 punktiiris).

98. Tugevvoolu-liinide ja raudtee ristumine.

Raudtee ristumisel, samuti raudteele kuuluvate side- ja tugevvoolu-liinide ristumisel ja juhtmete või mastide asetamisel raudtee maa-alale on kehtivad p. 97 toodud eeskirjad järgmiste täiendustega:

a) vertikaalne vahemaa raudtee sideliinide ja tugevvooluliini vahel peab olema vähemalt 2 m;

b) kõrgus üle raudteerööpa peab olema vähemalt: laiarööpmelisel raudteel 7,5 m, kitsarööpmelisel 6 m;

c) ristumisel kasutada jätkudeta vaskjuhtmeid põikpinnaga vähemalt 16 mm^2;

d) juhtmete kaugus raudtee-ehitistest peab olema vähemalt 3 m;

e) puitmastid on lubatud ainult visanguteni kuni 40 m;

f) kaabel tuleb asetada rööbastiku alt läbijuhtimisel kivi-, tsement- või raudtorusse, et kaablit saaks vahetamiseks välja tõmmata. Toru ülemine äär peab olema rööpatallast vähemalt 1 m sügavusel.

99. Teede ja elektriliinide ning elektriliinide omavaheline ristumine.

I ja II kl. maanteede või linnatänavate ja elektritugevvooluliinide ristumine teostatakse analoogiliselt sideliinide ristumisele (vt. p. 97), kusjuures ripped tuleb valida selliselt, et juhtmete pingutus ei tõuseks üle 75% lubatavast maksimumist (vt. p. 90).

Juhtmete kõrgus üle maa vastavalt p. 69.

Ristuvate elektriliinide juhtmete vaheline vertikaalne vahemaa peab olema madalpinge-liinidel vähemalt 1,25 m, kõrgepinge-liinil vähemalt 2 m.

Madalpinge-liinide kaitseks võib kasutada kõrgepinge-liini suurendatud kindlustamise asemel ka vähemalt kahte küllaldase mehaanilise tugevusega maandatud traati, mis on asetatud pikuti madalpinge-liini kohale.

F. ÕHULIINI EHITUS JA REMONTTÖÖDE TEOSTAMINE.

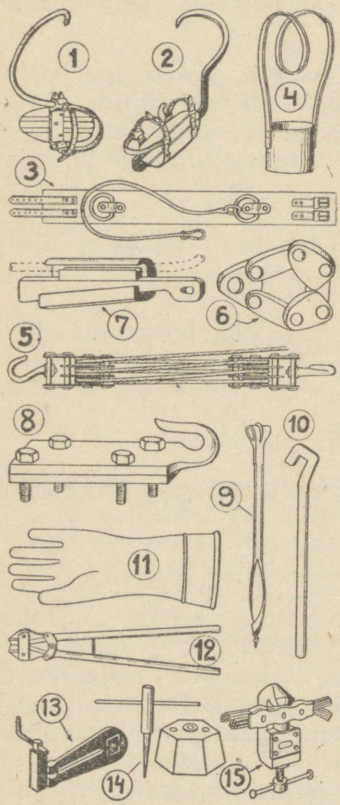
100. Tööriistad.

a) Aukude kaevamiseks ja puitmastide püstitamiseks vajalikud tööriistad: 1) Labidad. 2) Kang (kõva maa puhul). 3) Vasar, 5...8 kg, pehmes paemaas kangile pealelöömiseks (kangi otsa tuleb selle juures iga 50...100 cm paekihi läbiraiumise järel teritada ja karastada). 4) Väga kõvas paes on soovitav kasutada lõhkeainet, milleks augud ette puuritakse 1 m × 1″ (otsast $1\frac{1}{4}$″) kivipuuriga. 5) Ämber või konnpump, vee väljatõstmiseks märja maa puhul. 6) Hargid 3...6 tk. 7) Lood. 8) Kirves. 9) Rebasesaag. 10) Laud 2...3 m pikk.

A-mastide ja tugede ning tõmmitsate korral on veel vajalikud: 11) Palgipuur. 12) Puidupeitel. 13) Mutrivõti. 14) Rauasaag. 15) Ronimisküüned (-rauad) ja -vöö. 16) Montööritangid.

b) Juhtmete montaažiks vajalikud tööriistad: 1) Ronimisküüned: pikemaiks käikudeks kerged („sirbid“, joon. 59-1), suuremaiks töödeks rasked (joon. 59-2).

2) Ronimisvöö (joon. 59-3). 3) Montöörtangid (joon. 114). 4) Tööriistade kott, puldanist. 5) Plokid, nööriga 8 mm (joon. 59-5). 6) Konnklemmid (joon. 59-6) või viimaste asemel kiilklemm (joon. 59-7). 7) Puur (joon. 59-9).



Joon. 59. Tööriistad elektriliini ehitustöödel.

Suuremate tööde juures on veel vajalikud: 8) Abinõud traadi jätkamiseks: mõlkklemmi-tangid (joon. 59-13) või hofmann-klemmi torn, alasi ja pitskruvi (joon. 59-14 ja 15). 9) Tangid juhtmete sidumiseks. 10) Haspel (traadikerale). 11) Võll ja pukid traaditrumlile. 12) Kaablikäärid (joonis 59-12). 13) Isolaatorikonksu võti (joon. 59-10, kantrauast konksule). 14) Termomeeter. 15) Signaalvile või -pasun. 16) Rullrattad, traadi lahtivedamiseks mööda maste. 17) Maanduskett. 18) Kummikindad, töötamiseks pinge all — madalpinge-liinidel; eelistatavad on pehmed voodriga labakindad. 19) Haavasidemed.

Abimaterjalid: sidumistraat ja jätkamisklemmid.

101. Tööde teostamine elektriliinidel.

Tööde teostamine pingestatud madalpinge-liinides alla 250 V on lubatud, kuid ainult hädakorral, kui liini väljalülitamine on seotud raskustega. Ülaltähendatud töid võivad teha ainult kogenud ja ohust teadlikud töölised, kusjuures kohal peab olema vähemalt kaks töölist.

Tööde teostamine pingestatud kõrgepinge-juhtmete või -aparaatide juures on keelatud.

Liinide väljalülitamisel tuleb silmas pidada järgmist:

1) Pingetu seisukord tuleb kindlaks teha enne tööleasumist

pingenäitaja või muu usaldusväärse abinõuga. Tööde teostamisele asumisel ei ole lubatud aluseks võtta ainult varem kokku lepitud välja- ja sisselülitamise kellaaegu.

2) Tööde lõpul võib liini pingestada ainult töökohalt antava korralduse järgi, kusjuures enne korralduse andmist kõik töölised peavad olema mastidelt maas.

Enne tööde teostamisele asumist tuleb juhtmed lühisesse asetada ja maandada.

Väljalülitamise kohtades peavad olema tarvitusele võetud abinõud või tehtud korraldused sisselülitamiste vältimiseks (näit. väljakeeratud kaitsmed, lüliti külge asetatud hoiatussilt jne.).

Toidab kõrgepinge-liin mitut trafo-alajaama, mis on madalpinge poolt ühendatud, tuleb kõrgepinge-liini osade väljalülitamisel silmas pidada, et liin ei saaks pinget madalpinge-võrgu kaudu, ülestransformeerimise teel.

Töötamisel mastis peab töölisel allakukkumise vältimiseks olema vastav ronimisvöö (joon. 59-3), mille külge kinnitatud nöör või kett asetatakse ümber masti või masti osa.

Vanad puitmastid, kui need on liiga pehastunud, võivad pärast viimase isolaatori lahtisidumist ümber kukkuda. Seetõttu peab tööline ümbersidumise ajal asuma kõrvalasetsevas uues mastis, või jälle tuleb mast kindlustada tarbe korral sidemete, harkide või ajutiste tõmmitsatega.

Lõppmastis on soovitav viimane juhe alla lasta ploki abil.

IV. KAABELLIINID.

102. Kaablitest üldiselt.

Kaableid kasutatakse kaabelliinides:

a) õhuliinide asemel kohtades, kus viimaste ehitamine ruumipuudusel (näit. kitsail tänavail), ilu mõttes või tehnilistel kaalutlustel (näit. kõrged ja kallid ristumismastid) on ebasoovitav;

b) siseruumides, jämedamate (üle 10 mm^2) põikpindade korral juhtumil, kui kitsas ruumala või niiske, tolmune jts. õhkkond ei võimalda lahtiselt või torudes asetatud kummisoonjuhtmete kasutamist.

Kaabelliin on tunduvalt kallim kui õhuliin, kuid töökindlam ning vajab vähem remonti.

Normaalselt kasutatavad kaablite liigid on loeteldud p. 24.

Kaabli põikpinna valikul silmas pidada p. 29 ja p. 265 toodud nõudeid.

103. Kaablite käsitsemine.

a) Transport. Pikemad kaablid transporditakse puutrumlitel, lühemad ringikujulistes kerades. Trumlite maha- ja pealelaadimine vankrile toimub taliga või veeretamisega mööda kallakpinda. Erandjuhtumil võib trumlit mahalaadimisel lasta kukkuda ka umbes 50 cm kõrgusesse liivahunnikusse. Lühemat maad võib trumlit edasi veeretada trumlil märgitud noole suunas (nii et kaabel end lahti ei keriks).

b) Kaablite lahtivedamine. Kaablikerad keritakse lahti maad mööda veeretades.

Kaablitrumlid asetatakse läbipistetud võlli abil kahele pukile ja kaabel keritakse lahti trumli ringipööramisega, kusjuures kaabel tuleb lahti vedada kätel kandmisega. Erijuhtumil, pikemate ja raskemate kaablite puhul, kasutatakse erilist vankrit,

mille abil trumlit edasi veetakse ja seejuures ühtlasi kaabel trumlilt maha keritakse.

Kaabli lahtikerimisel ja lahtivedamisel hoolitseda, et ei tekiks järske painutus- ja murdekohti.

c) Kaablite kohaleasetamine. Kaablit tuleb hoida väänamiste, murdmiste ja tugevate tõmbepingete eest.

Minimaalne painderaadius võrdub madalpinge-kaablil 10 ... 15-kordse, kõrgepinge-kaablil 20-kordse kaabli läbimõõduga.

d) Kaabli käsitsemine külmaga. Kaabli monteerimine temperatuuri juures alla +3° C pole lubatud, sest kaabli isolatsioon muutub rabedaks. Juhul, kui see siiski on vajalik, tuleb kaablit enne tööde algust hoida umbes 24 tundi soojas ruumis.

e) Kaabli seismajätmine. Pikemaks ajaks (üle paari päeva) seisma jäetavat kaablit tuleb kaitseda niiskuse sissetungi vastu. Selleks asetatakse lahtisele kaabliotsale tõrvapapist või plekist lehter ja täidetakse see kaablimassiga. Vabrikust väljasaadetavail kaableil on otstel õhukindlalt kinnijoodetud tinakaped.

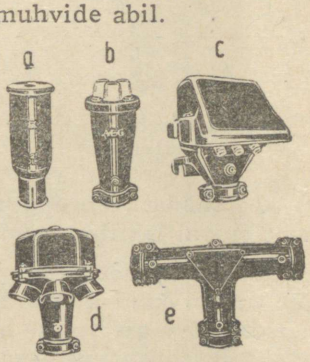
104. Kaablimuhvid.

Kaablite jätkamine, hargnemine ja üleminek teisele ehitusviisile (näit. õhuliinile) toimub kaablimuhvide abil.

Muhvi ülesandeks on kaitseda kaablit niiskuse sissetungi eest.

Tavaliselt kasutatakse erilise kaablimassiga täisvalatavaid malm- või plekkmuhve.

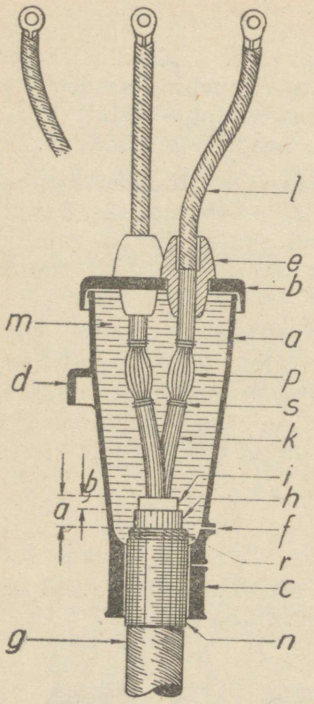
Mõned muhvid on näitena toodud joon. 60: a) Siseruumides kasutatav otsamuhv plekist. b) Nagu eelmine, kuid malmist. c) Otsamuhv, asetamiseks välja (mastile, seinale), malmist, pingetele kuni 1000 V. d) Nagu eelmine, kuid pingetele kuni 10 kV. e) Hargnemis- (T-) muhv.



Joon. 60. Kaablimuhvid.

Siseruumi- ja ajutistes välisseadmeis võib kaabli otsamuhvina kasutada ka kaablimassiga täisvalatud plekklehtrit. Viimane tuleb asetada vertikaalselt, et vältida massi väljavalgumist aja

jooksul, ning peab olema massiga täidetud ülemise ääreni, et vältida vihmavee kogunemist lehtrisse.



Joon. 61. Kaabli otsamuhv lõikes.

Kuivades ruumides kasutatakse mõnikord ka ilma massita kummist või tinast otsamuhve.

105. Kaablimuhvide kohaleasetamine.

Allpooltoodud andmed ja töövõtted on kehtivad kuni 10 kV kaablite jaoks.

1) Malmist otsamuhv. Kaabli otsamuhv on lõikes näidatud joon. 61. Joonisel tähendavad: a) malmist muhv; b) kaas; c) klamber kaabli kinnitamiseks; d) konsool muhvi kinnitamiseks seina külge; e) portselanist läbiviigi-tüllid; f) ava maandusjuhtme väljatoomiseks; g) kaabel; h) kaabli tinamantel; i) isolatsioonivöö — kaablisoonte peal; k) isoleeritud (paberiga) kaablisooned; l) paljakstehtud ja seejärel ekselsior- (või isoleer-) paelaga ümbermähitud kaablisoon; m) kaablimass; n) tõrvanöör, papp või riie kaablikaela kohal, kaabli kaitseks ja massi väljatilkumise takistamiseks; p) laialipainutatud kaablisoone kiud; r) traatbandaaž lahtihargnemise takistamiseks; s) bandaaž paberisolatsiooni lahtihargnemise takistamiseks.

Kaabel mõõdetakse parajaks nii, et kaablisooned ulatuksid läbi muhvi kuni ühendatava aparaadi ühendusklemmideni, kusjuures muhv asetatakse ajutiselt oma ettenähtud kohale ja sobitatakse kaabli painutused. Kaabli läbilõikamist teostatakse saega (joon. 62-a). Seejärel tehakse kaablile traatbandaaž parajasti kaablimuhvi kaela kohale (joon. 61-r), millega tõkestatakse kaabli pealmiste kattemähiste liigset hargnemist. Järgnevalt keritakse džuutkate otsast kuni traatbandaažini lahti ja lõigatakse noaga maha (joon. 62-b). Raud-soomusmähisele, parajasti

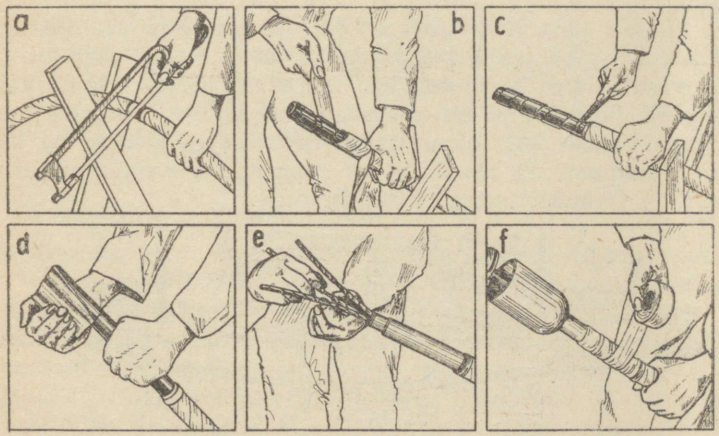
Tabel 33.

Kaabli monteerimise mõõdud (vastavalt joon. 61).

Kaabel		*a*	*b*
kV	*q* mm²	mm	mm
1	kuni 5	35 . . . 45	10 . . . 15
	35 . . . 120	50 . . . 60	15 . . . 20
6	kuni 35	50 . . . 60	15 . . . 20
	35 . . . 120	60 . . . 75	20 . . . 25
10	kuni 35	60 . . . 75	20 . . . 25
	35 . . . 120	70 . . . 90	25 . . . 30

bandaaži juures, viilitakse kolmkant-viiliga täke ringi ümber kaabli ja rebitakse mähis ära (joon. 62-c).

Tinamantli ja soomuskatte vahelised mähised kõrvaldatakse kuni raudarmatuurini, tarbe korral jootlambiga kergelt kuumutades. Tinamantel puhastatakse bensiinise lapiga. Seejärel lõigatakse traatbandaažist kaugusel a (joon. 61 ja tabel 33) tinamantlile ratasringi ja kaabli otsast kuni selle ringini täkked ning rebitakse tinamantel maha (joon. 62-d) ja kõrvaldatakse mantlialune isolatsioonivöö ning täitematerjal. Järgnevalt kõrvaldatakse tinamantel veel niivõrd, et mantlialune isolatsioonivöö jääks pikkuse b (joon. 61 ja tabel 33) võrra vabaks. Vabanenud isolatsioonivöö mähitakse paelaga (joon. 61-i).



Joon. 62. Kaabliotsa puhastamine.

Et takistada niiskuse sissetungi kaablisse kaablisoone kaudu, selleks kõrvaldatakse kaablisoone paber-isolatsioon umbes 60... 100 mm sügavuseni allapoole muhvi kaant, ja jättes juhe 20... 50 mm pikkuselt paljaks (joon. 61-p), mähitakse kaablisoone otsad kuni kaablikingani ekselsiorlindiga ja värvitakse šellakiga. Mitmekiulisel kaablisoonel painutatakse veel üksikud kiud laiali, et kaablimass saaks nende vahele valguda.

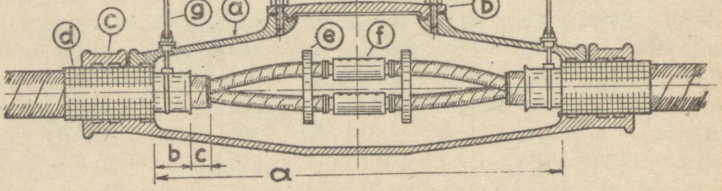
Lõpuks mähitakse ümber kaabli muhvikaela kohale tõrvanööri, immutatud riidest linti või isoleerpappi, muhv kinnitatakse kohale (näit. seina külge), asetatakse peale kaabli kinnitusklamber, täidetakse muhv kaablimassiga, asetatakse kohale kaas ja läbi kaanes oleva ava valatakse muhv täis (vt. p. 106).

Välis-otsamuhvide (mastmuhvide) kohaleasetamine on analoogiline ülaltoodule, ainult läbi tüllide väljatoodavad sooned jäetakse tavaliselt paljaks.

Mõnikord asetatakse muhvi sisse jätkuklemm ja kaabliotsad tuuakse välja kummisoon-juhtmetega. See moodus on vähem soovitav, sest jätkud on raskesti kontrollitavad.

2) P l e k k m u h v. Plekkmuhvi korral kaas ja portselantüllid enamasti puuduvad — kaabli otsa asetatakse plekist kokkujoodetud, enamasti lame, pealt lahtine lehter; sooned tuuakse välja läbi lehtri ülemise ava, misjärel lehter ääreni kaablimassi täis valatakse. Lehtrikaela tihendamine toimub kaabli ja kaela ümber mähitud immutatud lindiga (joon. 62-f). Plekklehtrit tavaliselt seina külge ei kinnitata, vaid see tugineb kaablile endale.

3) J ä t k u m u h v. Jätku- ja harumuhvid valmistatakse malmist. Ühendamiseks puhastatakse kaabliotsad eespoolkirjeldatud viisil. Ühendused tehakse vastavate jätku- või haruklemmide abil. Joonisel 63 on näidatud jätkumuhv lõikes: a) muhv (koosneb kahest kokkukruvitavast poolest), b) kaas, c) kaabli kinnitusklamber, d) tihendus, e) separaator, soonte eemalhoidmiseks, f) jätkuklemm, g) maandusjuhe.



Joon. 63. Jätkumuhv lõikes.

Jätku- ja harumuhvidesse viiakse kaabel väikese kaarega, et vältida tõmbejõudu kaablis ja et saavutada väikest tagavara muhvi uuendamisel.

4) Maandus. Juhul, kui on ette nähtud maandus (kasutatakse peamiselt kõrgepinge juures), mähitakse maandustraat paar korda ümber tinamantli ja joodetakse kinni. Jootmine toimub kaabliotsa puhastamisel, enne tinamantli kõrvaldamist, et kaitseda sooni kuumuse eest. Maandusjuhe viiakse välja vastava, kruviga suletava ava kaudu (joon. 63-g). Maandusjuhtme põikpind on kuni 50-mm² kaablil tavaliselt 6, üle selle 10 mm².

Suuremais kaablivõrkudes on soovitav ka jätkatavate kaablite mantlid omavahel juhtmega elektriliselt ühendada.

5) Alumiiniumkaablid. Alumiiniumist kaabelliinide jätkamine toimub täpselt samuti kui vaskkaabelliinidel. Soonte ühendamine jätku- ja harumuhvides toimub kas klemmidega, jootmisega või keevitamisega. Kuna ühenduskohad on asetatud veekindlalt, võib alumiiniumjuhtmete ühendamiseks kasutada ka vaskklemme.

Kuna alumiinium annab algul kruvi all järele ja vajab paari nädala pärast kruvide järelpingutamist, on keevitamine eelistatav, eriti suurte voolude korral.

6) Kõrgepinge-kaablid. Kõrgepinge-kaablitel 15... 20 kV ülespoole on kaabli sooned elektriväljade ühtlasemaks jaotamiseks ekraniseeritud — kaetud isolatsiooni peal asetseva tinapaberikihiga või iga soon on varustatud omaette tinamantliga.

Esimesel juhtumil varustatakse tinapaberi kihi lõpp kaabli muhvis terava serva ja selle mõjul tekkiva helktule vältimiseks erilise „kiirgamislehtriga"; teisel juhul kasutatakse kolme eraldi muhvi. Monteerimisel tuleb silmas pidada vastavate kaablifirmade montaaži eeskirju.

106. Kaablimuhvide kinnivalamine.

Kaablimuhvide ja -garnituuride kinnivalamiseks kasutatakse erilist, suure isolatsiooni- ja dielektrilise tugevusega, sulatatavat musta massi.

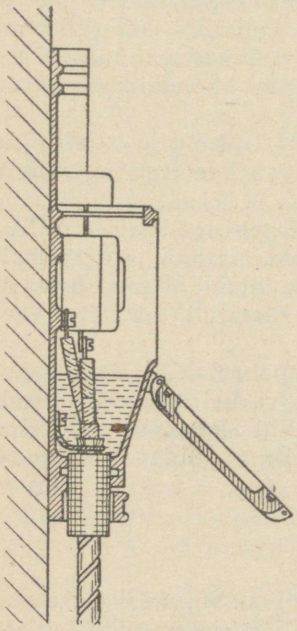
Kaablimassi tarvitatavad liigid: 1) Madala sulamistemperatuuriga, maa-aluste ja külmas ruumis asetsevate kaabligarnituuride jaoks; valamistemperatuur umbes 120... 140° C, tilkumistemperatuur mitte alla 65° C. 2) Kõrge sulamistemperatuuriga, kasutamiseks kuumades ruumides, päikesepaistes või troopika-

mail; valamistemperatuur umbes 170 ... 190° C, tilkumistemperatuur mitte alla 75° C. Külmana on viimane rabedam.

Müügil on kaablimass tavaliselt 1-, 2½-, 5- ja 10-kg plekkkarpides ja 200-kg tünnides.

Garnituuride kinnivalamiseks soojendatakse massi nõrgal tulel kuni valamistemperatuurini. Soojendamiseks kasutada malmpada, mitte plekktoosi (kõrbemise oht). Paras valamistemperatuur on saavutatud, kui mass on tervikuna vedelaks muutunud.

Massi ei tohi keema ajada, sest massi ülekuumutamine on kahjulik; samuti tuleb hoiduda massi põhjakõrvetamisest. Massi vahutamine soojendamisel on niiskuse tunnusmärgiks, massi tuleb ringi liigutades soojendada kuni vahutamise kadumiseni.



Joon. 64. Kaabli kaitsmekast.

Malmmuhve tuleb enne täisvalamist jootlambiga soojendada, eriti kui muhvid on niisked, sest muidu võib muhvi seina ja massi vahele jääda õhuvahe, kuhu koguneb vett.

Täisvalatud muhvile valatakse pärast massi hangumist ja vajumist, tavaliselt 2 ... 4 tunni pärast, veel uut massi 1 ... 2 korda juurde. Õhku ei tohi muhvi jääda, sest sellesse võib koguneda niiskust. Muhv suletakse pärast massi täielikku hangumist.

Kaabli kaitsmekastid (joon. 64) ühendatakse analoogiliselt ühendusmuhvidele.

107. Kaabli asetamine maasse.

Maasse asetamiseks kasutatakse peaaegu eranditult soomuskaablit. Kaablitele kaevatakse kraavid, millede sügavus madalpinge-kaabli puhul on tavalises maas 70 ... 80 cm, sõiduteede all vähemalt 1 m, kõrgepinge-kaabli puhul vähemalt 1 m. Kraavi laius on 1 ... 3 madalpinge-kaabli korral umbes 20 cm. Kaitseks muljumiste vastu asetatakse kaablikraavi põhja 5 ... 10 cm paksune liivakiht.

Kohaleasetatud kaabel kaetakse pealt 5...10 cm paksuse liivakihiga ja seejärel telliskivide, tsementplaatide või laudadega. Viimased kaitsevad kaablit vigastuste vastu hilisemail mullatöödel.

Kaablit ei ole soovitav asetada liiga pingule. Tarbe korral, eriti vajuvas täidetud maas, asetada kaabel kergelt laineliselt, andes iga 10 m kohta 20...30 cm lisa.

Ühte kraavi võib asetada ka mitu kaablit (silmas pidades p. 29 toodud tingimusi). Kui kõrgepinge- ja madalpingekaablid asetsevad ühes kraavis, tuleb nad eraldada kas vähemalt 30-cm vahemaaga või serviti vahele asetatud telliskividega.

Kaabli asetamisest määndavalt või sööbivalt mõjuvasse maasse, näit. virtsaga või roiskvetega läbi imbunud maa, turvas, tuhk jne., tuleb hoiduda. Kus see on mõõdapääsematu, tuleb kaabel ümbritseda liiva- või (roiskvete korral) savikihiga.

Ristumisel teedega tuleb asetada kaabel tsement-, kivi- või malmtorusse, nii et kaablit saaks hiljem vahetada ilma tee sulgemiseta.

Torusid tuleb kasutada ka raudteedega ristumisel ja kohtades, kus kaablikraavi hilisem lahtivõtmine on seotud suurte raskustega.

Toru läbimõõt tuleb võtta 3...4 cm suurem kaabli läbimõõdust.

Tabel 34.

Kaablite mõõdud.

Kaabli andmed	Pinge	1000 V						6000 V	
	Soonte arv	2			4			3	
	Põikpind mm^2	10	25	50	10	25	50	10	25
Kaabli läbimõõt	mm	21	24	29	24	28	36	29	37
100 m kaal	kg	141	195	282	178	274	433	250	380

Kaabli asetamisel torusse tuleb toruotsa kohal muljumiste vältimiseks asetada kaabli alla liiva (joon. 65-i).

Gaasi- või veetorudega ristumisel viiakse kaabel nende pealt või alt läbi vähemalt 50 cm kauguselt.

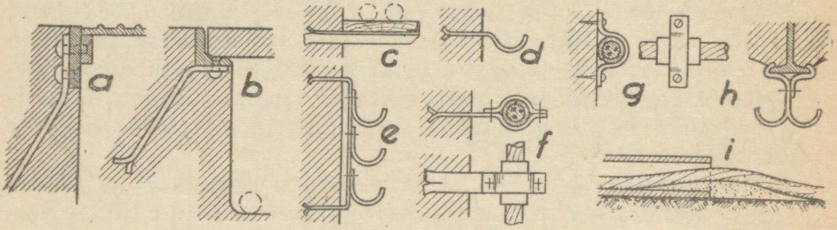
Ristumist sideliinidega vt. p. 97.

Püstloodis mastile või maja seinale kinnitatud kaablit tuleb tarbe korral kaitseda U-rauaga või raudtoruga.

Kaabli asukohast tuleb valmistada täpne plaan või asetada koha peale maapinnale märgid (postid, kupitsad jne.) kaabli asukoha tähistamiseks.

108. Kaabli asetamine hoonetes.

Kaablid asetatakse põrandais kaablikanalitesse, seintel või lagedel kas riiulitele või kinnitatakse otseselt klambrite abil.



Joon. 65. Näiteid kaablite kohaleasetamisest.

K a a b l i k a n a l i d. Kasutatakse peamiselt masinasaalides, töökodades jts. kohtades.

Silmas pidades kaablimuhvi sissepaigutamise võimalust, on kaablikanali sügavus 30 ... 40 cm, kanali laius 30 ... 100 cm, olenevalt kaablite arvust.

Kanal kaetakse pealt ribi- (rihvel-) plekk- või tsementplaatidega (joon. 65-a, b).

K a a b l i r i i u l i d. Kasutatakse peamiselt keldrites, kaablitunnelites jne., suurema kaablite arvu juures.

Riiuli ehitus on näidatud joon. 65-c.

K a a b l i k l a m b r i d. Rida klambrite ehitusi on näitena toodud joon. 65-d ... h.

Klambrid valmistatakse latt- või vitsrauast. Kui klamber töötab paindele (joon. 65-d, f, h), tuleb raua mõõdud võtta peenemail kaableil (läbimõõduga kuni 40 mm) umbes 45 × 8 mm, jämedamail 60 × 10 mm; kaabli kinnipressimiseks (joon. 65-g) võib kasutada vitsrauda mõõtudes umbes 30 × 2 ... 3 mm.

Kaabli asetamisel horisontaalselt võivad klambrid olla pealt lahtised. Klambrite vahemaa on peenemail kaableil 50 ... 80 cm, jämedamail kuni 100 cm.

Kaablite asetamisel vertikaalselt tuleb kaabel pressida klambri vahele nii, et ta ei saaks alla libiseda (joon. 65-f, g). Rauaga armeeritud kaablil võib hästi passiva raudklambri pressida otse raudarmatuurile; soovitav on kasutada vahekihti isoleerpapist või klambreid puit-pakkidega.

Märgades ruumides on soovitav asetada kaabel seintest veidi eemale.

Kaabel tuleb asetada eemale kuumadest auru- ja keskküttetorudest, ahjudest jne.

Et vältida tule edasikandumist mööda džuudikihti, on soovitav suuremais seadmeis džuudikiht kõrvaldada, kusjuures plekkarmatuur rooste kaitseks üle värvitakse. Kanaleis võib kaablit katta õhukese liivakihiga.

Kaabli läbiviimiseks väljast hoonesse asetatakse alusmüüri raud- või tsementtoru nii, et kaablit saab vabalt läbi tõmmata. Toru tihendatakse tõrvatakuga või kaablimassiga.

Tavaliselt pakub raudarmatuur kaablile küllaldast kaitset. Eriti ohtlikes kohtades, nagu õues ja põrandail kuni umbes 2 m kõrguseni, lagedest läbiviimisel jne., tuleb kaabel asetada raudtorusse või katta karp-(U-)rauaga.

V. VOOLU JUHTIMINE VÕRGUST TARVITAJANI.

A. MAJAÜHENDUSED.

109. Majaühendus.

Majaühenduseks nimetatakse juhtmestikku alates õhuliinide juures mastist, kaabelliinide juures hargnemismuhvist kuni hoones asetsevate peakaitsmeteni või nn. majaühenduse kastini, viimased kaasa arvatud.

Majaühendusjuhtmete põikpinna valikul tuleb aluseks võtta:

a) juhtmete mehaaniline tugevus (vt. p. 28);

b) võrgu võimsus — majaühendusjuhtmed peavad vastama välisvõrgu liiniosal ülesseatud kaitsmete tugevusele (vt. p. 29 ja p. 269).

Mitmejuhtmelistest võrkudest sisendatakse hoonesse väiksema koormuse korral 2 juhet, suurema koormuse korral kõik juhtmed. Koormuse piir kahejuhtmelisel ühendusel oleneb võrgu võimsusest (vt. ka p. 272 ja 265) ja on tavalistes jaotusvõrkudes 1...2 kW piirides, s. o. kuni umbes 2 kW-ni on majaühendus kahe-, üle selle mitmejuhtmeline.

Mitmejuhtmeliste majaühenduste korral tuleb üksikud hoones asetsevad energiatarvitajad jaotada võimalikult ühtlaselt kõigile faasidele või nulljuhtmega alalisvoolu mõlemale poolusele.

Majaühenduse juhtmete arv ja põikpind ning majakaitsmete asukoht määratakse kindlaks kokkuleppel kohaliku elektrijaama või jaotusvõrgu juhatusega.

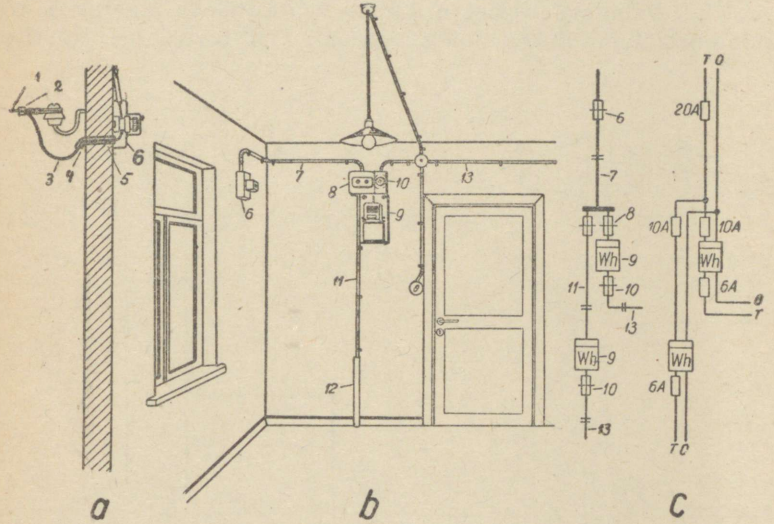
110. Majaühenduste teostamine.

Õhuliini korral viiakse juhtmed majja enamasti läbi välisseina, harvem läbi katuse või maa-aluse kaabliga läbi alusmüüri.

Majaühendus väiksemale majale on näitena toodud joon. 66-a.

Joonisel tähendavad: 1) ühendusjuhe — *ПВМ, ПР, ПРГ* (*NGAW, NGA*), või paljasjuhe 6...10 mm^2; 2) küüsklemm;

3) sisendusjuhe — *ПР, ПРГ* (*NGA* või *NGAW*) 6...16 mm²; 4) portselanpiibud; 5) isoleer- (bergmann-) või kummitoru — iga juhe asetatud eraldi torusse; 6) majaühenduskaitse, plekkkattega, plommitav. Majakaitsme suurus on väiksemais majades tavaliselt 15...20 A. Kaitse tuleb asetada võimalikult lähedale sisenduskohale. Majakaitsmed tuleb asetada kuiva, tolmuvabasse ning kergesti ligipääsetavasse ruumi (vt. p. 113). Niiskeist või tolmuseist ruumidest hoiduda. Tarbe korral kasutada malmkap-



Joon. 66. Majaühendus ja sisendusliin väikeses majas.

seldust, puidust või plekist kaitsekasti. Süttivate materjalidega (heinad, põhud jts.) ruumidesse kaitsmete asetamine on keelatud.

Majaühenduse välisjuhtmed tuleb asetada selliselt, et nad ei oleks kättesaadavad akendest, rõdudelt, treppidelt jne. Isolaatorite kinnitamiskoht seinal tuleb valida võimalikult selline, kus ei ole karta lume, jääpurikate jne. langemist juhtmeile.

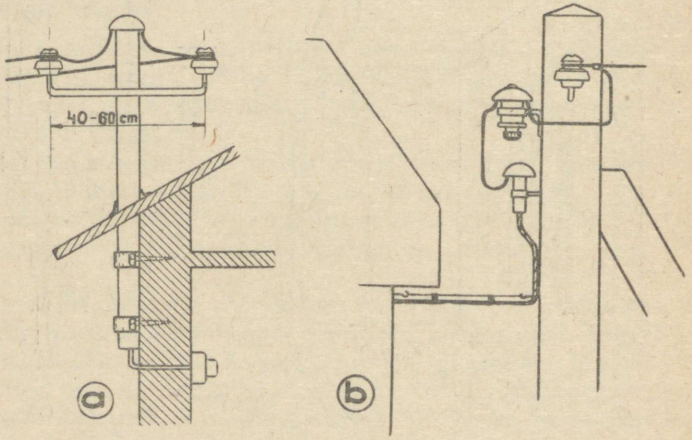
Lahtiselt isolaatoreile asetatud isoleeritud juhtmete kõrgus peab olema vähemalt:

a) mittekäidavate katuste kohal — 1,25 m, b) maapinna, mulla- ja lumehunnikute kohal — 3,0 m, c) rõdude, mademete (podestide), lamedate käidavate katuste kohal — 2,5 m, d) sõidetavate hoovide ja teede (majade vahel) kohal — 4,5 m.

Isoleerimata pingestatud juhtmete kõrgus tuleb võtta samasugune kui õhuliinidel (vt. p. 69).

Ühekordsete madalate majade juures on ülaltoodud nõue õhuliini-juhtmete viimisel läbi seina raskelt teostatav. Sellisel juhtumil tuleb juhtmete sisendamiseks kasutada katusele asetatud sisendustoru, nn. püstikut, kaablit õhus või maa all jne. Mõningad näited sellistest majaühendustest on toodud joon. 67.

a) K a t u s e p ü s t i k. Kasutatakse raudtoru, läbimõõduga 2...3″. Vihmavee sissetungimise vältimiseks kaetakse toru pealt portselanmütsiga — seenega; alt jääb toru lahti. Raudtoru

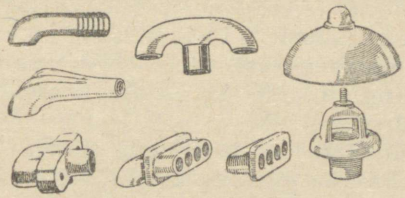


Joon. 67. Majaühendus madalas hoones.

sees asetatakse juhtmed üksikult veel eraldi isoleer- (kummi- või bergmann-) torudesse. Viimased viiakse läbi seina kuni majaühenduse kaitsmeteni. Kui toru viiakse otse läbi katuse sooja ruumi, tuleb toru ülalt õhutihedalt tõrvatakuga kinni toppida ja kaablimassiga täis valada, sest muidu läbi toru ülesvoolava sooja õhu niiskus kondenseerub torus veeks ja hakkab toru alumisest otsast tilkuma. Samal põhjusel ei tohi majakaitset paigutada otse toru alla.

b) S i s e n d u s k a a b l i g a v õ i k a a b l i t a o l i s e j u h t m e g a. Juhe viiakse mastist majani kandetrossil või lati alumist külge mööda. Juhtme liiga suure põikpinna vältimiseks on soovitav asetada masti kaitsmed. Majaühenduste ja sisen-

duste tegemiseks kasutatavad piibud ja torumüts on näidatud joon. 68. Piipe valmistatakse bergmann-torudele 9 ... 48 mm, torumütse gaasitorudele 1 ... 3″.



Joon. 68. Piibud ja torumüts.

Juhtmematerjalidest tuleb kasutada *ПВМ, ПР, ПРГ* (*NGAW, NGA* või ka *PLWC*) (vt. ka p. 269).

Kaablivõrkudes tehakse majaühendus maa-aluse kaabliga. Kaabel lõpeb tavaliselt malmist majaühenduse kaitsekastis, mille alumine, lehtritaoline osa on kaablimassiga täis valatud (joon. 64).

111. Majaühendusjuhtmete undamine.

Peened pinguletõmmatud juhtmed võivad hakata undama, mis muutub elanikele tüütavaks. Undamine esineb peamiselt puitseinte korral ja on eriti tugev talvel, kus juhtmete pingsus on suurem. Undamist saab vältida järgmiste abinõudega:

1) Majaühendusjuhtme ots kinnitatakse munaisolaatori (antenni isolaatori) külge ja viimane omakorda tõrvanööriga seinaisolaatorile, kusjuures munaisolaator oleks sellest 20 ... 30 cm kaugusel. Sisendusjuhe keeratakse spiraaliks.

2) Õhuliini viimasele mastile asetatakse tugi ning juhtmeile tehakse lõppside. Majaühendus tehakse lõdvalt asetatud isoleeritud juhtmetega.

Osaliselt aitab undamist kõrvaldada:

3) Majaühendusjuhtmeile asetatud 30 ... 50 cm pikkused tinaribad.

4) Kahe juhtme vahele isoleeritult asetatud puitklots.

B. SISENDUSLIINID.

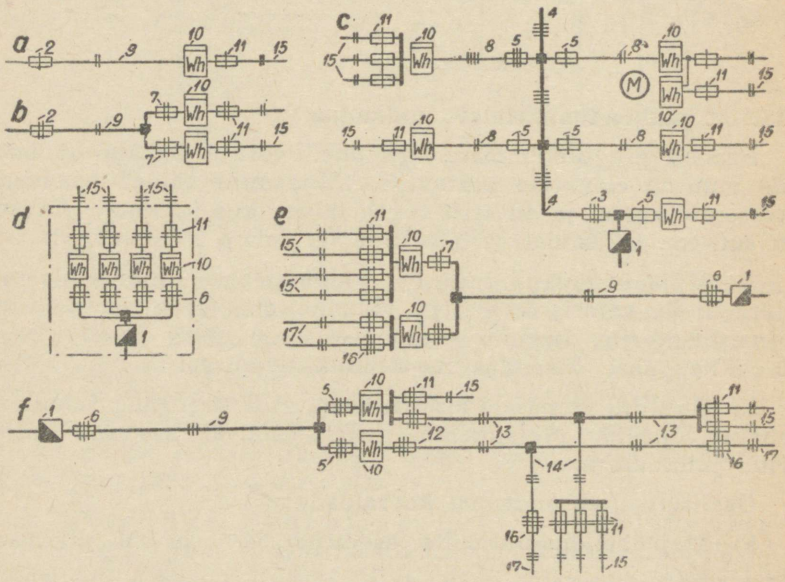
112. Sisendusliinide skeemid.

Majaühenduskastist kuni tarvitajate (abonentide) arvestiteni kulgevad liinid (s. o. liinid, mida läbib veel arvestamata vool) nimetatakse üldiselt s i s e n d u s l i i n i d e k s. Abonentide ruumilisest paiknemisest, nende arvust, suurusest ja elektrienergia müügitingimustest (tariifidest) olenevalt liigitatakse sisendusliinid järgmiselt:

a) pea-sisendusliin — liini osa alates majaühenduskastist kuni kaugeima hargnemispunktini, s. o. liini osa, mis on ühine kõigile abonentidele;

b) haru-sisendusliin — liini osa, mis algab pea-sisendusliinist, läbib abonendi arvesti ja lõpeb arvesti järel paigutatavate kaitsmete põhjakontaktidega.

M ä r g e. Kui üksikule abonendile on ühendus võetud vahetult majaühenduskastist (kaitsmeist) või vahetult majaühenduskasti juures paiknevast harukarbist, siis seda liini nimetatakse lihtsalt vastava abonendi sisendusliiniks.



Joon. 69. Tüüpilised sisendusliinide piltskeemid.

Mõned tüüpilisemad sisendusliinide skeemid on näitena toodud joon. 69, kusjuures joonisel tähendavad: *1* — majaühenduskast (malmist või isoleerainest, plommitava uksega kast, milles paiknevad vajalikud kaitsmed); *2* — majaühenduse kaitsmed (plommitava plekk-kaanega kaitsmepesa kaitsmetega), ühtlasi sisendusliini (abonendi) kaitsmed; *3* — pea-sisendusliini kaitsmed; *4* — pea-sisendusliin; *5* — haru-sisendusliini (abonendi) kaitsmed; *6* — sisendusliini kaitsmed; *7* — sisendusliini kaitsmed elektriarvesti (lugeja) eel, kui abonent saab elektrienergiat kahe erineva tariifi järgi, näiteks valgustuseks ja jõu otstarbeks, ning kui mõlemad seadmed paiknevad abonendile kuuluvais ühistes ruumides; *8* — haru-sisendusliin; *9* — sisendusliin; *10* — elektriarvesti (lugeja); *11* — rühm- (grupp-) kaitsmed; *12* — toiteliini kaitsmed; *13* — pea-toiteliin; *14* — haru-toiteliin; *15* — rühm- (grupp-) liin; *16* — jõutarvitaja (näit. mootori) kaitsmed; *17* — jõutarvitaja liin.

Joon. 69-a: sisendusliin väikeses majas, kus on ainult üks abonent; majaühenduskast on asendatud majaühenduse kaitsmetega, mis on ühtlasi ka sisendusliini kaitsmeteks; elektrienergiat arvestatakse ühetariifilise arvesti abil.

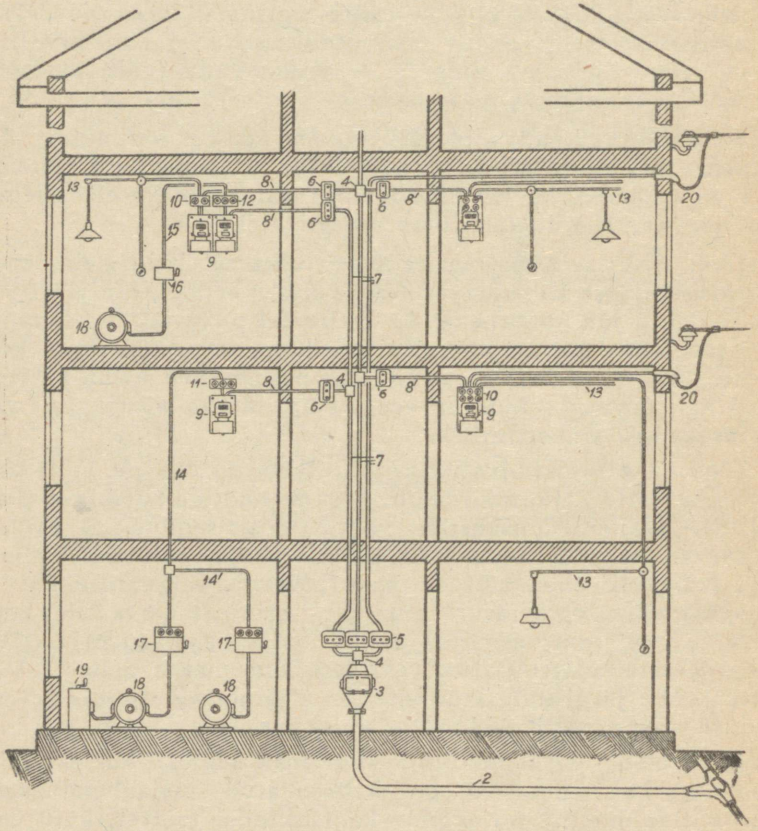
Joon. 69-b: seesama mis eelmisel juhtumil, kuid elektrienergiat arvestatakse kahe arvesti abil, näiteks eritariifide järgi valgustuseks ja jõu otstarbeks. Arvestite eel on vajalikud kummalegi tariifile omaette sisendusliini kaitsmed, mis nagu kõik sisendusliini kaitsmed peavad olema plommitava plekk-kattega. Need kaitsmed on vajalikud voolu sulgemiseks sõltumatult valgustuseks või jõu otstarbeks.

Joon. 69-c: sisendusliinid suures majas, kus on mitu abonenti. Arvestid paiknevad laiali, s. o. abonentide ruumides (korterites). Majaühenduskastist väljub pea-sisendusliin, millest hargnevad haru-sisendusliinid üksikuile abonentidele. Tähega „M" märgitud abonendil on kaks arvestit, valgustuse kui ka majapidamis-energia arvestamiseks; esimene arvestab kogu energia, kuna teine arvestab ainult majapidamis-energia. Viimane arvesti käivitub alles teatavast koormusest alates. Valgustustariifi järgi kulutatud energia määratakse esimese arvesti näidust teise arvesti näidu lahutamise teel.

Joon. 69-d: sisendusliinid suuremas majas, kus on mitu abonenti, kuid arvestid on keskendatud majaühenduskasti juurde. See moodus on soodne kontrollimise mõttes, kuid enamasti ehituskuludelt kallim, eriti väga suurtes majades.

Joon. 69-e: sisendusliin üksikule suurabonendile (kool, haigla, tööstus jts.). Sisendusliin jaguneb kahte ossa, vastavalt tariifidele, vahetult elektriarvestite juures. Sinnasamasse on koondatud kõik rühm- (grupp-) kaitsmed. Keskendatud kontroll.

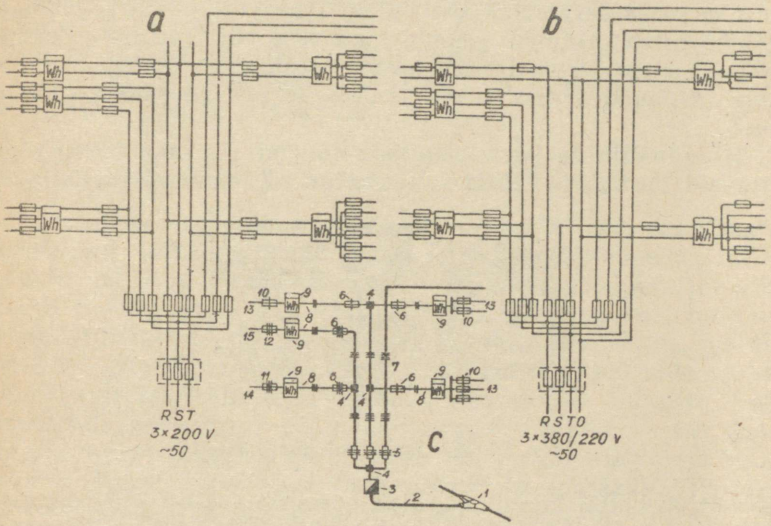
Joon. 69-f: seesama mis eelmine, kuid jaotatud seadmega. Väga suurtes majades lähevad pikkade rühmliinide ehituskulud liiga suureks ning suurte kauguste tõttu muutub kaitsmete asukoht ebasobivaks. Seepärast võetakse kasutusele jaotatud seade, koondades üksikud valgustuse kui ka jõuseadme rühmad omaette jaotuspunktidesse (kilpidesse), mida toidetakse energiaga arvesti juurest algavate toiteliinide kaudu. Suu-



Joon. 70. Sisendus-, toite- ja rühmliinide jagunemine suuremas majas.

rematele tarvitusriistadele, nagu mootorid, elektripliidid jne., on soovitatavad omaette liinid alates elektriarvestist.

Joon. 69 toodud skeemid on vastavad mitmesugustele voolusüsteemidele: *a* — ühefaasisele nulljuhtmega vahelduvvoolule, kusjuures kasutatakse ühepooluselisi kaitsmeid, mis peavad asetsema eranditult faasjuhtmes; *b* ja *d* — nulljuhtmeta alalis- kui ka vahelduvvoolule; *c* — nulljuhtmega keerdvoolule, kusjuures haru-sisendusliinid on ühefaasised, nulljuhtmega; *e* ja *f* — nulljuhtmeta keerdvoolu-võrkudele.



Joon. 71. Sisendusliinide skeeme joon. 70 näidatud seadmele.

Kaitsmeid tuleb asetada ainult faasjuhtmetesse (joon. 70 ja 71). Kaitsmete asetamine nulljuhtmesse on üldiselt keelatud, välja arvatud erandjuhtumil kahejuhtmelistes haruliinides, kui nulljuhtme isolatsioon on faasjuhtme isolatsiooniga samaväärne. Seda moodust ei ole aga soovitav kasutada, sest näiteks ainult nulljuhtmes asetseva kaitsme läbisulamisel jääb kogu kaitstav seade ikkagi pinge alla.

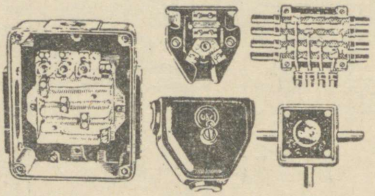
(Aastaid tagasi nõuti vahenditult arvesti eel, aluslaua katte all, veel nn. „mõõtja kaitset", mis ühefaasisel juhtumil pidi olema ühepooluseline ja kolmefaasisel juhtumil kahepooluseline. Selline nõue ei ole aga millegagi põhjendatav, mistõttu tänapäeval sellises kohas kaitsmeid enam ei kasutata.)

113. Sisendusliinide ehitus.

Avalikes elektrivõrkudes nõutakse tavaliselt, et majaühenduskast, sisendusliini kaitsmed ning sisendusliinid, harvem ka elektriarvestid, asuksid igal ajal kergesti ligipääsetavais lukustamatuis ruumides, nagu koridorides, trepikodades jne. Viimaste puudumisel tuleb majaühenduskast ja sisendusliini kaitsmed paigutada maja välisseinale kinnitatud puitkappi. Puitkapp peab olema lukustatav erilukuga (kolmkant-võti!).

Sisendusliinid peavad olema sellise ehituse ja asetusega, et neist ei saaks eespool arvestit elektrienergiat salaja kõrvaldada. Selleks tuleb juhtmed asetada torudesse või kasutada kaablit. Eespool elektriarvestit asetsevad harukarbid ja kaitsmepesad ning aluslauad arvestite paigutamiseks peavad olema plommitavad.

Sisendusliinide haruühenduste tegemiseks kasutatakse plommitavaid harukarpe. Rida selliseid on näitena toodud joon. 72.



Joon. 72. Plommitavad harukarbid.

Et vältida halbu kontakte, tuleb pea-sisendusliin viia vahepealseist harukarpidest läbi tervelt, läbi lõikamata, kõrvaldades ainult isolatsioon juhtmelt klemmi kohal.

114. Sisendusliinide põikpind.

Sisendusliinide põikpinna q valikul tuleb aluseks võtta p. 27 ... 35 ja 38 loeteldud tingimused.

Sisendusliinide arvutamisel võetakse aluseks kõigi kasutamisele tulevate, üheaegselt töötavate lampide ja aparaatide installeeritud võimsus.

Kui viimaste kohta puuduvad täpsemad andmed, on soovitav sisendusliinide arvutamisel elumajades aluseks võtta installeeritud võimsusena, olenematult pistikupesade arvust: iga üksiku toa kohta 600 ... 1000 W ja kogu korteri kohta: esimeses toas kuni 1000 W, järgmistes 150 ... 250 W, s. o. igas toas võib

esineda koormus kuni 1000 W, kuid mitte kõigis korteri tubades korraga.

Elektripliitide ja -ahjude kasutamisel tuleb viimaste koormused eraldi juurde arvutada.

Elektripliit (2...3 keeduplaati + praeahi)	3 ...5 kW
Sooja vee boiler (30...50 l)	0,4 ...0,6 kW
Jääkapp (200...500 l)	0,25...0,4 kW

Mitme korteriga majas tuleb sel puhul pea-sisendusliinide arvutamise aluseks võtta tippkoormusena 75...40% installeeritud võimsusest (kokkuleppeliselt vastava elektrivõrgu-asutisega).

Silmas pidades hilisemaid laiendusi ja elektriliste soojendusaparaatide juurdetuleku võimalusi, on soovitav võtta pea-sisendusliini q mitte alla 4 mm^2.

115. Jaotusseadmed.

Tarvitajaile elektrienergia juurdejuhtimisel on paratamatu juhtmestiku jaotamine üksikuiks harudeks. Seadmeid, mille kaudu ja mille abil teostatakse juhtmestiku jaotamist, nimetatakse üldiselt jaotusseadmeiks. Kuna igast järgnevast hargnemiskohast tarvitaja poole suunduvad juhtmed omavad järjest väiksemat põikpinda, tuleb neid juhtmeid alati kaitseda vastavate kaitsmetega kohe liini alguses. Seetõttu on juhtmete jaotusseadmeis koondatud peale hargnemisvahendite — harukarpide või kogumislattide — tihti ka kaitsmed ning mõningal juhtumil ka mitmesugused mõõteriistad ja aparaadid, näiteks elektriarvestid, volt- ja ampermeetrid, voolutrafod, lülitid jne.

Jaotusseadmeid, mis koosnevad harukarbist (või -karpidest) ja tarvitajaile suunduvate liinide kaitsmeist, nimetatakse jaotuspunktideks. Viimased võivad esineda sisendus- kui ka valgustus- või jõuseadme toiteliinides (näiteks sisendusliini jaotuspunktid trepikojas, joon. 69-c, 70 ja 71-c). Raud- või marmorkilpidele koondatud mitmesuguse kaitse-, lülitus-, mõõteaparatuuriga ja kogumislattidega varustatud jaotusseadmeid nimetatakse jaotuskilpideks.

Lihtsamais valgustusseadmeis on jaotusseadmesse koondatud elektriarvesti ja rühmkaitsmed ning mõnel juhtumil veel rühmliinide üldlülitid, kusjuures kõik jaotusseadme üksikosad paiknevad ühisel raudplekist või press-isoleerainest alusel. Ainult arvestist ja ühe rühma kaitsmeist koosnevat seadet, kus tegelikult mingit jaotamist ei teostata, nimetatakse arvestipunk-

tiks, kuna suurema arvu valgustusrühmadega jaotusseadet nimetatakse arvestiga jaotuspunktiks.

Arvesti kinnitatakse alusele kolme mutterkruviga. Samale alusele erineva suurusega arvestite kinnitamise võimaldamiseks on alusel olemas kinnituskruvide jaoks mitu soont. Arvesti klemmlaua sisse- ja väljatulevate juhtmete täielikuks varjamiseks peab aluslaud omama vastavakujulist ja plommitavat katet. Selline kate pole vajalik, kui arvestil enesel on olemas juhtmeid täielikult varjav ja plommitav klemmlaua kate.

Kahe abonendiga (korteriga) väikese maja sisendusliinide ehitus on näitena toodud joon. 66-b, kus 6 — plommitava plekk-kaanega majaühenduse kaitse, kaitsmetega 15...20 A; 7 — sisendusliin 4 mm² *ПР* (*NGA*) juhtmetega isoleertorus; 8 — plommitava plekk-kattega kaitsmepesa (-element) kahele kaitsmele 6...10 A, s. o. ühine kahele abonendile, kummalegi üks kaitse faasjuhtmes; 9 — elektriarvesti koos aluslauaga; 10 — lahtine portselan-kaitsmepesa kaitsmega 4...6 A; 11 — haru-sisendusliin alumisel korrusel asetsevale abonendile, 2,5...4 mm² *ПР* (*NGA*) juhtmetega isoleertorus; 12 — raud-kaitsetoru eelmisele; 13 — rühmliin 1,5 mm² *ПР* (*NGA*) juhtmetega isoleertorus või *ТПРФ* (*NRA*)-ga.

Joon. 66 kujutatud seade on sobiv nulljuhtmega vahelduvkui ka alalisvoolu-võrgule. Seadme piltskeem ja üksikasjaline lülitusskeem on toodud joon. 65-c.

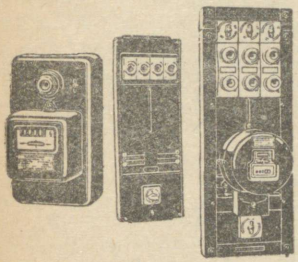
Nulljuhtmeta võrkude korral (kolmejuhtmeline keerdvool, kahejuhtmeline alalis- kui ka vahelduvvool) asetatakse kaitsmed kõikidesse faasjuhtmetesse.

Suurema maja sisendusliinide skemaatiline pilt on toodud näitena joon. 70, kus: 1 — väljaspool maja asetsev kaablimuhv; 2 — sisenduskaabel; 3 — malmist, plommitava uksega majaühenduskast; 4 — plommitava plekk-kaanega sisendusliini harukarp; 5 ja 6 — plommitava plekk-kaanega sisendusliinide kaitsmepesad (lühidalt: kaitsmed); 7 — pea-sisendusliinid; 8 — haru-sisendusliinid; 9 — elektriarvestid koos plommitava aluslauaga; 10 — rühmkaitsmed valgustusseadmele; 11 — toiteliini kaitsmed jõuseadmes; 12 — mootoriliini kaitsmed; 13 — rühmliinid valgustusseadmes; 14 — jõuseadme toiteliinid; 15 — mootoriliin; 16 — vinnaklülit; 17 — vinnaklülit koos mootori kaitsmetega; 18 — mootor; 19 — mootori käivit; 20 — liini väljumine ja üleminek õhuliinile.

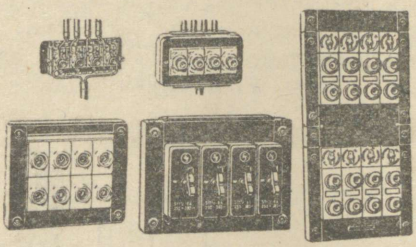
Krohvi alla süvistatud asetusviisi korral tuleb sisendusliini kaitsmed ja harukarbid asetada seinasse süvistatud puitkappidesse. Samuti on soovitav sel korral asetada ka elektriarvestid seinasse süvistatud puitkappidesse.

Joon. 70 toodud sisendusliinide piltskeem ja üksikasjaline lülitusskeem on näidatud joon. 71: a — lülitusskeem 3×220 V keerdvoolu korral, b — lülitusskeem 3×380/220 V (nulljuhtmega) keerdvoolu korral ja c — piltskeem 3×380/220 V keerdvoolu korral.

Suurema rühmade arvu korral asetatakse üksikute rühmade kaitsmed kas arvestiga ühisele alusele (joon. 73 paremal) või



Joon. 73.
Elektriarvesti aluslauad.



Joon. 74. Jaotuskilbid.

enamasti eraldi jaotuskilbina. Igas vooluringis võib soovi korral asetseda ka lülit.

Rida jaotuskilpe sulavkaitsmete pesadega ja väikekaitselülititega valgustus- ja väiksemaile jõuvoolu-liinidele on näidatud joon. 74.

Jaotuskilp peab olema säärase ehitusviisiga, et ühenduste tegemine oleks võimalik juba seinale kinnitatud kilbil. See nõue täidetakse harilikult sellega, et ühendusklemmid asetsevad mahavõetava kattekesta all, nagu näha joon. 74 ülal. Et jaotuskilbi taha ei koguneks võõrkehi, selleks on jaotuskilp ümbritsetud seinani ulatuva kattega.

Kaitsmepesades tuleb sissetulev (vooluallikast) juhe ühendada põhjakontakti, tarvitajate juurde edasiminev juhe keermekontakti külge.

Jaotuskilbil peavad kaitsmed ja lülitid kandma nimesilte, kus oleks märgitud, millise ruumi või piirkonna jaoks kaitsmed on määratud. Keerulisemais seadmeis (avalikud hooned, teha-

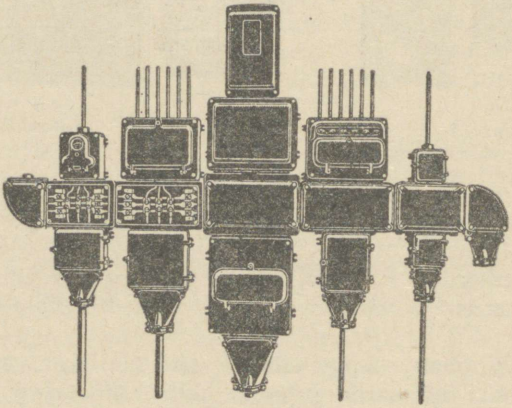
sed jne.) on soovitav lülituskilbi juurde asetada lülitus- ja asetusskeem, kus oleksid ühtlasi märgitud vajalikud kaitsmete suurused.

Jaotuskilbid on soovitav ilu mõttes asetada vastavaisse seina süvistatud kappidesse.

Suurtes tööstuslikes jõuseadmeis ehitatakse jaotus- ja lülituskilbid analoogiliselt jõujaama seadistele (vt. p. 247...250).

116. Kapseldatud jaotusseadmed.

Niiskeis, mudaseis ja väga tolmuseis ruumides, eriti kui tolm on sööbiv või voolujuhtiv, samuti ruumides, kus on karta hariliku jaotusseadme mehaanilisi vigastusi (töökojad, katlamajad, tsemendi-, sooda- jts. vabrikud, keldrid, välisseadmed jne.), asetatakse jaotus- ja lülitusaparaadid ning mõõteriistad tugevaisse tolmu- ja niiskuskindlaisse malm- või isoleerpressainest kastidesse.



Joon. 75. Kapseldatud jaotusseade.

Jaotus- ja lülitusseade koosneb vajalikul hulgal üksteise kõrvale asetatud malmkastidest (joon. 75), milledesse on monteeritud tarvilikud jaotus- ja lülitusaparaadid, nagu kogumislatid, arvestid, kaitsmed, lülitid, mõõteriistad jne. Kogumislattide kastidel on igas küljes avad, mistõttu on võimalik igasugune kastide kokkuühendamise kombinatsioon ja jaotusseadme suurus. Vabaksjäävad kastide avad kaetakse sobiva kaanega.

VI. SISEINSTALLATSIOON.

A. JUHTMETE ASETUSEST ÜLDISELT.

Allpool on puudutatud üldiselt kehtivaid eeskirju ja tööviise installatsiooni alal. Üksikute suuremate elektrijaamade ja -võrkude poolt on tihti välja töötatud kohalikud eri eeskirjad ja tingimused, mida vastavas võrgus töötades veel täiendavalt silmas tuleb pidada.

117. Juhtmete asetusviisid.

Juhtmete valik ja asetusviis oleneb peamiselt ruumi kasutamisviisist (eluruumid, tööruumid, keldrid jne.) ja neis valitsevaist tingimustest (niiskus, soojus, sööbivad gaasid jne.). Asetusviisilt jaotatakse installatsiooniseadmed kolme põhiliiki:

a) lahtine asetusviis, kus paljad või isoleeritud juhtmed kinnitatakse üksikuis kinnituspunktides isoleerivate vahendite abil,

b) pinnapealne asetusviis, kus vastavalt sobivad juhtmed asetatakse seinte ja lagede pinnale,

c) süvistatud asetusviis, kus isoleertorudesse paigutatud juhtmed asetatakse seinte ja lagede pinna alla.

(Asetusviisi nimetuste „krohvi all" ja „krohvi peal" kasutamine pole alati õigustatud, kuna sageli esineb ruume, kus pole üldse krohvitud pinda, ometi on võimalik nn. „krohvialune töö", näiteks vineerplaatidega kaetud pindade korral.)

Tarvitusel on järgmised asetusviisid:

1. Isoleeritud või paljad (kaetud) juhtmed lahtiselt isolaatoreil (*is*) või isoleerrullidel (*rl*), s. o. lahtine asetusviis.

2. Isoleeritud juhtmed:

a) pinna peal isoleer- (bergmann-) torudes (*ito*), terastorudes (*tto*), pešeltorudes (*pto*), terassoomustorudes (*tsto*) ja gaasitorudes (*gto*);

b) süvistatult terastorudes (*stto*), terassoomustorudes (*ststo*), gaasitorudes (*sgto*) või kummitorudes (*skto*).

3. Torutraat (kuulo), ainult pinna peal.
4. Kaablitaolised juhtmed, ainult pinna peal.
5. Kaablid pinna peal või kanaleis.
6. Juhtmed kandetraatidel (*ktr*).

Juhtmete asetusviis peab vastama järgmistele nõudeile:

1) Isolatsioon olgu hea, et vältida energiakadu, rikkeid ja õnnetusi. Hea isolatsioon saadakse vastava headusega materjali kasutamisega ja korraliku tööga.

2) Juhtmed olgu kaitstud mehaaniliste vigastuste vastu. Selleks asetada juhtmed säärasesse kõrgusse, kus vigastusi pole karta, või kaitseda juhtmed külgepuute ulatusel näit. torudesse asetamisega.

Külgepuutumis- ja mehaaniline kaitse ei ole nõutav lukustatavais, ainult õppinud meeskonnale kättesaadavais elektriseadmete talitusruumides, välja arvatud kõrgepinge-seadmed.

3) Juhtmete asetusviis olgu säärane, et tarbe korral oleks võimalik nende kontrollimine ja ümbervahetamine. Seepärast ei tohi näiteks torutraati (kuulot) asetada krohvi alla. See nõue ei käi kaablite kohta.

118. Juhtmete kaitsmine mehaaniliste vigastuste vastu.

Tavaliste kummisoonjuhtmete (*ПР* jts.) isolatsioon on elektriliselt küllaldane, ei paku aga kuigi tõhusat kaitset mehaaniliste vigastuste vastu. Seepärast võib selliseid juhtmeid lahtiselt (s. t. ilma kaitsetoruta) asetada ainult väljapoole külgepuute ulatust (vt. p. 124). Külgepuute ulatuses tuleb juhtmeid kaitseda kaitsevõredega, asetamisega torudesse (vt. p. 127) jne.

Torutraadil ja kaablitaolistel juhtmeil on seesugune kaitse metallkesta tõttu juba teataval määral olemas. Kardetavamail kohtadel, nagu põrandaist läbiviimisel, tuleb eelnimetatud juhtmeid kaitseda asetamisega raudtorusse.

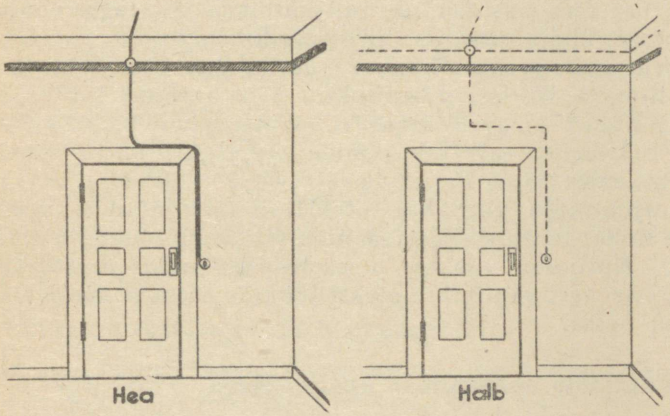
Kaitsetoru ülemine ots olgu põrandast läbiviigi korral 2,5 m kõrgusel.

Otse seinale võib kinnitada ainult neid juhtmeid, mis on varustatud metallist kaitsekestaga (torutraat, kaablitaolised juhtmed, juhtmed isol. torudes).

119. Juhtmete asetamine seinale.

Ülevaatlikkuse ja ilu mõttes on soovitav, et kõik juhtmed asetseksid püst- ja vesiloodis, rööbiti seintele ja lagedele või teistele geomeetrilistele joontele.

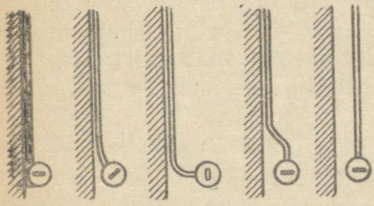
Eluruumides tuleb juhtmed asetada võimalikult varjatult või selliselt, et nad „sulaksid" kokku olemasolevate joontega, paigutades juhtmed tapetiserva joonele, liistudele, karniisidele jne. (vt. joon. 76).



Joon. 76. Juhtmete asetus: hea ja halb.

Lüliteisse minevaid juhtmeid saab hästi varjata uksepiidaga.

Joonisel 77 on näidatud mõned asetusviisid:



Joon. 77. Lülitijuhtmete paigutus.

a — väga hea, kuid nõuab erilist lülitit;

b, c — tavalised asetusviisid;

d ja e — ilu mõttes ebasoovitav.

Lülitite tavaline kõrgus põrandast on 1,25 ... 1,5 m, pistikupesadel 0,5 ... 0,8 m.

Ebasoovitav on tugevvoolu-juhtmete kokkupuutumine helisti- (kella-), telefoni- ja teiste nõrkvoolu-juhtmetega, millede isolatsioon on nõrk. Nende juhtmete omavaheline kaugus olgu vähemalt 10 cm; ristumiskohad tuleb isoleerida rullidega, toru-

dega vts. Keelatud on nõrk- ja tugevvoolu-juhtmete asetamine ühisesse torru.

120. Juhtmete lülitus.

Faasjuhtmed peavad olema vastava isolatsiooniga (näit. *ПР*) või olema asetatud isoleeritult (näit. portselan-isolaatoreil); maandatud nulljuhe võib olla ka isoleerimata (näit. *ПВМ* torus, naeltega otse mastile löödud paljasjuhe jne.).

Üksnes maa kasutamine nulljuhtmena või tagasivoolu-juhtmena (s. o. ühejuhtmeline liin) pole lubatav.

Torutraadi ja kaablitaolise juhtme kesta ei tohi kasutada nulljuhtmena või maandamiseks, välja arvatud juhtumid, kui need juhtmed omavad kesta all ja temaga elektriliselt ühenduses olevat paljast traati, mida tegelikult nulljuhtmeks või maandamiseks tuleb kasutada.

Nulljuhtmega võrkudes tuleb lülit igal juhul asetada faas- (mitte null-) juhtmesse ja faasjuhe viia lambipesa põhjakontakti külge. Nulljuhe viiakse otseselt lambipesa keermekontakti külge. Sel teel välditakse elektrilöökide saamist lambi sissekeeramisel pessa.

121. Juhtmete ühendamine aparaatidega.

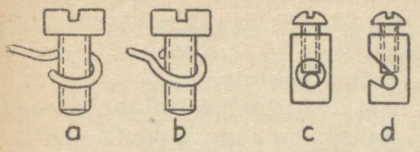
Juhtmete ühendamisel aparaatidega puhastatakse juhtmete otsad isolatsioonist noaga. Puhastamisel tuleb olla ettevaatlik, et nuga traati ei vigastaks, mille tagajärjel väheneks juhtme põikpind ning traat võiks kergesti murduda juhtme painutamisel. Otsa puhastamisel lõigatakse isolatsioon lahti, hoides noatera poolviltu juhtmele (sarnlevalt pliiatsi teritamisega). Isolatsioonkihi lõpp mähitakse tarbe korral isoleerpaelaga või niidiga, et vältida isolatsiooni ülemiste kihtide lahtihargnemist.

Peenemad juhtmed ühendatakse otseselt klemmkruvide alla, kuna jämedamail kinnitatakse selleks otstarbeks otsa nn. k a a b l i k i n g a d.

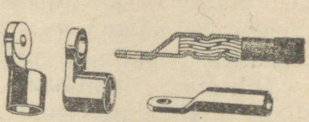
Peenemate juhtmete ühendamiseks kasutatakse kas juhtme otsa keeratud aasa (joon. 78-a) või klemmikruve, kuhu juhtmeots asetatakse sisse sirgelt (joon. 78-c, d). Aas asetatakse kruvi alla nii, et kruvi sissekeeramisel aas lahti ei keerduks (joon. 78-a — õige, b — väär asetus).

Mitmekiulise juhtme otsal joodetakse kõik kiud tinooliga või tinaga kokku, et mõne kiu ots ei hargneks lahti ja kaugemale ulatudes ei põhjustaks rikkeid.

Kaablikingi (joon. 79) kasutatakse traatjuhtmel põikpinnaga üle 16 mm² ja köisjuhtmel üle 6 mm².



Joon. 78. Juhtmeotsa asetamine kruvi alla.

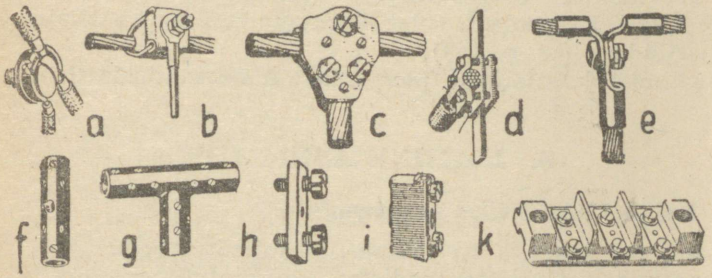


Joon. 79. Kaablikingad.

Kaablikingad valmistatakse valatult või plekist stantsitult. Juhtme otsa kinnitamine toimub tavaliselt jootmisega, harvem ka pressimisega (analoogiliselt mõlkklemmidele) või keevitamisega (alumiiniumil). Kontakt juhtme ja aparaadi vahel peab olema alati hea. Selle saavutamiseks tuleb kontaktikoht puhastada ja kruvid kõvasti kinni keerata.

122. Juhtmete jätkamine ja hargnemine.

Juhtmete jätkamiseks ja hargnemiseks tuleb kasutada kruviühendusi, jootmist, keevitamist, neetimist või mõnda muud samaväärset ühendusviisi.



Joon. 80. Kruviklemmid.

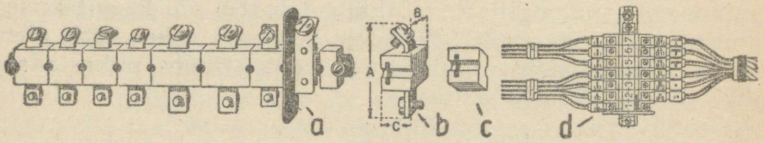
Vaskjuhtmete ühendamiseks kasutatake peamiselt kruviklemme. Rida viimaseid on näidatud joon. 80: a ... d — kruviklemmid juhtmete ühendamiseks lahtisel asetusviisil; e — juhtmete ühendamine kaablikingade abil; f ... g — jätkamishülsid kruvidega, kasutatakse peamiselt kaablimuhvides; h — plaat-

klemm; i — seesama, isoleeritult; k — klemmid isoleeralusel, kinnitamiseks jaotuskilpidele, mitmesugustele aparaatidele jne.

Isoleertoru korral, torutraatidel ning kaablitaolistel juhtmeil kasutatakse hargnemiseks joon. 91, 97, 102 ja 103 näidatud harukarpe. Viimaste arv ja asetus tuleb valida selliselt, et ühe kontaktkruvi alla ei tuleks üle kolme juhtme.

Juhtmete ühenduste tegemisel harukarbis tuleb kasutada üheks ning samaks (näit. null-) juhtmeks kogu seadme ulatuses võimalikult ühevärvilisi sooni.

Juhtmete suure arvu korral (näit. mõõte-, kontroll- ja komandojuhtmed lülituskilpidel jne.) on soovitav kasutada nn. ridaklemme: metall-latile lükitud isoleerkuubikuil asetsevaid klemme (joon. 81). Viimaseid ehitatakse juhtmeile 6 ... 150 mm², laiusega (B) 20 ... 50 mm.



Joon. 81. Ridaklemm.

Alumiinium annab kruvi all aja jooksul järele, mistõttu kontakt nõrgeneb; alumiiniumjuhtmeil on seetõttu soovitav kasutada keevitamist või jootmist. Vajatakse alumiiniumjuhtmete vallandatavaid ühendusi, tuleb kasutada teraskruve allaasetatud vedruseibidega (vt. p. 168).

Neetimist kasutatakse peamiselt raud-maanduslattidel.

B. LAHTINE ASETUSVIIS.

123. Lahtise asetusviisi kasutusulatus.

Lahtine asetusviis on vananenud, mistõttu seda võiks kasutada peamiselt ajutistes seadistes, välisinstallatsioonide juures ja peale selle kõrvalistes ruumides, kui seadiselt ei nõuta erilist ilu, ja kohtades, kus teised asetusviisid ei osutu otstarbekohaseks.

Kasutamisel on järgmised asetusmoodused:

a) kummisoonjuhe *ПР, ПРГ* (*NGAW, NGA*) isoleerrullidel. Kasutamisel kuivades ruumides, peamiselt jämedamate (üle 10 mm²) juhtmete korral (laod, töökojad jne.).

b) Kummisoonjuhe *ПР, ПРГ, ПРТО* (*NGAW, NGA*) isolaatoreil või mantelrullidel. Kasutatakse märgades ruumides ja välisinstallatsioonide juures (näit. ühendusjuhtmed hoonete vahel, õuede ning aedade valgustamine jne.).

c) Paljas või kaetud juhe *ПВМ* (*PLWC*) portselanisolaatoreil. Kasutatakse õues ja neis siseruumides, kus leidub isolatsioonile sööbivalt mõjuvaid gaase.

Juhtmete jämeduse suhtes on kehtiv p. 29 öeldu.

d) Kummisoon-nöörjuhe, nn. litse *ПРД, ШР* isoleerrullidel. Kasutatav ainult kuivades ja köetavais ruumides mehaaniliselt ohustamata piirkonnas. Kasutatav erandjuhtudel ainult väljaspool käeulatust (vt. p. 118 ja 124); allatoomine lülititesse jne. tuleb teostada (olenevalt ruumi iseloomust) torudes või kaitstud kaablitaoliste juhtmetega.

124. Juhtmete kaugused.

Lahtiselt asetatud installatsioonijuhtmete kõrgus maapinnast, põrandaist, mademeist (podestidest), käidavaist lamedaist katuseist, kaubavirnadest jne. peab olema vähemalt 2,5 m, kõrgus üle terava kallakuga mittekäidava katuse vähemalt 1,25 m.

Kõrgus sõiduteede kohal hoonete vahel peab olema vähemalt 4,5 m.

Juhtmete minimaalsed kaugused omavahel ja hoone osadest on lahtise asetusviisi jaoks antud tabelis 35.

Tabel 35.

Lahtiselt asetatud juhtmete minimaalkaugused.

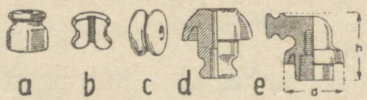
A. Isoleeritud juhtmed:
kaugus seinast hoones — 1 cm,
kaugus seinast väljas — 2 cm.

B. Paljasjuhtmed:
kaugus seinast või seina konstruktsioonist — 5 cm,
kaugus üksteisest:
visangu (kinnituspunktide vahe) juures 0... 2 m — 5 cm
„ „ „ „ „ 2... 4 m — 10 „
„ „ „ „ „ 4... 6 m — 15 „
„ „ „ „ „ 6...20 m — 20 „

125. Isoleerrullid ja isolaatorid.

Joonisel 82 on toodud valik isoleerrulle, mida kasutatakse juhtmete kinnitamiseks seinale ja lagedele: a — harilik portselanrull, b — nurgarull, c — ristamisrull ja d — mantelrull.

Nurgarulle kasutatakse juhtme ümber nurga viimiseks. Nurgarull seotakse juhtme külge või kinnitatakse seina külge selleks, et juhtme lõtvumisel rull maha ei kukuks. Mantelrulle kasutatakse niiskeis ruumides ainult lae all.



Joon. 82. Isoleerrullid ja nokkisolaator.

Rullide mõõdud ja vastavad kinnituskruvid on antud tabelis 36.

Tabel 36.

Isoleerrullid.

Juhtmeile kuni mm²	Lihtrull			Mantelrull		
	h mm	*d* mm	Kinnituskruvi[1] puidule	*h* mm	*d* mm	Kinnituskruvi puidule
s	16	16	—	—	—	—
4	25	25	3,5× 40	45	45	4,5×50
10	32	32	4,5× 45	56	56	5,5×60
25	36	36	6× 60	64	64	6,5×60
70	40	40	8× 70	72	72	8 ×65
185	60	60	10×100	—	—	—

h — rulli kõrgus,

d — rulli (mantelrullil mantli) väline läbimõõt,

s — rull on ette nähtud ainult side- ja signaaljuhtmeile.

Isolaatoritena kasutatakse tavalisi õhuliini-isolaatoreid (vt. p. 81).

Juhtme paigutamiseks seinale vertikaalselt kasutatakse nokkisolaatorit (joon. 82-e). Isolaatori läbimõõt *d* on 60 ja 80 mm, kõrgus *h* vastavalt 68 ja 94 mm. Väiksem tüüp on kõlblik juhtmele kuni 10 mm², suurem tüüp kuni 35 mm². Nokkisolaator kinnitatakse seina külge hariliku isolaatorikonksu abil.

126. Juhtmete monteerimine.

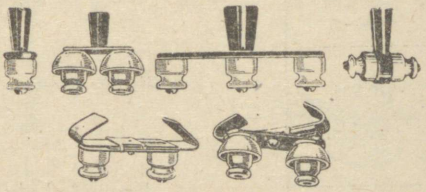
Juhtmete ja isoleer- või mantelrullide asukohad märgitakse p. 160 toodud viisil ja rullid kinnitatakse oma kohale.

[1] Esimene arv tähendab kinnituskruvi läbimõõtu mm, teine pikkust mm.

Rullide vahemaa liini suunas tuleb võtta juhtmete asetamisel seinale rõhtsalt mitte üle 0,8 m, püstasendis — 1 m, laes võib see olla ka suurem.

Isolaatorite suhtes on kehtiv õhuliinide kohta toodu.

Puitalusele kinnitatakse rullid puidukruvidega. Müürisse kinnitamisel kasutatakse tüübleid (vt. p. 161). Viimaseist on kõige otstarbekohasemad vastavad malmtüüblid (joon. 83 alumine rida), milledele kinnitatakse vajalik arv rulle. Tüübel kinnitatakse seina või lae sisse tsemendiga. Raudtalade külge kinnitatakse rullid sellekohaste vitsrauast klambritega (joon. 83 ülemine rida).



Joon. 83. Rullide tüübid ja hoideklambrid.

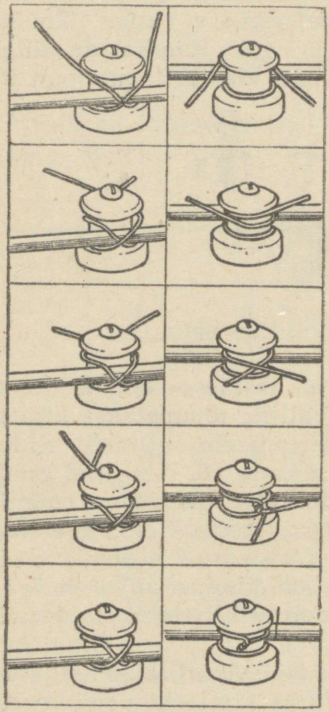
Kui kõik isoleerrullid on kinnituspunktidesse kohale asetatud, kinnitatakse juhe ühele alumisele rullile, tõmmatakse käsitsi või ploki abil pingule ja seotakse järgmistele rullidele. Sidumiseks kasutatakse 1 . . . 2 mm jämedust vask- või tsingitud raudtraati või tõrvanööri; viimane on sööbivate gaasidega ruumis eelistatud. Et sidumistraat ei vigastaks isolatsiooni, kaetakse juhe sideme kohal isoleerpaelaga. Isoleeritud sidumistraadi kasutamisel pole juhtmel sideme koha mähkimine isoleerpaelaga tingimata vajalik. Sidemekoht on soovitav hiljem katta emaillakiga.

Kindel ja lihtne juhtme sidumisviis isoleerrullile on näidatud joon. 84. Sidumistraat asetatakse juhtmest teisele poole rulli, tuuakse otsad juhtme alt läbi, ristatakse ja viiakse pealpool juhet jälle tagasi teisele poole rulli, kus otsad keerutatakse kokku. Ülearused traadiotsad lõigatakse ära ja surutakse kokkukeerutatud traadiosa vastu rulli.

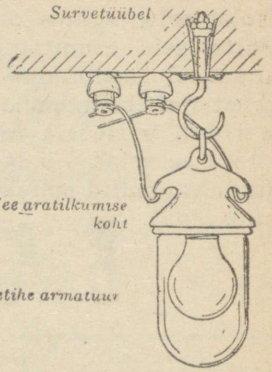
Juhtmete montaaž ja sidumine isolaatoreile toimub analoogiliselt õhuliinidele.

Hargnemised jämedate juhtmetega ja välisseadmete juures (õues) ning märgades ruumides teostatakse kruviklemmidega (analoogiliselt õhuliinidele) (joon. 80 ja 56) või harvem jootmisega. Hargnemiskoht peab asetsema nõutavas kauguses seinast

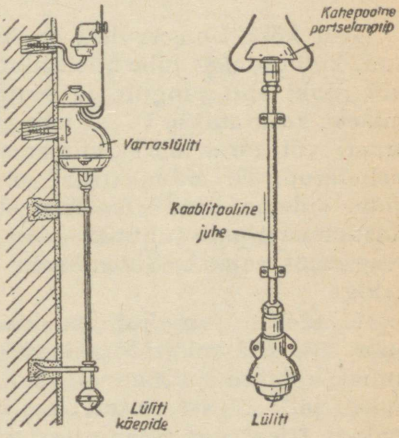
ja naaberjuhtmeist (vt. tab. 35) ning olema isoleeritud samaväärselt juhtmele. Soovitav on isoleeritud hargnemiskoht katta emaillakiga.



Joon. 84.
Juhtme sidumine rulli külge.



Joon. 85. Lahtiste juhtmete ühendamine lambiarmatuuriga.



Joon. 86. Joon. 87.
Lülitite tüübid lahtise seadise juures.

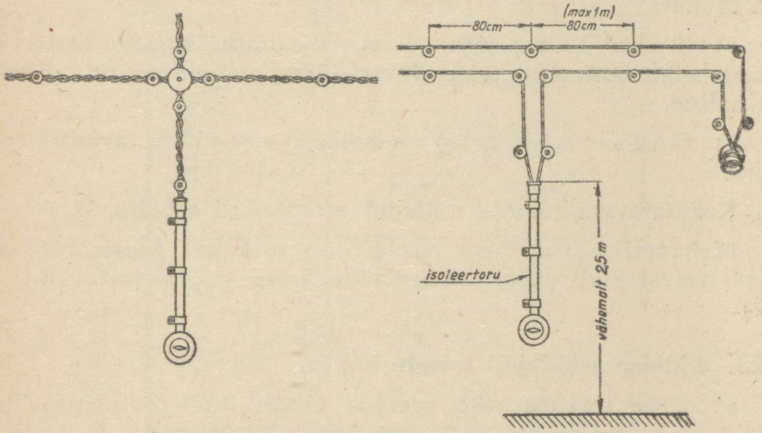
Peenemate juhtmete hargnemisi kuivades ruumides teostatakse tavaliselt portselan-harukarpide (joon. 102) või jooteühenduste abil.

Juhtmete läbiviigid läbi seinte teostatakse kuivades ruumides isoleer- (bergmann-) või kummitoru kaudu, märgades ruu-

mides lahtiste avade, erilise portselantoru või soomustoru kaudu ning kaablitaolise juhtmega (joon. 108).

Soomustoru tuleb otstes varustada kititud või külgekruvitud portselanpiibuga ja tarbe korral täis valada kaablimassiga või tihendada isoleerkitiga.

Juhtmete ühendamine lambiarmatuuridega on näitena toodud joon. 85, juhtmete ühendamine lülititega joon. 86 ja 87.



Joon. 88. Näiteid juhtmete lahtisest asetusviisist.

Juhtmete allatoomiseks lüliteisse, pistikupesadesse jne. kasutatakse kuivades ruumides isoleer-, soomus- jts. toru, märgades ruumides kummitinakaablit *CPБ* (*NBEU*) või ülal topelpiibuga varustatud ja vajaduse korral veekindlalt tihendatud soomustoru.

Näiteid juhtmete lahtisest asetusviisist on toodud joon. 88.

C. JUHTMETE ASETUS TORUDESSE.

127. Torude liigid.

Elektrijuhtmete kaitseks on kasutusel peamiselt allnimetatud torude liigid:

a) Isoleertorud (*ito*), tuntud ka bergmann-torude nimetuse all — immutatud papptoru, kaetud pikiõmblust omava valtsitud plekkmantliga.

b) Terassoomustoru (*tsto*) — immutatud papp-voodriga terastoru.

c) Pressitud isoleerainest torud, näiteks kummi- (eboniit-) toru (*kto*).

d) Peŝeltoru (*pto*) — seest- ja väljastpoolt mustaks emailitud terastoru, omab pikuti lõhist, kusjuures lõhise servad on ülekuti.

e) Terastoru (*tto*) — ei oma mingisugust isoleerivat vooderdist, määratud eriti elektri-installatsioonitöödele, õhemaseinaline.

f) Gaasitoru (*gto*) — isoleeriva voodrita tavaline raudtoru.

Kasutatavate torude mõõdud on toodud tabelis 37.

Mehaanilise tugevuse poolest on esikohal gaasitorud, seejärel terastorud, peŝeltorud, isoleertorud ja kummitorud.

128. Üldised eeskirjad torude kohta.

a) Ühte torusse võib asetada ainult ühe vooluringi juhtmeid (näit. neljajuhtmelisel keerdvoolul 3 faasjuhet ja nulljuhe, ühefaasisel haruliinil mõlemad juhtmed jne.), mitte aga näiteks eraldi kaitsmetega kaitstud ja rühmitatud rühmliinide juhtmeid.

b) Vahelduv- ja keerdvoolu-liinides raud- või terasmantliga torude kasutamisel (*ito, tto, tsto, pto, gto*) tuleb kõik ühisesse vooluringi kuuluvad juhtmed asetada ühte torusse. Vastupidisel juhtumil, kui juhtmed asetataks eraldi torudesse, võivad viimased pöörisvoolude toimel liigselt kuumeneda ja undama hakata ning ühtlasi suureneb induktiivne pingelang. Eriti tunduv on see toime suurte voolude korral.

c) Juhtmete jätkamine torudes pole lubatud. Jätkamist teostatakse harukarpides.

d) Torude kohaleasetamisel tuleb silmas pidada, et ei oleks võimalik nendesse kondensvee kogunemine (eriti krohvi alla süvistatud asetuse korral), s. o. torud ei tohi omada nõgusid või nn. „kotte", kust vee äravool oleks takistatud. Kui juhtmed juhitakse läbi seina või lae soojast ruumist külma ruumi, tuleb kondensvee mõju vähendamiseks iga juhe asetada läbiviigi ula-

Tabel 37.

Torude mõõdud.

Isoleer- (bergmann-) toru			Terassoomus- toru			Kummitoru (eboniit-)			Pešeltoru			Terastoru (keermega)			Gaasitoru			
d mm	*D* mm	*m* mm	*d* mm	*D* mm	*m* mm	*d* mm	*D* mm	*s* mm	*d* mm	*D* mm	*s* mm	*d* mm	*D* mm	*s* mm	*d* toll	*d* mm	*D* mm	*s* mm
—	—	—	—	—	—	7	10,0	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	12,5	0,19	9	15,2	1,4	9	12,4	1,7	8	9,5	0.75	12,4	15,2	1,4	3/8	9,5	14,1	2,3
11	15,0	0,19	11	18,6	1,5	11	14,4	1.7	14	15,5	0,75	15,6	18.6	1,5	1/2	12,7	18,1	2,7
13	17,0	0,19	13,5	20,4	1,5	13	17,0	2,0	18	20,0	1,0	17,4	20,4	1,5	5/8	15,8	21,8	3,0
16	21,0	0,21	16	22,5	1,5	16	20,0	2,0	26	28 0	1,0	19,5	22,5	1,5	3/4	19,0	25,0	3.0
23	28,0	0.21	21	28 3	1,7	23	29,0	3,0	37	40,0	1,5	24,9	28,3	1,7	1	25,4	32,0	3.3
29	34,5	0,23	29	37,0	2,0							33,0	37,0	2.0	1 1/4	31,7	39,0	3,7
36	42,0	0,23	36	47,0	2,5							42,0	47,0	2 5	1 1/2	38,0	46,0	3,9
48	54,5	0,24	42	54,0	2,5							48,0	53,0	2,5	1 3/4	44,4	52.0	4,0
															2	50,8	59,0	4.3
															2 1/4	57,1	66,0	4,5
															2 1/2	63,5	73,0	4.7

d — toru sisemine (nimi-) läbimõõt,
D — toru keskmine väline läbimõõt,
m — metallkesta paksus,
s — keskmine seina paksus.

Tabel 38.

Torude nimiläbimõõdud olenevalt juhtmete arvust, põikpinnast ja asetusviisist OCT-i järgi.

Juhtme nimi-põik-pind q mm²	Torude nimiläbimõõdud mm (*gto* — tollides), kui on:														
	1 juhe torus						2 juhet torus			3 juhet torus			4 juhet torus		
	ПР-380 või *ПР-500*		*ПР-500* või *ПРТО-500 gto*	kahesooneline *ПРТО-500 gto*	kolmesooneline *ПРТО-500 gto*	neljasooneline *ПРТО-500 gto*	*ПР-380* või *ПР-500 ito*	*ПР-500 skto*	*ПР-500* või *ПРТО-500 gto*	*ПР-380* või *ПР-500 ito*	*ПР-500 skto*	*ПР-500* või *ПРТО-500 gto*	*ПР-380* või *ПР-500 ito*	*ПР-500 skto*	*ПР-500* või *ПРТО-500 gto*
	ito	*skto*													
1	9	9	1/2	1/2	1/2	1/2	13	11	1/2	16	16	1/2	16	16	1/2
1,5	11	9	1/2	1/2	1/2	1/2	16	11	1/2	23*	16	1/2	23*	16	1/2
2,5	11	11	1/2	1/2	3/4	3/4	16	13	1/2	23	16	3/4	23	16	3/4
4	13*	11	1/2	3/4	3/4	3/4	23*	16	3/4	23	23	3/4	23	23	3/4
6	13*	13*	1/2	3/4	3/4	3/4	23	16	3/4	23	23	3/4	23	23	3/4
10	16*	16	1/2	1	1	1	23	23	1	29*	29	1	29*	29	1
16	16	16*	1/2	1	1 1/4	1 1/4	23	23	1	29	29	1	29	29	1 1/4
25	16	16	3/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2	29	29	1 1/4	36	36	1 1/4	36	36	1 1/4
35	23*	16	3/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	29	29	1 1/4	36	36	1 1/4	36	36	1 1/2
50	23	23	1	2	2	2	36	36	1 1/2	—	—	1 1/2	—	—	2
70	29	29	1	2	2	2 1/2	—	—	2	—	—	2	—	—	2 1/2
95	29	29	1 1/4	2 1/2	2 1/2	2 1/2	—	—	2	—	—	2 1/2	—	—	2 1/2
120	36	29	1 1/2	2 1/2	2 1/2	3	—	—	2 1/2	—	—	2 1/2	—	—	3

ito — isoleer- (bergmann-) toru, *skto* — süvistatud kummitoru, *gto* — gaasitoru. Märgiga * tähistatud juhtumeil võib lühikese (kuni 5 m) sirge, mitte üle kahe painutusega toru korral kasutada ühe astme võrra peenemat toru.

Tabel 39.

Torude nimiläbimõõdud olenevalt juhtmete arvust, põikpinnast ja asetusviisist varemkehtinud normide järgi.

Juhtme nimi põikpind q mm²	Torude nimiläbimõõdud mm (*gto* — tollides)											
	1 *NGA*				2 *NGA*				3 *NGA*			
	Pinnapealsel asetusviisil											
	ito	*tsto*	*pto*	*gto*	*ito*	*tsto*	*pto*	*gto*	*ito*	*tsto*	*pto*	*gto*
1	9	11	8	3/8	11	11	14	1/2	11	11	14	3/4*
1,5	11	11	8	3/8	11	13,5*	14	5/8*	13,5*	13,5*	14	3/4
2,5	11	11	8	1/2*	16*	16	14	5/8	16	16	18	3/4
4	11	11	14	1/2	16	16	18	3/4*	16	21	18	1*
6	11	11	14	5/8*	23*	21*	18	3/4	23	21	26	1
10	13,5	13,5	14	3/4	23	21	26	1	23	21	26	1 1/4
16	13,5	13,5	18*	3/4	23	29	26	1 1/4*	29	29	37	1 1/2
25	16	16	18	3/4	29	29	37*	1 1/4	36*	36*	37	1 1/2
35	23	21	26*	1	36	36	37	1 1/2*	36	36	37	2*
50	23	21	26	1	36	42*	37	1 1/2	48	42	—	2
70	23	21	26	1 1/4	48	42	—	2*	48	—	—	2 1/2
95	29	29	37*	1 1/2	48	42	—	2	—	—	—	2 1/2
120	29	29	37	1 1/2	—	—	—	2 1/2	—	—	—	2 1/2
150	36	36	37	1 3/4	—	—	—	2 1/2	—	—	—	3
	4 *NGA* või 3 *NGA* + 1 *NL*				1 *NGA* + 1 *NL*				2 *NGA* + 1 *NL*			
1	16*	16*	18*	1*	11	13,5	14	1/2	13,5	13,5	14	3/4*
1,5	16	16	18	1	11	13,5	14	5/8*	13,5	13,5	14	3/4
2,5	23	21	26*	1	13,5	13,5	14	5/8	16	16	18	3/4
4	23	21	26	1 1/4	16*	16	14	3/4*	16	16	18	1*
6	23	21	37*	1 1/4	16	16	18	3/4	23	21	26	1
10	29	29	37	1 1/2	23*	21	18	1	23	21	26	1 1/4*
16	36*	36*	37	1 1/2	23	21	26	1 1/4*	29	29	37	1 1/2
25	36	36	37	2	29	29	37	1 1/4	36*	36*	37	1 1/2
35	48	42	—	2	36*	36*	37	1 1/2*	36	36	37	2*
50	48	—	—	2 1/2	36	36	37	1 1/2	48	42	—	2
70	—	—	—	2 1/2	48	42	—	2*	48	42	—	2 1/2
95	—	—	—	3	—		—	2	—	—	—	2 1/2
120	—	—	—	3	—	—	—	2 1/2	—	—	—	2 1/2
150	—	—	—	3	—	—	—	2 1/2	—	—	—	3

Juhtme nimi-põik-pind q mm²	Torude nimiläbimõõdud mm (*gto* — tollides)											
	1 *NGA*				2 *NGA*				3 *NGA*			
	Süvistatud asetusviisil											
	sito skto	*ststo*	*spto*	*sgto*	*sito skto*	*ststo*	*spto*	*sgto*	*sito skto*	*ststo*	*spto*	*sgto*
1	11	11	8	Nagu pinnapealsel asetusel	11	13,5	14	Nagu pinnapealsel asetusel	13,5	13,5*	14	Nagu pinnapealsel asetusel
1,5	13,5	13,5	14		13,5	13,5	14		16*	16*	14	
2,5	13,5	13,5	14		16	16	14		23*	21*	18	
4	13,5	13,5	14		23*	21*	18		23	21	18	
6	13,5	13,5	14		23	21	18		23	21	26	
10	13,5	13,5	18*		23	29	26		29	29*	26	
16	16	16	18		29	29	26		29	29	37	
25	23*	21*	26		36	36	37		36	36	37	
35	23	21	26		36	36	37		36	36	37	
50	23	21	26		48	42	37		48	42	—	
70	29*	29*	26		48	42	—		—	—	—	
95	36*	36*	37		—	—	—		—	—	—	
120	36	36	37		—	—	—		—	—	—	
150	48	42*	—		—	—	—		—	—	—	
	4 *NGA* või 3 *NGA* + 1 *NL*				1 *NGA* + 1 *NL*				2 *NGA* + 1 *NL*			
1	16	16	18	Nagu pinnapealsel asetusel	11	13,5	14	Nagu pinnapealsel asetusel	13,5	13,5	14	Nagu pinnapealsel asetusel
1,5	23*	21*	18		13,5	13,5	14		16*	16*	14	
2,5	23	21	18		16*	16*	14		23*	21*	18	
4	23	21	26		16	16	14		23	21	18	
6	29*	29*	26		23*	21*	18		23	21	26	
10	29	29	37		23	21	18		29*	29*	26	
16	36	36*	37		23	29*	26		29	29	26	
25	36	36	37		29	29	26		36	36	37	
35	48	42	—		36*	36*	37		36	36	37	
50	48	—	—		48*	42*	37		48	42	37	
70	—	—	—		48	42	—		—	—	—	
95	—	—	—		—	—	—		—	—	—	
120	—	—	—		—	—	—		—	—	—	
150	—	—	—		—	—	—		—	—	—	

Märkus tabelile 39.
ito — isoleer- (bergmann-) toru, *tsto* — terassoomustoru, *pto* — pešeltoru, *gto* — gaasitoru, *kto* — kummitoru. Märgiga * tähistatud juhtumil võib lühikese (kuni 4 m) sirge toru korral kasutada ühe astme võrra peenemat toru.

tuses eraldi torusse ja torude ülemised või sooja ruumi poolsed otsad võimalikult tihendada või täita kogu ulatuses kaablimassiga.

129. Toru jämeduse valik.

Süvistatud ehitusviisi korral (näit. krohvi all) peavad torud olema niivõrd avarad, et juhtmeid saaks igal ajal välja tõmmata ja vahetada ilma torude väljaraiumiseta. Juhtmed tõmmatakse torudesse tavaliselt alles pärast torude kohaleasetamist, seinte krohvimist ning krohvi ja torustiku täielikku kuivamist.

Nähtavalt seinal asetsevate torude kohta (pinnapealne asetusviis) ei ole ülaltähendatud nõue kehtiv ning juhtmeid võib torudesse tõmmata ka enne torude kohaleasetamist ja painutamist.

Andmed vajalike torude suuruste kohta olenevalt juhtmete põikpinnast, arvust ja torude asetusviisist on toodud tabelis 38 ja 39.

130. Isoleer- (bergmann-) torude montaaž.

Isoleertorud on müügil 3 m pikkustes tükkides, kusjuures torul on ühes otsas veel plekist jätkamismuhv.

Jätkamiseks lõigatakse torude otsad tasaseks, kõrvaldatakse plekkmantel umbes 1 cm pikkuselt ja lükatakse jätkatavad toruotsad muhvi sisse.

Torude tükeldamist teostatakse noaga: lõigatakse toru risti läbi ning kõrvaldatakse noaotsaga pappvoodri ebatasane serv.

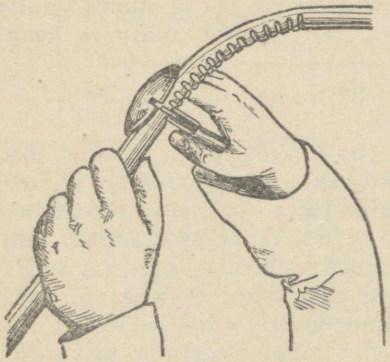
Torude painutamine toimub joon. 89 kujutatud painutustangide abil. Tangide suurus peab vastama toru nimisuurusele (11; 13,5; 16 jne. mm).

Painutamiseks vajutatakse torusse täkked, millede vahemaa on umbes 5 mm (7-mm torul) kuni 8 mm (29-mm torul). Painutada tuleb nii, et täkked ei satuks toru õmblusele ning kohaleasetatud torul õmblus jääks nähtamatuks, s. o. vastu seina või lage.

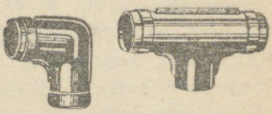
Kohtades, kus järsud nurgad on vältimatud, võib tarvitada nn. nurgatükke (joon. 90 vasakul). Viimased koosnevad kahest toru peale asetatavast poolest, mis hoitakse koos pealelükatud

rõngastega. Nurgatükid on kasutatavad ainult pinnapealsel asetusviisil, sisendusliinis on nad keelatud.

Juhtmete hargnemist teostatakse harukarpides. Viimaseid on tarvitusel kahesuguseid: a) portselan-harukarbid (ehituselt sar-

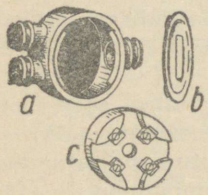


Joon. 89. Torutraadi ja isoleertoru painutamine.

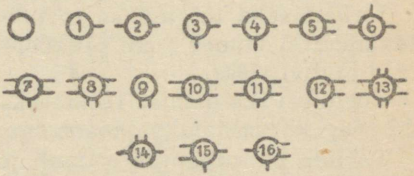


Joon. 90. Isoleertoru nurga- ja T-tükid.

nased joon. 102 toodud torutraadi ehk kuulo harukarpidega) — kasutatakse tolmuvabades ja kuivades ruumides, asetamiseks pinnale; b) plekk- (nn. süvistatavad või krohvialused) harukarbid — impregneeritud papist voodriga. Viimaste ehitus on näitena toodud joon. 91: a — harukarp, b — katekaas.



Joon. 91. Isoleertoru harukarp ja klemmirõngad.



Joon. 92. Plekk-harukarpide liigid.

Plekk-harukarpidel on toru ühendamiseks toruotsmikud. Joon. 92 on näidatud mitmesuguste toruotsmikkude paiknemisega harukarbid. Kõige tavalisemad on T- ja rist-harukarp (joon. 92 — 4 ja 6). Harukarbi läbimõõt peab olema vähemalt 70 mm, toruotsmike läbimõõt vastavalt tabelile 38. (Näit. rist-harukarp 4 × 11 mm, T-harukarp 3 × 13,5 mm jne.)

Plekk-harukarpe kasutatakse peamiselt tolmuseis, tuleohtlikes jts. ruumides ning süvistatud asetusviisi korral. Juhtmete jätkamist plekk-harukarpides tuleb teostada kruviühenduste abil. Selliseks ühendusabinõuks on nn. klemmirõngas, s. o. portselanrõngas või -seib, millele on kinnitatud 2...4 ühendusklemmi (joon. 91-c). Klemmirõngaid turustatakse harukarpidest lahus, seega tuleb neid alati eraldi tellida.

Kohtades, kus torud hargnevad ilma juhtmete hargnemiseta, võib kasutada T-tükke (joon. 90 paremal) ja risttükke. Viimased koosnevad nagu nurgadki kahest poolest; kasutatavad ainult pinnapealsel asetusviisil. Rist- ja T-tükkides ei ole juhtmete jätkamine lubatav. Sisendusliinides keelatud.

Harukarpidesse või aparaatidesse sisenevate torude otstes kõrvaldatakse plekkmantel umbes 1 cm pikkuselt, et vältida juhtmete vigastust toru plekkmantli terava serva tõttu. Lahtiselt seinal või laes lõppevail torudel (näit. üleminekul lahtisele asetusviisile) varustatakse toru otsad veel portselan-otsmikuga (-tülliga) või -piibuga (joon. 68 ja 98 vasakul).

131. Isoleertorud pinnapealsel asetusviisil.

Isoleertorusid kasutatakse juhtmete kaitsmiseks kuivades ruumides, kui torult ei nõuta eriti suurt mehaanilist tugevust, näit. kergete materjalidega töökodades ja ladudes, pööninguil jne., harvem ka eluruumides ja büroodes — viimaseis on ilu mõttes soovitav kasutada torutraati.

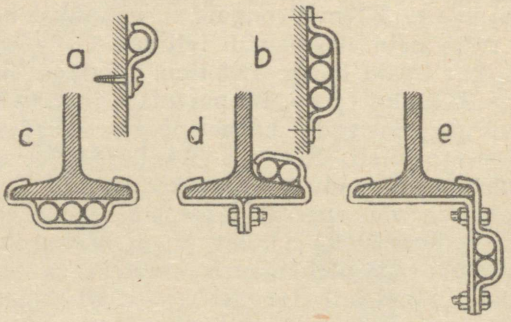
Ajuti rõskeis ruumides pole isoleertorude kasutamine soovitav. Kui seda siiski tehakse, tuleb toru enne seinale asetamist värvida ja värvi aeg-ajalt uuendada.

Isoleertorude kohaleasetamisel märgitakse seinale torude asukoht. Selleks märgitakse seinale toru alg- ja lõpp-punktid (näit. harukarpide asukohad), asetatakse viimaste vahele pinguletõmmatud nöör ja märgitakse selle järgi kinnituskruvide asukohad (vt. ka p. 160).

Torude kinnitamiseks seinale kasutatakse toru klambreid — pelle. Viimased kinnitatakse seinale p. 161 kirjeldatud viisil.

Torude asetamisel horisontaalselt tuleb pellid kinnitada nii, et kruvi asetseks allpool toru (joon. 93-a). Pellide vahemaa on horisontaalsel torul 80 cm, vertikaalsel 100 cm. Esimene pell asetatakse umbes 10 cm kaugusele toru algusest, harukarbist, nurgatükist jne.

Kui on vaja kinnitada seina mitu toru kõrvuti, kasutatakse ka mitmekordseid või lookpelle (joon. 93-b). Torude kinnitamisel raudtalade külge puuritakse taladesse vastavad pellide kinnitusaugud või kasutatakse joon. 93 c . . . e näidatud klambreid.



Joon. 93. Torude pellid.

Juhtmed tõmmatakse torusse enne toru kohaleasetamist ja enamasti ka enne toru painutamist.

Lülitid, pistikupesad jne. asetatakse seinale ja ühendatakse pärast torude ja juhtmete kohaleasetamist.

132. Isoleertorud süvistatud asetusviisil (krohvi all).

Ruumides, kus rohkem rõhku tuleb panna ilule (seltsimajad, bürood, eluruumid jne.), asetatakse juhtmed enamasti seina sisse süvistatud torudesse.

Torudena kasutati meil varemalt peamiselt isoleer- (bergmann-) torusid, erijuhtumeil ka teras- või teras-soomustorusid.

Praegu kehtivate määruste järgi on isoleertorude kasutamine süvistatud asetusviisi juures keelatud. Kuna kõik süvistatud asetusviisiga seadmed on meil seni ehitatud eranditult isoleertorudega, siis selle asetusviisi kirjeldus on vajalik.

Torud asetatakse seinale pärast toorehituse valmimist, kuid enne krohvimist või mõnesuguse teise materjaliga katmist (näit. vineer, isoleerplaat, papp jne.).

Torude asetamiseks raiutakse seina vastavad rennid, nii et torud jääksid krohvi alla ka õhukese krohvikihi korral.

Torude asetus märgitakse seinale kriidi või söega (joon. 94), kusjuures torude arv (renni laiuse märkimiseks) tähistatakse põikkriipsudega.

Torude asetus ei tarvitse olla täpselt sirgjooneline ja laega ning seintega rööbiti, vaid kasutada võib ka viltust asetust, kuid allatoomist lüliteisse ja pistikupesadesse on soovitav teha püstloodis, et nende asukoht oleks tõenäoliselt aimatav ja sellega teatava piirini nende vigastamise oht välditav hilisemal naelte löömisel seina. Eriti ohtlikes kohtades tuleb toru kaitseda nurkrauaga või kasutada soomustoru. Raiumistööde kergendamiseks võib kasutada müürivuuke.

Enne raiumistöödele asumist tuleb ehituse järelevalvet teostajate kaudu selgitada, kuivõrd on sisseraiumised lubatavad; eriti oluline on see raudbetoon-lagede, talade ja kandesammaste juures, et vältida lubamatuid kandekonstruktsioonide nõrgendamisi.

Üheaegselt torudega raiutakse seina ka õnarused harukarpidele ning lülitite ja pistikupesade karpidele.

Peale p. 130 kirjeldatud plekist harukarpide kasutatakse süvistatud töö juures mõnikord plekk- või isoleerainest harukarpe, milledel augud ja toruotsmikud puuduvad. Augud lüüakse sisse vajalikkudesse kohtadesse stantsiga või lõigatakse noaga ning plekkmantlist vabastatud otstega torud lükatakse monteerimise ajal umbes 1...2 cm pikkuselt harukarbi sisse. Üleliigsed torude otsad karbis lõigatakse ära noaga alles pärast krohvimist ja krohvi täielikku kuivamist või teistsuguse kattematerjali korral pärast torustiku ja harukarpide lõplikku kinnitamist ja kinnikatmist. Seejärel tõmmatakse torudesse juhtmed ja teostatakse ühendused.

Harukarbid tuleb asetada laest allapoole umbes 30...40 cm (5...6 kivi), nii et nad hilisemal krohvimisel ei jääks laekarniisi alla.

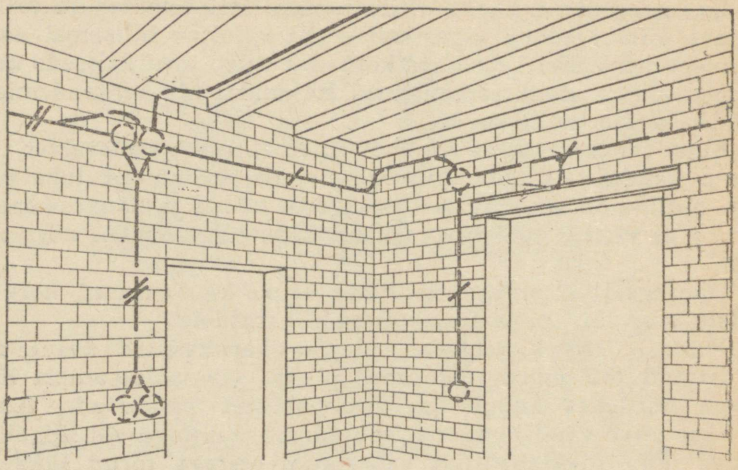
Juhtmete sissetõmbamise hõlbustamiseks ei tohi üksikute harukarpide (või harukarbi ja aparaadi) vahe olla üle 10...15 m. Kui torus on käänakuid, peab vahemaa olema veelgi lühem, kusjuures igas osas ei tohiks olla üle 3 käänaku. Tarbe korral tuleb kasutada läbistuskarpe, kust juhtmed tõmmatakse läbi jätkamatult.

Juhtmete sissetõmbamise hõlbustamiseks tuleb nurgad teha võimalikult pikkade poognatega (joon. 94).

Torude kinnitamiseks kasutatakse üksikuid, viltuselt üle toru seinasse löödud 2...2½-tolliseid naelu või sidumistraati, mis kinnitatakse renni põhja löödud naela pea ümber.

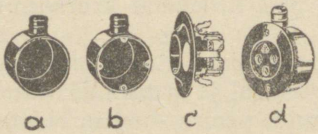
Harukarbid tuleb seina sisse asetada niivõrd, et kõigi karpide kaaned asetseksid krohviga ühel tasapinnal.

Üheaegselt torude ja harukarpidega asetatakse seina ka karbid lülitite ja pistikupesade jaoks, nn. lülitikarbid (joon. 95).



Joon. 94. Torude asetuse märkimine.

Sellistel karpidel on läbimõõt 55 mm ja nende ehitus on analoogiline harukarpidele. Karp asetatakse krohvi sisse analoogiliselt harukarpidele, nii et krohvi peale jääb ainult lüliti või pistikupesa kateplaat.



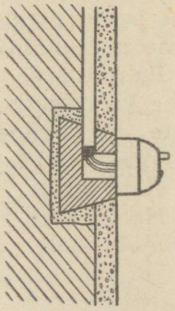
Joon. 95. Süvistatavad lüliti- ja pistikupesa karbid.

Lülitikarpide kohaleasetamisel tuleb selgitada, mispidi uksed avanevad, et lülit ei jääks ukse taha. Lüliti tavaline kõrgus põrandast on 1,35 ... 1,5 m, kusjuures arvesse tuleb võtta hiljem asetatava puhaspõranda pind.

Lüliti kaugus ukseava servast, s. o. müüri nurgast, on tavaliselt 25 cm. Raamistatud ukseava korral (puitsein) tuleb lülit asetada vahenditult piirlaua kõrvale.

Mitmekordseis ristpalkidest puitmajades tuleb torude asetamisel silmas pidada maja vajumist 0,5 ... 1%, s. o. kuni 1 cm iga kõrgusmeetri kohta.

Seepärast tuleb toru üleminekul puitseinalt mittevajuvale kiviseinale või püstpalgile raiuda toru jaoks laiem renn ja jätta torule vajumisvõimalus. Püstloodis asetsevail torudel jäetakse vajumisvõimalus harukarbi toruotsmikus, milleks toru asetatakse algul ainult väikeses ulatuses harukarbi toruotsmiku sisse.



Joon. 96. Puittüübel lüliti või hargipesa kinnitamiseks.

Haru- ja lülitikarbid täidetakse krohvimise ajaks takuga või vana paberiga, mis pärast krohvi tahenemist kõrvaldatakse, et võimalikult pikemaaegselt soodustada torude kuivamist.

Klemmirõngad, lülitid jne. asetatakse kohale üheaegselt juhtmetega, pärast krohvi täielikku kuivamist. Klemmirõngad jäetakse harukarpidesse lahtiselt. Lülitid ja pistikupesad on kinnitamiseks varustatud tavaliselt eriliste hargutusklemmidega, mis endid kinnituskruvide kinnikeeramisel harukarbi külgede pappvoodrisse sisse pressivad (joon. 95-c). Harvem on kasutusel ka karbid, millede esiserval on augud kinnituskruvide jaoks (joon. 95-b).

133. Soomustoru.

Soomustorusid kasutatakse peamiselt kohtades, kus juhtmeid kaitsvad torud peavad omama eriti suurt mehaanilist tugevust, nagu raskete materjalidega töökodades, tööstusmasinate küljes jne.

Soomustoru võib kasutada ka süvistatud asetusviisi korral, näiteks krohvi alla asetamiseks (naelakindlus). Suhteliselt suurte ehituskulude tõttu tehakse seda aga väga harva.

Soomustoru kasutatakse ka juhtmete asetamisel märgadesse ruumidesse; kuna aga toru omab tühikuid, kuhu võib koguneda kondensvett (isegi siis, kui seadis on pressveekindel), on soovitav märgades ruumides kasutada kaablitaolist juhet või kaablit.

Teras-soomustorusid on tarvitusel kahesuguseid: impregneeritud pappvoodriga (soomustoru) ja ilma voodrita (terastoru).

Torusid turustatakse 3 m pikkustes tükkides. Toru mõlemad otsad on varustatud kruvikeermega.

Toru tükeldatakse rauasaega, kusjuures saagimisel tekkinud kraad kõrvaldatakse šaabri või viiliga. Torud jätkatakse vastavate pealekeeratavate muhvide abil, milleks toru otstele lõigatakse keermelõikajaga või treipingil vastav keere (vt. p. 158).

Painutused tehakse külmalt erilisel painutusraual; teravamate käänakute, nurkade ja harunemiste tegemiseks ilma juhtmete harunemisteta, kasutatakse vastavaid pealekeeratavaid poognaid, nurga- ja T-tükke.

Harukarbid on malmist, harvem ka terasest või bakeliidist.

Harukarbid valmistatakse vastavalt p. 128 toodud toru nimiläbimõõtudele, 2, 3 või enam torule (näit. 3 × 11, 4 × 11, 4 × 16 mm jne.), ning nad omavad keermega varustatud sisendusavasid, milledesse otsapidi sisse kruvitakse sisenevad torud.



Joon. 97. Harukarbid soomustorule.



Joon. 98. Soomustoru portselanotsmik ja -piibud.



Joon. 99. Üleminеku-muhvid ja sulgemiskork soomustorudele.

Juhtmete ühendused harukarpides teostatakse joon. 91-c näidatud klemmirõngastega.

Lülitite pistikupesade ja teiste aparaatide kered on malmist, terasest või bakeliidist ning nende ühendamist torudega teostatakse analoogiliselt harukarpidele — kruvikeerme abil.

Üleminekul lahtisele asetusele kruvitakse toru otsa portselanrandiga soomustoru otsmik (tüll) või piip (joon. 98). Ühelt toru jämeduselt teisele üleminekul kasutatakse üleminеku- (reduktsiooni) muhve (joon. 99).

Harukarbi kasutamata avad ja samuti kasutamata torude otsad suletakse sissekruvitava metallkorgiga (joon. 99 paremal).

Kui torult nõutakse ka veekindlust märjas ruumis, tuleb ühenduskohad enne kinnikruvimist tihendada tinamenningiga.

Soomustoru töötlemisel kasutatakse p. 157 kirjeldatud kantavaid kruustange.

Toru asetuse märkimine ja kinnitamine seina toimub nagu isoleertoru asetusviisi juures.

134. Peŝeltoru.

Peŝeltoru on voodrita, seest ja väljast emaileeritud terastoru, millel on pikuti jooksev lahtine või ülekuti asetsevate servadega lõhis. Peŝeltoru on tugevam kui isoleer- ja nõrgem kui soomustoru. Turustatav 3 m pikkustes tükkides. Tükeldatakse sae või viiliga. Jätkamiseks kasutatakse torule pealelükatavaid ühendusmuhve, milleks vetruvalt kokkupressitud toruots lükatakse muhvi. Analoogiliselt jätkumuhvidele ühendatakse ka lülitid ja muud aparaadid. Painutuste, nurkade jne. tegemiseks kasutatakse vastavaid poognaid ja nurga-, T- ning risttükke.

Peŝeltoru kasutati meil väga vähe.

135. Gaasitoru.

Gaasitoru kasutatakse peamiselt isoleertoru, torutraadi ehk kuulo ja kaablitaoliste juhtmete kaitseks kui ka soomustorude asemel kummisoonjuhtmete *ПР* ja *ПРТО* kaitseks mehaaniliste vigastumiste vastu.

Monteerimine toimub analoogiliselt soomustorule.

136. Kummitoru.

Kummitorusid kasutatakse ainult juhtmete süvistatud asetamiseks krohvi alla.

Kummitoru turustatakse 3 m pikkustes tükkides koos muhviga või rullides. Toru tükeldamist teostatakse noaga ja painutamist käsitsi. Harukarpidena kasutatakse torudega samast materjalist või plekk-harukarpe, milledele torude sisenemisavad stantsitakse või lõigatakse noaga. Torude kinnitamist seinale teostatakse analoogiliselt isoleertorude kinnitamisele — naelte või traadiga. Painutamist teostatakse käsitsi, kusjuures painutatavale poognale kindluse andmiseks keritakse toru painutuskohale raudtraadist spiraal. Viimane hoiab kummitoru väljapainutatud poognas.

137. Juhtmete tõmbamine torusse.

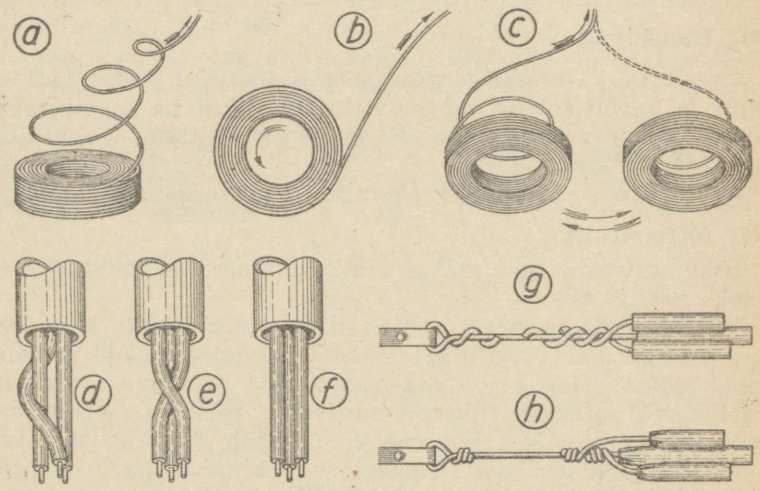
Juhtmed tõmmatakse torusse kõigil toruliikidel ühteviisi. Toru jämeduse ja juhtmete arvu kohta on kehtiv p. 129 öeldu.

Süvistatud torudesse tõmmatakse juhtmed pärast krohvi ja torude kuivamist.

Juhtmete sissetõmbamiseks kasutatakse 3 . . . 5 mm laiust lamedat teraslinti, ümmargust spiraallinti või tavalist 1,5 . . . 2 mm terastraati.

Lint lükatakse ühest harukarbist sisse, kuni ta teisest välja tuleb. Seejärel kinnitatakse lindi otsas oleva aasa külge juhtmed ja tõmmatakse need torusse. Kõik ühes torus asetsevad juhtmed tõmmatakse sisse korraga. Sissetõmbamiseks on vaja kahte meest — üks tõmbab traadist, teine lükkab juhtmeid harukarpi.

Juhtmete lahtikerimisel ja harukarpi laskmisel tuleb hoolitseda, et ei tekiks keerdumisi ja aasu, mis võivad juhtmete sissetõmbamist raskendada. Aasade vältimiseks pole lubatav juhtmete lahtiharutamine paigalseisvast kerast keerdude mahatõm-



Joon. 100. Juhtmete lahtiharutamine ja torusse laskmine.

bamisega (joon. 100-a); maha kerides tuleb kera pöörata ümber telje (joon. 100-b) või keerud kera pealt maha tõmmata, keral vaheldumisi ühte ja teist külge ette pöörates (joon. 100-c).

Joon. 100-f, h on näidatud juhtmete õige ja d, e ning g väär torusse laskmise viis.

Sissetõmbamise kergendamiseks võib juhtmed lasta läbi talgise riide.

Pärast juhtmete torudesse tõmbamist tehakse vajalikud ühendused harukarpides, lüliteis, armatuurklemmides jne.

D. TORUTRAAT EHK KUULO.

138. Torutraadi (kuulo) kasutusulatus.

Torutraati ehk kuulot *ТПРФ* (*NRA*-d) kasutatakse kuivades, köetavates ja tolmust ning sööbivatest gaasidest vabades ruumides pinnale asetamiseks. Ülekrohvimine või ülekatmine vineeriga, isoleerplaadiga, seinapapiga on keelatud. Lubatud on ainult tapeediga katmine.

Torutraadi mantlit võib kasutada nullimiseks, maandamiseks ja kaitselülituses ainult siis, kui torutraadil on plekkmantli all ja temaga elektrilises ühenduses nn. l i s a t r a a t. Selline lisatraat tuleb harukarpides ühendada, jätkata kruviklemmide abil nagu faasjuhtmedki. Samuti tuleb harukarpide ja aparaatide metallkestad (kui sellised on olemas) ühendada lisatraadiga. Lisatraati võib nulljuhtmega võrgus kasutada nulljuhtmena, kuid silmas pidades nõuet, et nulljuhet ei ole lubatud lülitiga katkestada, tuleb ta juhtida tarvitajasse otseselt, mitte lüliti kaudu. Seetõttu lülitisse kulgevate harude juhtmesooned peavad olema kõik võrdselt isoleeritud (lülitisse ja sealt tarvitajasse minev faasjuhe!). Neil põhjustel pole säärane moodus soovitatav.

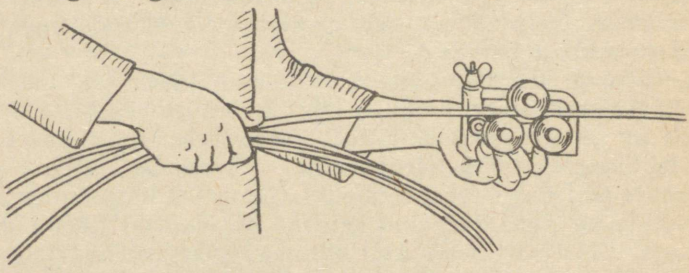
Halvasti tuulutatavais ja harva köetavais ruumides on soovitav torutraat roostekaitseks värvida. Selleks tõmmatakse traadikera enne tükeldamist latil spiraalina lahti ja värvitakse üle.

Hoones, kus krohvitakse ainult laed, kuna seinad kaetakse ainult papi ja tapeediga, kasutatakse mõnikord sega-asetusviisi torutraadi ja isoleertorudega. Sel korral asetatakse lakke krohvi alla isoleertoru, seintele seinapapi peale torutraat. Seejuures tuleb isoleertoru ja torutraadi ühenduskohtades kasutada pinnapealsele asetusviisile määratud portselanist torutraadi harukarpe. Kuna isoleertoru sisseviik sellisesse harukarpi pole võimalik, toru ots jääb ainult vastu harukarbi külge, pole säärane ehitusviis soovitatav.

139. Torutraadi monteerimine.

Torutraat on müügil 50 m pikkustes rullides. Tükeldamist teostatakse lõiketangidega või noaga. Jätkamine ei ole tavaliselt vajalik, erijuhtumil kasutatakse selleks joon. 102-c näidatud jätkukarpi. Torutraadi sirgestamiseks kasutatakse erilisi sirgestamisrulle (joon. 101 ja 116—20), mille vahelt torutraat

läbi lastakse. Läbi lasta tuleb nii, et õmblus jääks külje peale. Värskema või pehmema torutraadi korral tõmmatakse viimane sirgestamiseks läbi peo või peos hoitava lapi. Seismisel muutub traat veidi kõvemaks. Õgvendamiseks võib kasutada ka puitklotsi, millel on torutraadi jämedusele vastav soon sees, lüües puithaamriga kergelt klotsile.

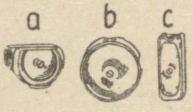


Joon. 101. Torutraadi sirgestamine.

Painutused tehakse tavaliselt torutraadil analoogiliselt isoleertorule (joon. 89) eriliste painutustangidega (5 ja 7 mm).

Minimaalne painutusraadius on kuuekordne torutraadi läbimõõt.

On olemas ka erilisi torutraadi sorte lainelise mantliga, mida saab painutada näppude vahel, tangideta.



Joon. 102. Torutraadi harukarbid.

Harva, erijuhtumil, kasutatakse kohtades, kus on vajalikud järsud nurgad, nurgatükke analoogiliselt isoleertorule (joon. 90). Nurgatüki kohal kõrvaldatakse torutraadi mantel 1 . . . 8 cm pikkuselt.

Hargnemiseks ja jätkamiseks kasutatakse joon. 102 näidatud portselan-harukarpe.

Torutraadi monteerimisel kinnitatakse töö ulatuse piirides (näit. ühes toas) harukarbid seina ja puuritakse läbiviimisteks vajalikud augud läbi seinte. Tollipulgaga (soovitatav painduv) mõõdetakse välja vajalik torutraadi pikkus harukarbist karbini, arvates juurde umbes 2 × (4 . . . 5) cm ühendusotste jaoks, ning eraldatakse kerast.

Mantel kõrvaldatakse otstel 4 ... 5 cm pikkuselt. Selleks lõigatakse noaga või viiliga mantli õmblusesse täke, harutatakse lõike- või kombinatsioontangide abil lahti mantli õmblus ja käristatakse mantlijupp tangidega maha. Järelejääv paberkate kõrvaldatakse nii, et ta ulatuks 2 ... 3 mm üle mantli.

Kuna harukarbi põhi on seina pinnast umbes 4 mm kõrgemal, tuleb torutraadi ots harukarbi juures veidi üles painutada. Painutustäkkeid ei tohi teha liiga torutraadi otsa lähedale, vaid 4 ... 5 cm kaugusele plekkmantli otsast, kusjuures piisab kahest täkkest. Täkke kõrvale asetatakse esimene kinnituspell.

Nurkadel mõõdetakse paindekoht välja tollipulgaga. Painutusega alatakse 2 ... 3 cm enne nurka.

Keeruliste karniiside ületamisel võib kasutada traatšabloone, kuid soovitav on lõigata karniisi sisse lõhe ja pärast torutraadi kohaleasetamist täita lõhe kipsiga, andes karniisile endine kuju.

Seina külge kinnitamine toimub analoogiliselt isoleertorule, torutraadi jämedusele vastavate (5 või 7 mm) pellidega (klambritega). Pellide asukoha märkimiseks asetatakse kohale otsmised pellid või nende kruvid, tõmmatakse nende vahele nöör ning asetatakse nööri järgi kohale ka vahepealsed pellid. Pellide vahemaa on 40 ... 60 cm, otsmine pell asetatakse harukarbist või lülitist jts. eemale 4 ... 6 cm. Pellid asetatakse algul lahtiselt kohale, seejärel tõstetakse parajas pikkuses välja lõigatud, õgvendatud ja otstelt plekkmantlist ja täitematerjalist vabastatud torutraat pellidele ning alustatakse pellide kinnikeeramisega, ühtlasi traati tarbe korral järele õgvendades.

Eelmärkimise asemel võib torutraadi asetada seinale ka silma järgi. Esimene pell (harukarbi juures) kinnitatakse seinale, viimase pelli kohale lüüakse nael, naaskel või kruvikeeraja, mille peale toetatakse torutraadi teine ots. Õgvendades torutraati näppude vahel, sealjuures otsast silmaga sihtides, asetatakse pellid kohale juba õgvendatud torutraadi järgi.

Lülitid, pistikupesad ja pendlikarbid (laerosetid) asetatakse kohale viimasena.

E. KAABLITAOLISED JUHTMED.

140. Kaablitaoliste juhtmete kasutusulatus.

Kaablitaolisi juhtmeid *NBU, NBEU, NRU* (vt. p. 15 ja 14) kasutatakse märgades ja tuleohtlikes ruumides ning õues ja peale selle *NBU* ja *NBEU* veel kohtades, kus esineb sööbivalt

mõjuvaid gaase ja vedelikke (vt. ka p. 149 ... 153). Sääraste juhtmete süvistamine krohvi alla pole lubatud.

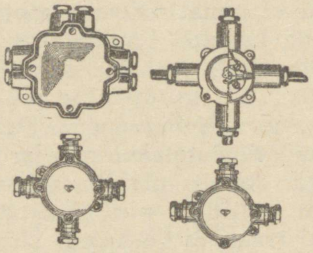
Kuna NSV Liidus ei valmistata kaablitaolisi juhtmeid, tuleb nende asemel kasutada kummitinakaableid *CPA* ja *CPБ* (vt. p. 24).

Kaablitaolised juhtmed turustatakse kerades. Tükeldamist teostatakse lõiketangidega või noaga, õgvendamist ja painutamist käsitsi, kusjuures *NRU*-l, olenevalt sordist, käsitsi, sirgestusrullide või eriliste tangidega, mis sarnanevad isoleertoru painutustangidega (vt. tööriistad p. 157).

Minimaalne painutusraadius on 6-kordne läbimõõt.

141. Haru- ja pendlikarbid kaablitaolistele juhtmetele.

Kaablitaoliste juhtmete harunemiskohtades, jätkukohtades ja pendlikarpidena kasutatakse veekindlaid, bakeliit- või malmkapseldusega karpe (joon. 103).



Joon. 103. Veekindlad harukarbid.

Kõik säärased karbid on varustatud juhtmete sisenduskohtades tihenduspuksidega, millede arv sõltub vajadusest. Harukarpidel võib olla külgedel kuni 8 ja põhjas üks ning kaanes üks (pendeljuhtmele) tihenduspuks. Pendlikarpidel või nn. lõppkarpidel on üks puks küljel ja üks kaanel. Valmistatakse ka nn. läbiviimise pendlikarpe, milledel on 2 puksi vastaskülgedel ja üks kaanel. Karbi kaanel olevad tihenduspuksid on määratud pendli kummivoolikjuhtme tihendamiseks.

Tihenduspuksid (joon. 110) on varustatud 16 või 21 mm, harvem ka 13,5 mm soomustoru keermega. Peale harilikkude, külgeehitatud puksidega harukarpide võib kasutada ka malmist soomustoru harukarpe, milledesse tihenduspuksid eraldi sisse kruvitakse.

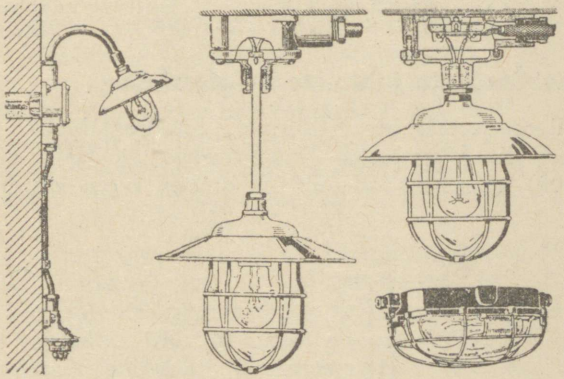
Malm-harukarpides kasutatakse ühenduste tegemiseks eraldi sisseasetatavaid portselan-klemmirõngaid (joon. 91-c), kuna bakeliitkarpides on selleks vajalikud ühenduskruvid juba olemas.

142. Lambiarmatuurid ja aparaadid niiske ruumi seadmeile.

Lülitite (joon. 19), pistikupesade (joon. 23), lambiarmatuuride ja teiste lülitusaparaatide kered valmistatakse veekindla ehitusviisiga — bakeliidist, malmist või portselanist.

Juhtmete sisendust teostatakse nagu harukarpidelgi tihenduspukside kaudu.

Mõningaid lambiarmatuuride ühendusviise on näidatud joon. 104 ja 105.

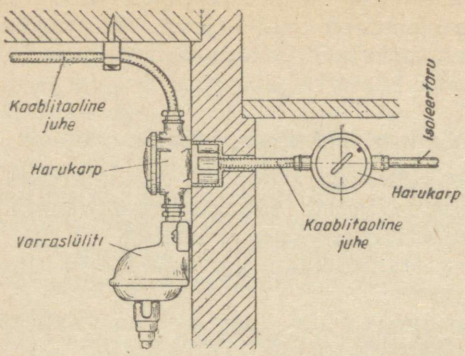


Joon. 104 ja 105. Veekindlad lambiarmatuurid.

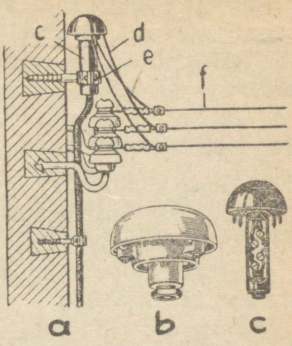
Üleminekul kaablitaoliselt juhtmelt kummisoonjuhtmeile (näit. *ПР*) isoleertorus, kasutatakse harilikke isoleertoru plekkharukarpe, kusjuures üleminek toimub kuivas ruumis (joon. 106).

Üleminekul kaablitaoliselt juhtmelt õhuliinile või lahtisele asetusviisile võib kasutada vastavaid seenekujulisi portselanist või bakeliidist üleminekumuhve või -päid (joon. 107), piipudega varustatud lõppkarpe (joon. 108) või pigiga täisvalatavaid topelpiipe (joon. 68).

Ajutistes seadmetes võib kasutada ka pigiga täisvalatud lehtreid (vt. p. 104).



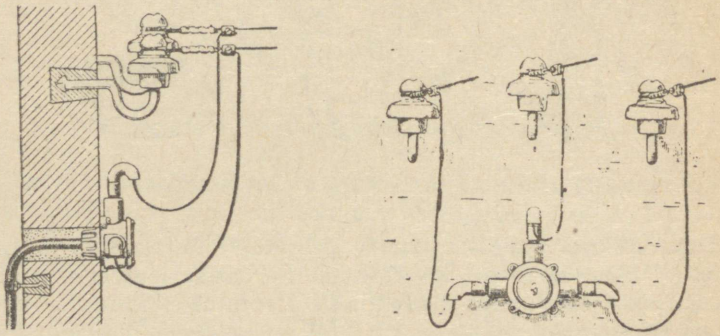
Joon. 106. Juhtmete läbiviimine niiskest ruumist kuiva ruumi.



Joon. 107. Juhtme üleminek lahtisele kaablitaolisele õhuliinile.

143. Kaablitaoliste juhtmete monteerimine.

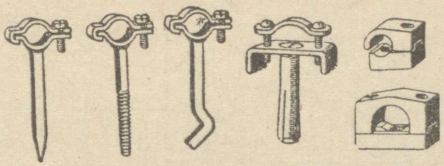
Kohalemonteerimine toimub analoogiliselt torutraadile. Juhtmete kinnitamiseks kasutatakse erilisi eemalduspelle (joon. 109), mis hoiavad juhtme umbes 1 cm kaugusel seinast.



Joon. 108. Kaablitaoliste juhtmete üleminek õhuliinile lõppkarbi kaudu.

Pellid valmistatakse tsingitud rauast, bakeliidist või ka impregneeritud puidust. Puit- või õlivärviga kaetud seintel võib juhtmed asetada ka otse seinale, kinnitades nad harilikkude torupellidega.

Pellide vahemaa *NBU*-l on 30...50 cm horisontaalsel ja kuni 60 cm vertikaalsel asetamisel; *NBEU*-l ja *NRU*-l 40...60 cm.



Joon. 109. Pellid kaablitaolistele juhtmetele.

Kõik metallosad, nagu pellid, kruvid jne., on soovitav enne seinale asetamist üle lakkida, sest muidu lähevad nad ilmastiku mõjul rooste.

Juhtmete sisendamiseks harukarpidesse ja teistesse aparaatidesse tuleb vabastada juhtme ots isolatsioonist. Selleks kõrvaldatakse kõigepealt raudsoomus, kui see on olemas, läbiviilimise ja maharebimise teel ning seejärel tinamantel, juhtmetevaheline täitematerjal ja lõpuks isolatsioon üksikute soonte otstel. Sel viisil ettevalmistatud juhe sisendatakse tihenduspuksi kaudu harukarpi ja üksikud sooned ühendatakse vastavate klemmidega.

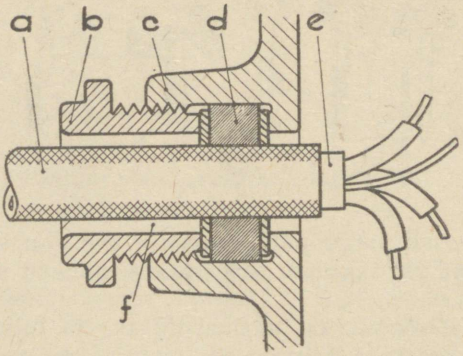
Võimalike puutepingete saamise vältimiseks tuleb kaablitaoliste juhtmete tinamantli all olevad lisatraadid alati harukarpides vastava klemmi abil (tavaliselt harukarbi keskel) kokku ühendada ja vähemalt ühes punktis maandada või lahk-kaitselüliti kasutamisel ühendada viimasega (vt. p. 65). Metallist harukarpide, lülitite, pistikupesade, lambiarmatuuride jne. kasutamisel tuleb ka nende metallkered ühendada lisatraadiga.

Juhtme sisendamine tihenduspuksi kaudu harukarpi või mõnesse muusse aparaati (lülitisse, kaitsmete kasti jne.) on näidatud joon. 110. Joonisel tähendavad: a — kaablitaoline juhe, b — kruvipuks kummist tihendusrõnga kokkusurumiseks, c — aparaadi kere, d — kummist tihendusrõngas kahe metallseibi vahel, e — tinamantel.

Tihendusrõnga väline läbimõõt vastab puksi suurusele; sisemine läbimõõt peab vastama läbiviidava juhtme jämedusele (10, 12, 14 jne. mm).

Tihenduspuks keeratakse kinni nii, et kokkupressitud kummirõngas suleb õhukindlalt tihenduspuksi ja juhtme vahelise vahe.

Kinnikeeratud puksid tuleb kinni toppida isoleerkitiga (chaterton), sest aja jooksul kaotab tihenduskummi elastsuse ning võib praguneda.



Joon. 110. Tihenduspuks lõikes.

Pärast seadme valmissaamist tuleb juhtmed üle lakkida või värvida. Värvi tuleb iga 3 ... 5 a. järel uuendada.

Analoogiliselt kaablitaolistele juhtmetele käsitatakse ka samapõikpinnalisi kummitinakaableid.

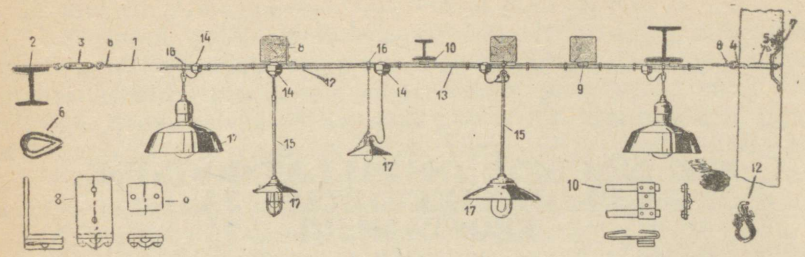
Suuremate voolude ja põikpindade (10 mm^2 ülespoole) korral kasutatakse kaableid. Viimaste monteerimist on käsiteldud p. 102 ... 108.

F. KANDETRAAT.

144. Juhtmete asetus kandetraadile.

Kõrgetes ruumides, betoonehitistes ja klaaskatusega ruumides on juhtmete kinnitamine lakke raskendatud. Seesuguseis ruumides kasutatakse juhtmete kohalhoidmiseks kandetraati. Viimase montaaž on näitena toodud joon. 111. Joonisel on tähistatud: 1 — kandetraat; 2 — ankur; 3 — traadipinguti (talrep); 4 — traadi hoidekonks; 5 — gaasitoru; 6 — kouš (traadi otsarõngas); 7 — ankur; 8, 9 ja 10 — kandetraadi hoidjad; 12 — juhtme kandeklamber; 13 — juhe; 14 — pendlikarbid; 15 — pendel; 16 — lambi kandehaak ja 17 — valgustusarmatuurid.

Vahekaugustel kuni 8 m on kandetraadi läbimõõt 4 ... 5 mm. Suurematel vahekaugustel peab kandetraadi läbimõõt olema



Joon. 111. Seadis kandetraadiga.

vastavalt suurem. Et traat võnkuma ei hakkaks, asetatakse iga 4 ... 5 m tagant traadihoidjad, millede ehitus oleneb kinnitusvõimalustest. Sellistest on näidatud joon. 111 — 8 ja 9 — traadihoidja puittalale ja 10 — traadihoidja raudtalale. Pendlikarbid riputatakse traadile nende põhja külge kinnitatud hoidpleki abil. Juhtmeina kasutatakse kaablitaolist juhet, kummisoonjuhet rullidel või torutraati, olenevalt ruumi iseloomust.

VII. NÕUDEID INSTALLATSIOONIDE PROJEKTEERIMISEL JA TEOSTAMISEL.

A. INSTALLATSIOON MITMESUGUSEIS HOONEIS.[1]

Olenevalt üksikute ruumide kasutusotstarbest ja töötingimustest, valitakse igale ruumile kohased juhtmed ja armatuur, et vältida õnnetusi ja rikkeid elektriseadmes. Allpool on toodud tähtsamaid nõudeid, milledele elektriseade peab vastama mitmesuguseis ruumides.

145. Installatsioon elumajades.

Eluruumide valgustusseadmeid ehitatakse torutraadiga *ТПРФ* (*NRA*) pinna peal või *ПР-500* (*NGA*) juhtmetega isoleertorudes pinna peal või kummitorudes süvistatult. Siinjuures tuleb kasutada vastavalt asetusviisile pinnapealseid või süvistatavaid lüliteid, pistikupesi ja harukarpe.

Elukorterite vannitubades, mida suhteliselt harva kasutatakse, võib seadme ehitada *ПР-500* (*NGAW* või *NGA*) juhtmetega pinna peal või süvistatult, mitte aga torutraadiga, kusjuures lambiarmatuurina tuleb kasutada portselanist lae- või seinaarmatuure. Lülitid, lambipesad või -armatuurid ja muud pinge all olevad seadmeosad vanniruumis ei tohi olla vannisolija külgepuute ulatuses, mistõttu soovitav on asetada lülitid väljapoole vannituba. Pistikupesade asetamist vannituppa vältida!

Pesuköögis ja niiskeis keldreis installeeritakse vastavalt p. 149. Kuivades keldreis kasutatakse *ПР-500* (*NGA*) juhtmeid isoleertorudes pinna peal või lahtisel asetusviisil *ПР-500*

[1] Peale selles peatükis toodud põhiliste nõuete tuleb silmas pidada veel täiendavaid ja erijuhtumeil kehtivaid nõudeid, millede kohta vaata: „Правила безопасности и правила устройства для электротехнических сооружений сильного тока низкого и высокого напряжений".

isoleerrullidel. Isoleertorud on soovitav paar korda õlivärviga üle värvida. Lambipesad peavad olema isoleerainest kehaga ja neid tuleb kaitseda klaaskupliga või traat-kaitsekorviga. Kasutada mehaaniliselt tugevaid lüliteid ja pistikupesi!

Pööningul tuleb kasutada *ПР-500* (*NGA*-d) gaasitorudes pinna peal koos vastavate plekk-harukarpidega, kusjuures torud ja harukarbid enne kohale monteerimist paar korda katta õlivärviga. Soovitav aga on kasutada ehitusviisi kaablitaoliste juhtmetega *NRU* või kaabliga *CPA*, kuna külmal ajal trepikojast pööningule sattuvast soojast õhust — kokkupuutel külma katusega — sadestub niiskust ja katus hakkab „higistama, tilkuma", mille tagajärjel võivad torud läbi roostetuda.

Elumaja trepikodades ehitatakse seadmed eranditult *ПР-500* (*NGA*) juhtmetega isoleertorudes pinna peal või süvistatult.

Kohamuutlikele aparaatidele valitakse juhtmed: laualampidele — kummisoon-nöörjuhtmed *ШРО* (*NSA*), keedu- ja soojendusaparaatidele, tolmuimejatele, köögimootoreile jts. — kerge või keskmise ehitusega kummivoolikjuhtmed *ШРПЛ* või *ШРЛС* (*NLH* või *NMH*).

Telefoni- ja signaaljuhtmestiku kohta kehtib p. 146.

Korterite ja pööningu vahele asetatakse pinna peal või süvistatult eritorustik raadioantennide juhtmete jaoks.

146. Installatsioon ametiasutistes, ärides, büroodes jne.

Installatsioon ametiasutistes, ärides, pankades, büroodes jne. on üldiselt samasugune kui elumajadeski, kuid eelistada tuleb süvistatud asetusviisi.

Ühel ajal juhtmete torudega tuleb tarbe korral asetada kohale ka torud signaalhelistitele ja telefonidele.

147. Installatsioon avalikes ehitistes.

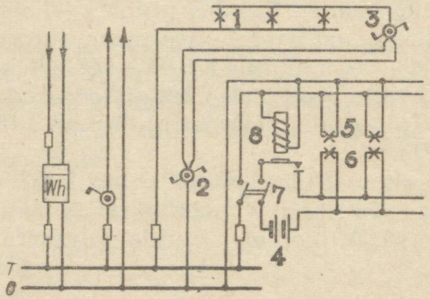
Avalikes ehitistes mahutavusega üle 100 inimese (teatrid, kinod, seltsi- ja rahvamajad, kontsertsaalid jne.) tuleb lülitid ja kaitsmed võimalikult kokku koondada ja asetada publikule kättesaamatusse, kuid talituspersonaalile kergesti ligipääsetavasse kohta. Jaotusseadmed olgu varustatud pealkirjadega ning lülitusskeemidega.

Saalilülitid ja -kaitsmed asetatakse väljapoole näitelava ja kinoaparaadi-ruumi. Viimastesse võib tarbe korral asetada ainult abilüliteid.

Enam kui kolme lambiga ruumides tuleb lambid ühendada kahele eri rühmale, et ühe rühma kaitsme läbipõlemisel teine rühm lampe edasi põleks. Sellest nõudest erand on lubatud ainult siis, kui hädavalgustus on küllaldane. Väljapääsu-uksed ja tarbe korral rõdu astmed tuleb etenduse ajaks nähtavaks teha nõrga värvilise tulega.

Peavalgustuse kõrval peab olema veel hädavalgustuse seade, mis on peavalgustusest sõltumatu ja mis on kas alatiselt sisse lülitatud või hakkab automaatselt tööle peavalgustuse kustumisel.

Hädavalgustuse vooluallikaks võib olla akumulaator või elementide patarei, ühine kogu seadmele või hoone üksikuile osa-



Joon. 112. Hädavalgustuse seadme skeem.

dele eraldi. Hädavalgustuse vooluallikas peab andma voolu vähemalt 1,5 tundi — kui ruum mahutab üle 500 inimese, ja vähemalt 1 tund — kui ruum mahutab vähem kui 500 inimest. Hädavalgustus peab olema küllaldane kõigi väljapääsukäikude, uste ja treppide valgustamiseks.

Üks hädavalgustuse seadme skeem on näitena toodud joon. 112, kus on märgitud: 1 — saali tuled; 2 — lülit eesruumis; 3 — abilülit kinoaparaadi-ruumis; 4 — hädavalgustuse akumulaator; 5 — värvilised uksetuled; 6 — hädavalgustustuled ustel; 7 — lülit ustetuledele ja hädavalgustuse releele; 8 — hädavalgustuse relee.

Ruumi kasutamise ajaks lülitatakse lülit 7 sisse ning relee ankur tõmbub relee raudsüdamiku külge. Peavalgustusvoolu katkemisel kukub ankur alla ja lülitab sellega hädavalgustuse vooluallika (akumulaatori 4) hädavalgustuse lampidele 6.

Publiku lahkumisel lülitatakse lülit 7 uuesti välja. Kuna vahelduvvoolu-võrgus olev relee vibreerib, põhjustades raadiohäireid ja kontaktide kiiret ärapõlemist, võib releed toita alaldaja kaudu alalisvooluga. Kinos võib selleks kasutada ka projektsioonaparaadi alaldajat.

Näitelava elektriseade olgu küllaldase mehaanilise tugevusega (soovitatavad raud- või terassoomustorud). Lambid olgu kaitstud tugevate klaaskuplitega või kaitsekorvidega.

Juhtmed on needsamad mis elumajadeski. Erijuhtumeil suurtes harva köetavais saalides tuleb kiviseintel kasutada veekindlat seadet, sest kiviseintele, eriti välistele, võib koosoleku ajal sadeneda suurel määral õhuniiskuse kondensvett.

148. Installatsioon töökodades, ladudes ja sellelaadilistes ruumides.

Käsi- ja väiketööstuslikes käitistes, kus töötingimused elektrisisseseade suhtes on kerged, võib installatsioon olla seesama mis elumajadeski.

Tolmuseis ruumides (puutöökojad, jahuveskid jne.) võib kasutada pinnapealset asetusviisi isoleertorudes koos plekkharukarpidega (süvistatavad), mis süvistatakse oma põhjaga kuni toruotsmikkudeni pinna sisse. Seejuures on tingimuseks, et niihästi harukarbid, lülitusaparaadid, lambiarmatuurid ja masinad oleksid täielikult tolmukindlad. Kui ei ole võimalik juhtmete korralik tolmukindel varjamine, tuleb kasutada asetusviisi terassoomustorudega, gaasitorudega, kaablitaoliste juhtmetega või kaablitega.

Kui tolm on sööbiv (soolad, tsement jne.), tuleb teha installatsioon kaablitega *CPA*, *CPБ* (*NBU*, *NBEU*, *NRU*) vastavalt p. 140 ... 143.

Suitsuseis ruumides (sepikojad jne.) tuleb installeerida nagu tolmuseis ruumides, kuid metallosad tuleb pealt hästi üle lakkida. Muld- või betoonpõranda puhul kasutada isoleerainest lambipesi. Soovitatav on veekindel seade, vastavalt p. 149 ja p. 150 nõudeile.

Kohtades, kus on karta sisseseade mehaanilist vigastust, tuleb kasutada terassoomus- või gaasitoru; aparaadid asetada seinasüvendeisse või kasutada malmkapseldusega aparaate. Lülitite ja pistikupesade kaitseks võib nende ümber asetada umbes

kolmetollise toru otsast lõigatud rõngaid, kinnitades need seina külge.

Masinate külge kinnitatavad juhtmed asetatakse raud- või terassoomustorudesse või kasutatakse soomusjuhtmeid *ПРП*, *ПРШП* (*NPA*). Kasutatavad lülitusaparaadid olgu malmkesta kapseldatud.

Kohamuutlike aparaatide jaoks kasutatakse keskmise ja tugeva ehitusega kummivoolikjuhtmeid *ШРПС*, *КРПТ* (*NMH*, *NSH*), töötoa-nöörjuhet *NWK* või eri-nöörjuhtmeid *NSGK*, *NSGCK*. Käsilampide käepide olgu isoleerainest (mitte puidust).

149. Installatsioon niiskeis, märgades ja kuumades ruumides.

Niiskeis ja rõskeis ruumides, kus on ainult veeniiskust (saunad, pesumajad jne.), kasutatakse juhtmetena:

a) kõrgeis ruumides paljaid või kummisoonjuhtmeid *ПР-500* (*NGAW* või *NGA*) isolaatoreil;

b) paljast tinakaablit *СРГ* (*NGK*), kuid ainult mitte krohvitud ja lubjatud pindadel;

c) kaablit *СРА* (kaablitaolisi juhtmeid *NBU* või *NRU*), kusjuures käeulatuses (alla 2,5 m) asetatakse *СРА* (*NBU*) kaitsetorusse või kasutatakse selle asemel kaablit *СРБ* (*NBEU*).

Läbiviimist seintest teostatakse kummisoonjuhtmete korral kas lahtiste seinaavade, portselantorude või portselanpiipudega varustatud soomustorude kaudu, mis täidetakse kaablipigiga. Kaablitaoliste juhtmete korral teostatakse läbiviimist samade juhtmetega, asetades need kaitsetorru. Palja tinakaabli korral tuleb läbiviik teostada tingimata kaitsetoru abil, täites viimane kaablipigiga.

Valgustusarmatuurid, lülitid, samuti ka kaitsmepesad olgu veekindlad, soovitav isoleerainest kapseldusega. Lülitiga lambipesade kasutamine pole lubatav. Lülitid ja kaitsmed võimaluse korral asetada väljapoole niisket ruumi.

Kasutada ainult kapseldatud ehitusviisiga aparaate ja masinaid. Lülitusaparaatide, mootorite ja käsilampide metallkered hästi kaitseda puutepingete vastu.

Märgade ruumide seadmed peavad olema kergesti pingetuks tehtavad. Seepärast tuleb kasutada kõikpoolseid lüliteid.

Kuumad ruumid alluvad märgade ruumidega ühistele eeskirjadele. Et kummi-isolatsioon talub temperatuuri ainult 50° C, asetada juhtmed võimalikult väljapoole kuuma ruumi ja

tuua juhtmed ruumi ainult valgustusarmatuuride kohalt (läbi lae!).

150. Installatsioon sööbivate gaasidega ruumides.

Ruumides, kus peale veeniiskuse esineb veel sööbivaid gaase, nagu kloor, ammoniaak, hapete aurud (tallid, nahaparkimis-, tselluloosi- ja pleegitamistööstused, värvi- ja seebikojad jne.), ruumides, mida perioodiliselt lubjatakse (õlletehased, piimatalitused) jne., ning voolujuhtiva tolmuga ruumides asetatakse juhtmed võimalikult kõrvalolevaisse ruumidesse või kasutatakse juhtmeina kaableid *СРА, СРБ, СРП* (kaablitaolisi juhtmeid *NBU, NRU* ja *NBEU*). Erandjuhtumil võib kasutada ka paljast tinutatud vasktraati, sidudes seda isolaatoreile tõrvanööriga. Muud tingimused needsamad mis niiskeis ruumides.

Juhtmed ja metallosad pärast installatsiooni valmimist värvitakse üle ja uuendatakse värvi iga paari aasta järel.

151. Installatsioon tule- ja plahvatusohtlikes ruumides.

Tuleohtlikud ruumid on seesugused, kus toimub tootmine või hoitakse kergestisüttivaid aineid või kus võib tekkida süttivaid gaase, aure, tolmu või jäänuseid (korgiveskid, õlitööstused, lakivabrikud, puidutööstused, küünlavabrikud, veskid, põhuküünid jne.).

Paljasjuhtmete kasutamine neis on keelatud. Soovitatavaimad juhtmed on *СРА, СРБ, СРП* (*NBU, NBEU* ja *NRU*) või erandjuhtumeil, kui pole karta niiskust ja mehaanilisi vigastusi, kummisoonjuhtmed *ПР-500* (*NGA*) isoleertorudes plekk-harukarpidega. Juhtmed olgu kõikpoolselt väljalülitatavad, mootorid ja aparaadid kapseldatud ehitusviisiga, et nende kuumad osad või sädemed ei puutuks kokku süttivate ainetega või plahvatavate gaasidega. Pistikupesade kasutamisest võimalikult loobuda; tarbe korral kasutada lülitiga blokeeritud pistikupesi. Käsilampide ümber olgu tugev kaitseklaas ja -korv.

Plahvatusohtlikes ruumides, s. o. ruumides, kus on olemas lõhkeaineid või kus õhus võib tekkida plahvatusvõimeline segu (näit. gaasi- ja bensiinivabrikud, lõhkeainetehased jne.), tuleb kasutada kummisoonjuhtmeid *ПРТО* (*NSGA*) gaasitorudes või kaableid *СРБ, СРП, ПРП* (kaablitaolist juhet *NBEU*).

Elektrimasinad ja -aparaadid olgu plahvatuskindlad või need paigutatagu naaberruumidesse, kust masina võll või aparaadi käepide ulatub läbi seina ohtlikku ruumi.

Autogaraažid loetakse tuleohtlikeks ainult kuni 1,5 m kõrguseni põrandast.

152. Installatsioon põllumajanduslikes hooneis.

Sisseseade olgu eriti hoolsasti tehtud, sest käsitsemine ja hooldamine ei ole sageli kuigi asjatundlik.

Juhtmed. Kõrgeis tallides ja lautades (ruumi kõrgus kõrgeima sõnnikuseisu juures vähemalt 3 m) võib kasutada kaetud juhtmeid *ПВМ* (*PLWC*) lahtisel asetusviisil isolaatoreil, kuid ainult lae all. Lautade ja tallide laed sageli ei ole küllaldaselt tihedad ja neist pudeneb läbi tolmu, heina ja põhukõrsi, pepri jne. Seepärast tuleb lahtiste juhtmete kohale lakke kinnitada laiem laud, mis varjaks juhtmeid. Lauda õhus sisalduv ammoniaagi aur mõjub sööbivalt juhtmeile, seepärast tuleb viimased katta õli- või emailvärviga. Alla lüliteisse tulevad liiniosad ehitatakse kaabliga *СРБ* (kaablitaoliste juhtmetega *NBEU, NRU*).

Madalais lautades ja tallides tuleb kasutada kaableid *СРА, СРБ, СРП* (kaablitaolisi juhtmeid *NBU, NBEU, NRU*). Soovitav on juhtmestik asetada välisseinale, s. o. õuepoolsele küljele, ja lauta sisendada ainult lambiarmatuuri kulgev juhe. Seejuures kasutada niiskuskindlat klaaskupliga armatuuri ja kaitseda ta traat-kaitsevõrguga — võimalike mehaaniliste vigastuste vältimiseks. Soovitav on laudas armatuur paigutada välisseina külge, et siseneva juhtme pikkus oleks minimaalne.

Hoonete välisseintel tuleb kasutada samuti kaableid või kaablitaolisi juhtmeid ühes nende juurde kuuluvate ühendus- ja lülitusaparaatidega. Kõrgetel hoonetel võib välisseinal kasutada ka lahtist asetusviisi kummisoonjuhtmetega *ПР-500* (*NGAW, NGA*) isolaatoreil, kui juhtmed jäävad maapinnast vähemalt 3,5 m kõrgusele (soovitav räästa alla). Seejuures alla lüliteisse tulevad liiniosad ehitatakse kaabliga *СРА, СРБ* (kaablitaoliste juhtmetega *NBEU, NBU, NRU*) või puitseinte korral palja kummitinakaabliga *СРГ* (*NGK*). *СРА* ja *СРГ* (*NBU* ja *NGK*) tuleb käeulatuse piirkonnas kaitseda mehaaniliste vigastuste vältimiseks kaitsetoruga.

Juhtmed asetada võimalikult varjatult, et oleks välditud nende vigastamine löökidest redelitega jne. Juhtmete isolatsioon olgu eeskujulik, sest loomad on eriti tundlikud isegi nõrkade elektrivoolude suhtes.

Hoovidel asetada õhuliini juhtmed nii kõrgele, et koormatega pääseks nende alt läbi (vähemalt 4,5 m).

A p a r a a d i d. Lülitusaparaadid asetada võimalikult selliseisse kohtadesse, kus nad juhuslike tõugete ja löökide eest oleksid hästi varjatud. Lülitid asetada võimalikult kõrgele.

Kaitsmete asetamine põhukuuri, lakka, lauta jne. ei ole lubatud. Tarbe korral asetada nad hoone välisseinale ja teha neile tihe puitkapp ümber.

Installatsiooni teostamisel valvata, et traadijäänused ei satuks loomatoidu hulka, mis võib põhjustada loomade siseorganite vigastusi või koguni nende surma.

Küünides ja muudes tuleohtlikes ruumides teha sisseseade vastavalt tuleohtlike ruumide eeskirjale.

Mootoreist tuleb eelistada lühisrootoriga või kapseldatud kontaktrõngastega masinaid.

153. Välisinstallatsioonid.

Välisinstallatsiooni all mõeldakse neid seadmeid, mis asetsevad väljaspool hooneid — majade seintel, aedades ja hoovides, kusjuures juhtmete tugipunktide vahe ei ole üle 20 m.

Juhtmeina kasutatakse peamiselt *ПВМ, ПР* (*NGAW, NGA*) isolaatoreil (vt. p. 123 ... 126) või kaableid ning kaablitaolisi juhtmeid (vt. p. 140 ... 143). Viimaseid kasutatakse kas majaseintel või erijuhtumil kandetrossil.

Välisinstallatsiooni juhtmed peavad olema kõikpoolselt väljalülitatavad. Selleks võib kasutada lüliteid, pistikuid koos pistikupesadega või erandjuhtumeil ka kaitsmeid.

B. INSTALLATSIOONIDE PROJEKTEERIMINE.

154. Installatsioonide projekteerimisest üldiselt.

Installatsioonitööde teostamise käik on üldjoontes järgmine:

a) Läbirääkimistel töötellijaga määratakse kindlaks valgustuspunktide, pistikupesade, mootorite ja muude elektriaparaatide tüüp, arv ja asukohad. Samuti määratakse kindlaks soovitav juhtmete asetusviis ja tööde teostamise tingimused.

b) Hangitakse vajaduse korral elektrivõrgult või -jaamalt nõusolek vooluühenduse saamiseks ja tööde teostamiseks ning määratakse kindlaks majaühenduse asukoht ja ehitusviis.

c) Koostatakse installatsiooniprojekt (plaan), milles määratakse kindlaks kaitsmete suurus, juhtmete põikpind, torude läbimõõt jne.

d) Koostatakse materjalide nimestik ja eelarve.

e) Sõlmitakse lõplik kokkulepe töötellijaga tööde teostamiseks.

f) Hangitakse materjalid ja teostatakse montaaž.

g) Seade esitatakse vajaduse korral elektrivõrgule kontrollimiseks ja ühendamiseks.

Uutes, ehitatavais hooneis on otstarbekohane jätta juba ehituse ajal müüridesse süvendid jaotuskilpidele, rennid torudele ja erijuhtumil ka seintesse augud juhtmete läbiviimiseks. Eriti tähtis on see raudbetoonehitistes, kus pärastine avauste lõhkumine nõuab tööd ja kulu.

155. Installatsiooni plaan.

Iga elektriseadme kohta valmistatakse lõplik plaan mõõtvahekorras 1:100 või 1:50, hoonete asetusplaanid 1:500 või 1:1000, millele märgitakse juhtmete ja aparaatide asetus ning piltskeem.

Näide plaanist on toodud joon. 113 (lk. 202 ... 203).

Plaani põhiformaat on 210×297 mm, kusjuures suuremad plaanid peavad kokkupanduna omama ülaltähendatud suurust.

156. Tööhinna kalkuleerimine.

Elektriseadme maksumuse arvutamise aluseks on seadme plaan, mis on koostatud kooskõlas üldiste ja kohalike installeerimisnõuetega.

Seadme hind koosneb materjali hinnast, töötasust, installatsiooni ettevõtte kaudseist kuludest.

Vajalik materjali hulk ja hind arvutatakse seadme plaani järgi, kasutades selleks näiteks järgmist tabelit:

Materjal	1. rühm	2. rühm	3. rühm	4. rühm	Kokku	Ühiku hind	Kokku rbl.
ПР, 1,5 mm²	17	21	25	21	84		
„ 2,5 „	5	3	—	2	10		
Isoleertoru 13,5 mm	8	10	12	10	40		

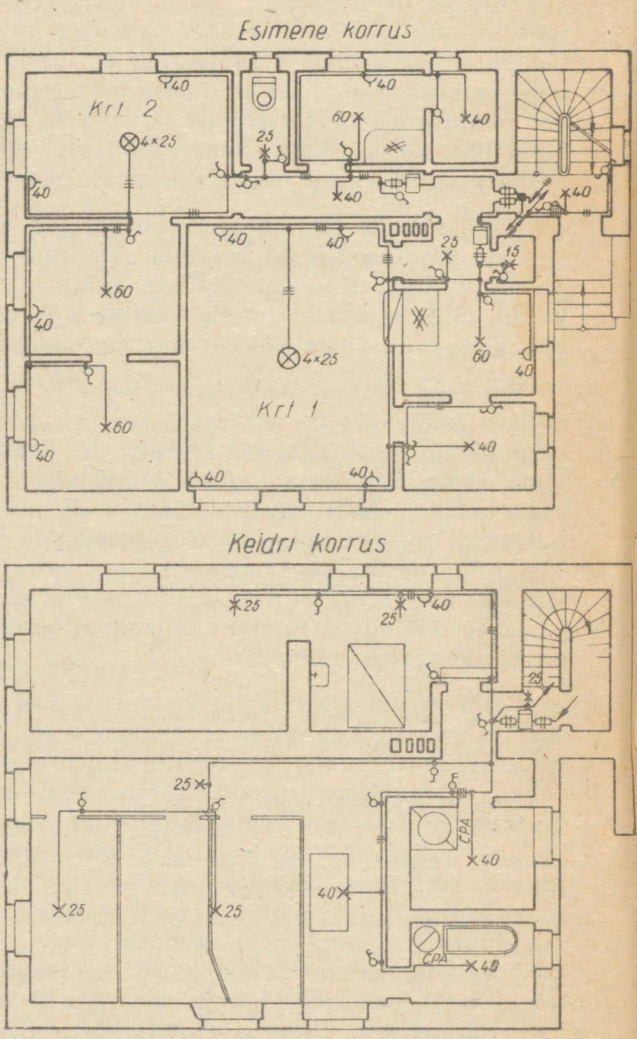
Materjali hulga arvutamisel võetakse arvesse ka lõikekaod. Materjal arvutatakse sisseostuhinnaga.

Töötasu arvutamiseks on vaja teada iga üksiku tööoperatsiooni täitmiseks vajalik aeg, näiteks 1 m toru seinale paigutamine pinnapealsel ja süvistatud asetusel, 1 m torutraadi seinale paigutamine, 1 m juhtmete asetamine torudesse, 1 lüliti või pistikupesa monteerimine, arvesti aluslaua seinale kinnitamine jne. Kogu seadme monteerimiseks vajalik töötundide arv leitakse siis kergesti materjalilehe alusel.

Kaudse kulu moodustavad büroo, lao ja töötoa üür, tööriistade amortisatsioon, maksud, kirjutus- ja joonestustarbed, postikulu jne. Kaudsete kulude hulka kuuluvad üldiselt kõik kulud, mida ei saa kirjutada üksiku töö arvele. Nende suurus määratakse kindlaks täpse raamatupidamise alusel.

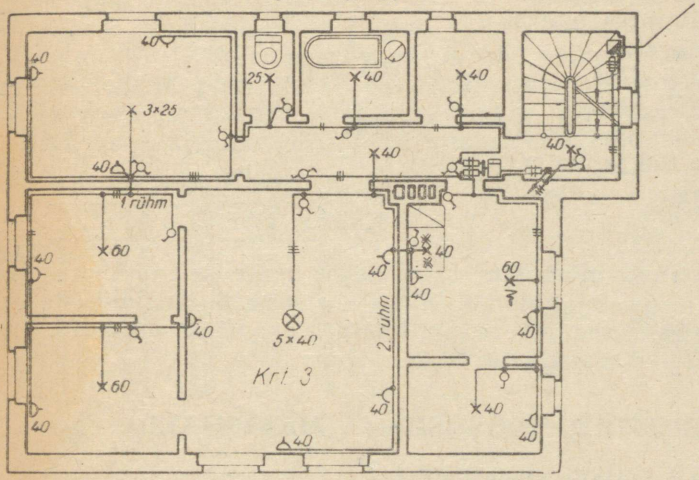
Kaudsed kulud jagatakse üksikuile töödele. Selleks on mitu võimalust. Tarvitatavam viis on kaudsete kulude jagamine üksikuile töödele töötasu alusel. Selleks üks näide. Oletame, et eelmise aasta jooksul oli kaudseid kulusid 20 000 rbl., kuna aasta jooksul makstud töötasu oli 40 000 rbl. Seega moodustavad kaudsed kulud 50% töötasust ja iga töö juures tuleb 50% töötasust lisada kaudsete kulude katteks. Siinjuures tuleb tähelepanu juhtida sellele, et igal ettevõttel on kaudsete kulude protsent isesugune ja selle suuruse määramise ainsaks aluseks on täpne arvepidamine.

Elektriseadme hinna ligikaudsel kiirel arvutusel võetakse aluseks valgustuspunktide arv ja nende iseloom. Tehakse vahet liht-, rühm- (grupi-) ja vaheldusülitusega valgustuspunktide vahel. Üks valgustuspunkt haarab temale vajaliku juhtmestiku osa koos lülitus- ja ühendusabinõudega. Lambiarmatuurid koos hõõglampidega ei kuulu tavaliselt valgustuspunkti hinnatava osa juurde, sest neid võidakse valida väga erinevat tüüpi, tellija soovi kohaselt. Erandina arvatakse valgustuspunkti hinnatava osa juurde ainult kõrvalruumide (W. C., panipaigad, esikud jne.) valgustuspunktide seina- või lae-lambipesad, pendelkomplektid koos pendlikarbiga ja armatuurid ühenduses kaablitaoliste juhtmetega. Valgustuspunktide hulka ei kuulu sisendus- ja toiteliinid, kaitsmete jaotuspunktid koos kaitsmetega, elektriarvestid, hõõglambid jne.

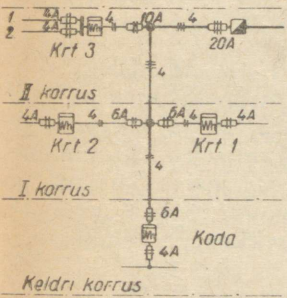


Joon. 113. Installatsiooni

Teine korrus



Piltskeem



Pingesüsteem 3× 220V, 50 Hz

Asetusviis. Sisendusliinid skeemil märgitud ristlõigetega rühmliinid 1,5 mm² NP juhtmetega kummitorudes I ja II korrusel süvistatult krohvi all, keldri korrusel pinna peal ja juurdemärgete kohaselt

Abonent	Valgustuspunktide rühm	arv	Üldine võimsus	Üldine võimsus	Faaside jaotus
Krt 1	1	10	440	440	R ja S
-"- 2	1	12	585	585	S ja T
-"- 3	1	12	540		
	2	11	620	1160	T ja R
Koda	1	12	390	390	R ja S
Üldine installeeritud võimsus: 2,575 kW					

Koostaja	15.06.41		(Asutuse pitsat ja allkiri)	Asendab:	Installatsioontööde artell „Elektrik"
Joonestaja	18.06.41			Asendatud:	
Kontrollija	19.06.41				
Installeerija	20.10.41				
M 1:100	ELEKTRI VALGUSTUSSEADME PLAAN Tallinnas, Kaasiku tän. nr 86				Lehti: 1 Leht 1.

plaan.

Näide.

Installatsiooni ligikaudne maksumus:

6 punkti kuuloga . .	à Rbl.	Rbl. .....
2 pistikupesa punkti kuuloga	à „	„ .....
3 punkti *CPA* (*NBU*)-ga	à „	„ .....
Sisenduṣ- ja toiteliinide töö ja materjal		„ .....
Arvesti		„ .....
		Kokku: Rbl. .....

Valgustuspunkti hinna aluseks võetakse keskmiselt maksetavad töötasu- ja materjalihinnad ning normaalsed tingimused. Kui ruumide suurused või töötingimused on väga erinevad, tuleb koostada üksikasjaline eelarve.

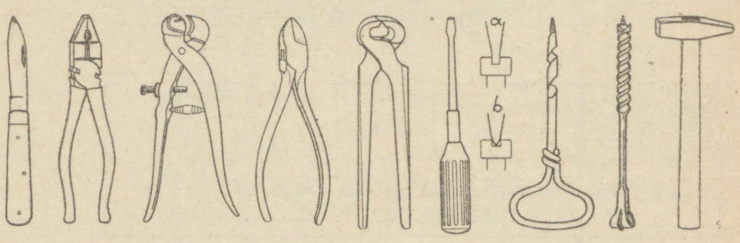
C. TÖÖRIISTAD, TÖÖVIISID JA MATERJALID.

157. Tööriistad installatsioonitöödel.

Elektri-installatsiooni- ja montaažitööde juures tarvitatavad tööriistad on märgitud jooniseil 114 ... 118.

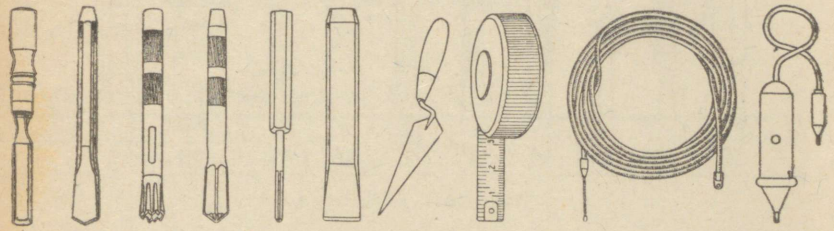
Hädavajalikumad tööriistad.

1) Nuga. 2) Montööri- (kombinatsiooni-) tangid, 160 ... 220 mm pikad. 3) Isoleertoru painutustangid, mitmes suuruses: kuulole 5 mm (ka 7), torule 9, 11, 13,5, 16, 23, 29 ja harvem 36 mm. 4) Lõiketangid (naksid) — traadi lõikamiseks, 150 mm pikad. 5) Naelatangid. 6) Kruvikeerajaid 3 tk. — 3,5 ja 8 ... 10 mm (a — õigesti, b — valesti teritatud). 7) Vikerpuur, 3 ja 5 mm. 8) Palgipuur läbimõõduga 18 ... 22 mm, pikkusega umbes



Joon. 114. Tööriistad.

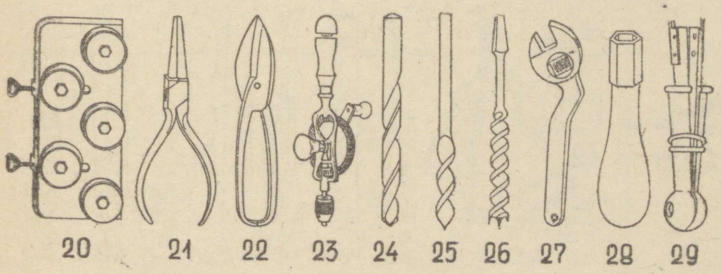
450 mm. 9) Vasar, 300 ja 800 g. 10) Puidupeitel, poolõõnes, rennide raiumiseks isoleertorudele. 11) Kivipuur — aukude puurimiseks (erijuhtumeil ka rennide raiumiseks). Kasutatavamad mõõdud: 10×200 mm, spiraaltüüblite aukude jaoks; (20...25)×(300...900) mm, müüri läbivate aukude puurimiseks. P. 11 tähendatud puuri asemel võib kasutada ka p. 12... 14 toodud puure. 12) Kroonpuur, aukude puurimiseks telliskivimüüri. 13) Nelikantpuur, aukude puurimiseks betooni ja kõvasse kivisse. 14) Tüüblipuur, vahetatava teraga 3,5, 4,5,



Joon. 115. Tööriistad.

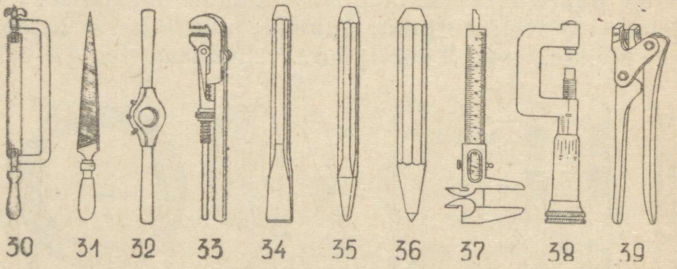
5,5 jne. mm, kanep- ja terastüüblеile. 15) Kivimeisel, rennide raiumiseks isoleertorudele jne. Kasutatavad mõõdud (12...25)×(200...500) mm. 16) Kellu. 17) Mõõtlint. 18) Traatspiraal, traatide tõmbamiseks torudesse; viimase asemel võib kasutada ka harilikku peenikest terastraati. 19) Pingeproovija helklambiga.

Suuremate tööde juures on veel vajalikud: 20) Torutraadi (kuulo) õgvendaja (vanema, tahkunud torutraadi korral). 21) Aasatangid. 22) Plekikäärid. 23) Käsi-



Joon. 116. Tööriistad.

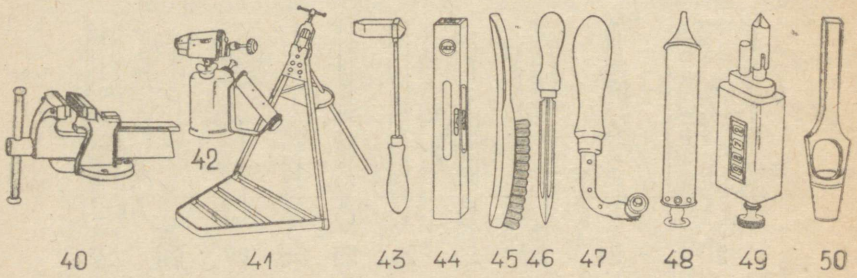
puurmasin. 24) Spiraalpuurid rauale ja alumiiniumile. 25) Marmoripuur. 26) Puidupuur. 27) Tellvõti, mutreile. 28) Sobituskruvi võti kaitsekorkide sobituskruvidele (kaitsmepesades). 29) Sobituskruvi võti padrunikaitsmete sobituskruvidele. 30) Rauasaag. 31) Viil (kolmkant). 32) Keermepuurid ja -pakid ühes hoidjatega: gaasi- ja soomustorule ning mm- ja



Joon. 117. Tööriistad.

Whitworthi keermele. 33) Torutangid — kasutamiseks raudtoru töö juures. 34) Lai meisel, eraldi kivile ja metallile. 35) Ristmeisel. 36) Torn. 37) Supler (nihkkaliiber). 38) Mikromeeter. 39) Plommitangid. 40) Sepa-kruustangid. 41) Kantavad kruustangid raudtoru-töö jaoks. 42) Jootlamp. 43) Jootkolb. 44) Vaaderpass. 45) Terashari. 46) Šaaber. 47) Kommutaatori lestade vahede puhastaja. 48) Tolmulõõts. 49) Pöörete arvesti. 50) Augulööja, toruotsmikkudeta plekk-harukarpidele toruavade löömiseks.

Peale nende on soovitatavad: kaitseprillid (augu raiumisel kivisse), käi, smirgelseib, kirves, puusaag, soomustoru painuti ning suuremate masinate ja lülituskilpide monteerimisel veel

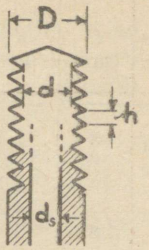


Joon. 118. Tööriistad.

tungraud (tavaliselt 3...5 t), tali (1...3 t), rihmaratta mahatõmbur, alasi, väliääs ja keevitusaparaat alumiiniumlattide ja juhtmete kokkukeevitamiseks.

158. Installatsioonitöödel kasutatavad kruvikeermete liigid.

Tarvitusel on allpoolmärgitud keermete liigid. *D* tähendab keerme välist läbimõõtu, *d* — südamiku läbimõõtu, *h* — tõusu, *z* — keermete arvu 1 tolli kohta, *ds* — toru sisemist läbimõõtu (joon. 119).



Joon. 119.

Installatsioonitöödel kasutatavad kruvikeermed. Tabel 40.

Meetriline kruvikeere (M): Kasutamisel voolujuhtivatel ühenduspoltidel 2...200 A-ni, kinnituspoltidel jne.

D mm	*d* mm	*h* mm	*D* mm	*d* mm	*h* mm	*D* mm	*d* mm	*h* mm
1,0	0,65	0,25	4	3,0	0,7	20	16,5	2,5
1,2	0,85	0,25	5	3 9	0,8	22	18 5	2,5
1,4	0 98	0,3	6	4,6	1,0	24	19,8	3,0
1,7	1,21	0 35	8	6,2	1,25	27	22,8	3,0
2,0	1,44	0.4	10	7,9	1,5	30	25,1	3,5
2,3	1,74	0,4	12	9,5	1,75	33	28,1	3,5
2,6	1,97	0,45	14	11,2	2,0	36	30,4	4,0
3,0	2,30	0,5	16	13,2	2,0	39	33,4	4,0
3,5	2,66	0,6	18	14,5	2,5	42	35,7	4,5

Whitworthi kruvikeere: voolujuhtivatel ühenduspoltidel 350 . . . 600 A, kinnituspoltidel jne.

D		*d*	*z*	*D*		*d*	*z*
toll	mm	mm		toll	mm	mm	
1/4	6,35	4,72	20	1 1/8	28,6	23,9	7
5/16	7,94	6,13	18	1 1/4	31,8	27,1	7
3/8	9,52	7,49	16	1 3/8	34,9	29,5	6
7/16	11,1	8,79	14	1 1/2	38,1	32,7	6
1/2	12,7	9.99	12	1 5/8	41,3	34,8	5
5/8	15,9	12,9	11	1 3/4	44,5	37,9	5
3/4	19.1	15,8	10	1 7/8	47,6	40,4	4 1/2
7/8	22,2	18,6	9	2	50,8	43,6	4 1/2
1	25.4	21,3	8	2 1/4	57,2	49,0	4

Gaasitoru kruvikeere.

ds toll	*D* mm	*d* mm	*z*	*ds* toll	*D* mm	*d* mm	*z*	*ds* toll	*D* mm	*d* mm	*z*
1/4	13	11,3	19	1 1/4	42	39	17	2 1/2	76	73	11
3/8	16,5	14,8	19	1 1/2	48	45	11	3	89	86	11
1/2	20,5	18,2	14	1 3/4	52	49	11	3 1/2	101	98	11
3/4	26,5	24,2	14	2	59	56	11	4	114	111	11
1	33	30	11	2 1/4	70	67	11	—	—	—	—

Soomustoru kruvikeere.

ds mm	*D* mm	*d* mm	*h* mm	*z*	*ds* mm	*D* mm	*d* mm	*h* mm	*z*
9	15,2	13,8	1,41	18	21	28,3	26,7	1,59	16
11	18,6	17,2	1,41	18	29	37,0	35,4	1,59	16
13,5	20,4	19,0	1,41	18	36	47,0	45,4	1,59	16
16	22,5	21,1	1,41	18	42	54,0	52,4	1,59	16

Edisoni kruvikeere: lambi- ja kaitsmepesadel.

Märk	*D* mm	*d* mm
E 10	9,6	8,6
E 14	13,93	12,3
E 27	26,6	24,3
E 33	33,1	30,5
E 40	39,5	35,9

Nipli kruvikeere.

Märk	*D* mm	*d* mm	*h* mm	*z*
M 10×1	10	8,6	1	25,4
M 13×1	13	11,6	1	25,4
M 16×1	16	14,6	1	25,4

Ühenduspoltide koormuse kohta amprites vt. p. 250.

159. Isoleermaterjalid.

1) Isoleerpael: kummeeritud, kleepuv riideriba. Värvilt must või valge. Kasutatakse installatsioonitööde juures. Laius tavaliselt 15 mm (ka 10, 20, 30, 40 ja 50 mm). Müügil meetriviisi 5-, 10- ja 25-m rullidena plekk-karpides ja kaalu

järgi 25-m rullides, tinapaberisse pakitult. 100 meetrit 15-mm linti kaalub umbes 1 kg.

2) Žakonettpael (vitselpael) — kootud riidelint, värvilt tavaliselt valge. Müügil rullides. Ehituselt nagu isoleerpael, kuid riie on puhas, mitte kleepuv. Kasutatakse montaaži- ja installatsioonitöödel.

3) Ekselsior- (lakk-) pael — nagu eelmine, kuid lakkimmutusega. Värvilt kollane.

4) Asfaltpael — nagu eelmine, kuid asfaltimmutusega. Kasutatakse kaablitöödel.

5) Parakummipael — kummipael vulkaniseeritult või ilma.

6) Ekselsior- (lakk-) riie — elastse isoleerlakiga läbiimmutatud linane või siidriie, kollast või musta värvi. Kasutatakse elektrimasinate mähiste isoleerimiseks.

7) Presspan — tugevalt kokkupressitud ja impregneeritud paber. Kasutatakse laialdaselt isoleerainena elektrimasinate ehituses.

8) Rüüštoru — kootud voolik lakkimmutusega. Läbimõõt tavaliselt 1...10 mm. Kasutatakse peamiselt nõrkvoolutehnikas.

9) Kaablimass — suure isolatsiooni- ja dielektrilise tugevusega sulav mass, värvilt must (vt. p. 106).

10) Chatterton — gutapertši sisaldav kõrgeväärtuslik isoleerkitt, veekindlate armatuuride, pukside, sisenduste jne. tihendamiseks. Külmalt kõva, pärast kuumutamist kitina sõtkutav.

11) Maavaha (osokeriit) — hele vahataoline mass portselanpiipude, nõrkvoolu kaabligarnituuride, ka veekindlate karpide jne. täisvalamiseks.

12) Pertinaks (getinaks, kõvapaber, turboniit, repeliit jm.) — šellaki või bakeliidiga kokkukleebitud paberilehed. Väga sitke. Plaatide või torudena.

13) Lakk — vaigu, tselluloidi jne. lahus piirituses, bensiinis, atsetoonis jne. Õhu käes (mõned sordid ainult kuumutamisel) kuivab. Kasutatakse aparaatide ja masinaosade katmiseks ja mähiste immutamiseks. Tähtsamad on šellaki lahus piirituses ja asfaltlakk.

14) T r a f o õ l i — kasutatakse trafodes, õlilülitites ja käivitites.

160. Juhtmete kinnituspunktide märkimine.

Juhtmete sirgjooneliseks paigutamiseks peavad kinnituskruvid asetsema täpselt ühel joonel, milleks märgitakse ette kruvide asetuskohad. Märkimiseks kasutatakse kriidi, tahma või muu säärase värvainega värvitud nööri, mis asetatakse juhtme või kruvide kohale ja mille otstest hoitakse kinni, nii et nöör oleks vastu seina. Nüüd tõmmatakse nöör keskkohast seinast pisut eemale ja lastakse lahti — nöör langeb seinale tagasi ja jätab sinna jälje. Kruvide asetuskoha märkimiseks võib kasutada ka lihtsalt pinguletõmmatud nööri.

161. Kruvide kinnitamine seina.

Kõik juhtmed ja elektriaparaadid kinnitatakse kohale kruvide abil, naelte kasutamine pole lubatav.

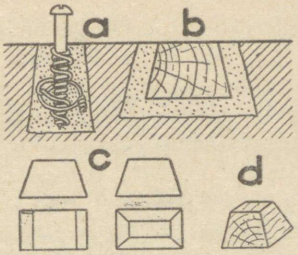
Puitseinas kasutatakse väiksemate esemete korral, nagu harukarbid, pendlikarbid, laerosetid, lülitid, torupellid (-klambrid) jne., tavalisi puidukruve, suuremate esemete korral (kaablimuhvid, malmkastid, konsoolid jne.) nelja- või kuuekandilise peaga võtmekruve (gluhariisid).

Kivimüüri korral kasutatakse kruvide kinnitamiseks tüübleid. Tarvitusel on alljärgnevad tüübliliigid:

a) S p i r a a l t ü ü b l i d (joon. 120-a). Spiraaltüübel on kõige enam levinud tüübliliik. Tema valmistamiseks kasutatakse kruvi keermesoone laiusele vastava läbimõõduga pehmet vask- või tsingitud raudtraati, kusjuures niiskete ruumide puhul tuleb eelistada vasktraati. Traat keritakse esmalt kogu keermeosa ulatuses keermesse, seejärel pööratakse otsad tagasi ja keritakse harvendatult kuni keermeosa keskpaigani, kus traadi otsad esmalt ühel küljel, siis teisel küljel mõni keerd omavahel kokku keerutatakse ja lõpuks ülejäänud otsad maha lõigatakse (joon. 120). Selline traatspiraal moodustab puidukruvile tiibmutri-sarnase mutri, mis püsib ega pöördu müüris kruvi kinnitamisel. Valmistehtud spiraaltüübel kipsitakse või tsemenditakse ettenähtud avausse koos kruviga. Pärast kipsi või tsemendi tardumist keeratakse kruvi välja ja kruvitakse uuesti tagasi koos kinnitatava esemega.

Kips tardub mõne minuti, tsement paari päeva jooksul. Märgades ruumides ja õues tuleb kasutada tsementi või tse-

mendi ja kipsi segu, sest kips üksi on hügroskoopne ega seo hästi müüritisega, mille tagajärjel — eriti tõmbepingetele alluvate kruvide korral — võib kogu tüübel seinast välja langeda.

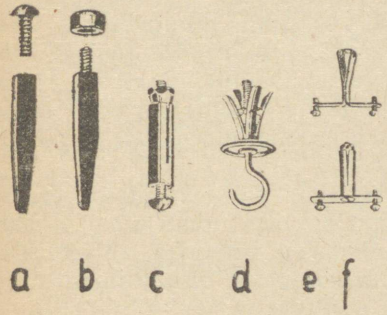


Joon. 120. Spiraal- ja puittüüblid.

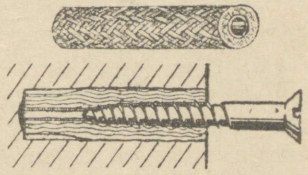
b) P u i t t ü ü b l i d (joon. 120-b). Puittüübleid kasutatakse nõrgema müüri korral. Tüübel valmistatakse immutatud kuivast puidust kiilu- või tömp-püramiidikujuline (joon. 120-c, d), nii et sissekeeratav kruvi jääks puidukiududele risti. Tüübel kinnitatakse seina sisse kipsi või tsemendiga.

Tüübli auk olgu tagant laiem, et tüübel püsiks kindlalt paigal. Puittüüblite kasutamine on üldiselt vähesoovitav. Pikuti kiududega auku löödud prundikujulised puittüüblid ei kõlba, sest et need lühikese aja jooksul lahti kuivavad ja välja kukuvad.

c) T e r a s t ü ü b l i d. Joonisel 121 on näidatud sissekeeratava kruviga (a) ja pealekeeratava kinnitusmutriga (b) terastüüblid. Esimene tüübel lüüakse seina hariliku vasaraga, teise tüübli sisselöömiseks kasutatakse sellekohast rauda, millel on



Joon. 121. Terastüüblid.



Joon. 122. Nöörtüübel.

sees õõnsus keermeosa jaoks, et keere ei vigastuks tüübli sisselöömisel. Tüüblid lüüakse seina nii, et ots jääks seinast pisut (1 ... 1,5 mm) välja. Kõvas seinas, näit. betoonis, puuritakse seina sisse auk ette.

Terastüüblite pikkus on 35, 50 ja 65 mm. Sissekeeratava kruvi pikkus on 10, 15, 20, 25 ja 35 mm. Keermeosa pikkus on 6 või 24 mm.

d) K i i l t ü ü b l i d. Kiiltüübel on näidatud joon. 121-c, d. Soonelisest tüüblikestast ulatub läbi kruvi, mille teises otsas on kooniline mutter.

Tüübel asetatakse seina raiutud auku ja kruvi keeratakse sisse päripäeva. Selle tagajärjel liigub mutter ettepoole ja surub tüübli harud laiali ning tüübel jääb auku tugevasti kinni. Paremus — pole vaja sideainet ega selle tardumise ootamist.

Kiiltüüblid on eriti kohased siis, kui kinnituskohta mõjutab tõmbejõud. Suuremad kiiltüüblid on kohased isolaatorite kinnitamiseks seina külge.

e) N ö ö r t ü ü b l i d. Nöörtüübel (joon. 122) asetatakse müürisse puuritud auku ja keeratakse kruvi sisse. Kruvi sissekeeramisega pressitakse tüübel tugevasti vastu augu seinu. Selline tüübel on kohane telliskivist või betoonist müüris. Nöörtüüblite läbimõõt on 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm; pikkus peenemail 13 ... 25 mm, jämedamail 35 ... 100 mm. Augu läbimõõt olgu tüübli läbimõõdust 0,5 ... 1 mm suurem.

Juhul, kui seina on vaja kinnitada kahe kinnituskruviga esemeid (pendlikarbid, lülitid jne.), kasutatakse väga tihti kaheharulisi tüübleid (joon. 121-e, f).

162. Puurimine.

Kivis ja betoonis kasutatakse harilikult löökpuurimist. Vastava läbimõõduga kivipuur (joon 115, 11—14) või meisel asetatakse teraga vastu kivi; puuri teisele otsale haamriga lööke andes ja iga löögi järel puuri veidi ringi pöörates, puuritakse auk nõutava sügavuseni. Kivipuru tuleb puuraugust aeg-ajalt kõrvaldada.

On auke puurida suuremal hulgal, võib kasutada erilist elektrimootoriga töötavat käsihaamrit, mis annab 1000 ... 5000 lööki minutis, puuri ühtlasi ka aeglaselt pöörates. Vajalikku energiat saadakse elektrivõrgust või kantavast bensiinimootoriga dünamost.

Metalli puurimine toimub pöörleva spiraalpuuriga. Suure

lõikekiiruse puhul tuleb puurauku õliga või seebivee ja õli seguga jahutada.

Marmorisse puuritakse nagu metalligi; jahutamine toimub veega.

163. Jootmine.

Kaablikingade külgeühendamine, briti jätkude ning mitmekiuliste painduvate juhtmete otste kokkujootmine jne. toimub joottinaga. Jootmiseks kasutatakse kas inglistina (Sn) puhtalt või seatinaga (Pb) segatult.

J o o t m i s v i i s i d.

a) T u l e l. Joottina aetakse nõu sees sulaks. Kolofoonium või tinutuspasta tehakse soojaks. Tinutatava traadi ots tehakse smürgelpaberi või viiliga puhtaks, kastetakse algul pastasse ja siis tinasse. Üleliigne tina pühitakse lapiga maha. Antud viisi kasutatakse suuremate tööde ja jämedamate juhtmete puhul. Joodetava pinna katmine kolofooniumi või jootpastaga toimub oksüüdipinna(-kihi) kõrvaldamiseks, sest viimase külge tina ei hakka.

Pealemäärimise kergendamiseks võib kolofooniumi lahustada piirituses.

b) L e e k l a m b i g a. Tinutatav ese kuumutatakse bensiinilambiga (joon. 118—42). Kuumale esemele määritakse pastat ja sulatatakse tinapulgast tina peale. Liigne tina pühitakse lapiga maha.

c) T i n o o l i g a. Tinool on eriline pastakujuline segu joottinapulbrist ning jootvedelikust. Joodetav traat puhastatakse smürgelpaberiga, määritakse tinooliga kokku ning kuumutatakse piirituslambil või isegi tikutulel kuni tina sulamiseni. Kasutatav peenemate juhtmete korral.

d) J o o t k o l v i g a. Kokkujoodetavad osad puhastatakse ja kaetakse jootveega või pastaga (kloortsingi lahus vees, kolofoonium jne.). Kolb aetakse 200 ... 300° C kuumaks, kolvitera puhastatakse vastu salmiaagitükki hõõrudes ja surutakse siis vastu joottina. Kolvi külge jääv sula tina kantakse joodetavale pinnale. Kasutatav peenemate juhtmete ja plekkide korral.

164. Kittimine.

Portselantüllide, -piipude jne. kinnitamiseks metallarmatuuri külge kasutatakse kitina segu tinasilu- (PbO) pulbrist

(mitte kristallides) ja glütseriinist. Pulber peab olema kuiv. Pärast kittimist tuleb ühenduskohta 24 tundi soojas kohas kivineda lasta.

Bakeliitesemete kittimiseks kasutatakse segu atsetoonist ja bakeliidipulbrist.

Metallklemmide kittimiseks portselaniga jne. võib kasutada kas ülaltähendatud tinasilu või mitmesuguseid erilisi kittimispulbreid.

D. ALUMIINIUMI KÄSITSEMINE.

165. Alumiiniumist üldiselt.

Õhu- ja kaabelliinides ning tugevvoolu lülitusseadmeis kasutatakse vase asemel majanduslikel kaalutlusil tihti alumiiniumi (vt. ka p. 95). Väiksemas ulatuses leiab alumiinium kasutamist ka veel siseinstallatsioonides ja elektrimasinate ehitamisel. Kohamuutlike juhtmetena pole alumiinium kõlblik.

Võrreldes vasega on alumiiniumil järgmised erinevused: Õhu käes kattub alumiinium õhukese, kuid tiheda ja vastupidava oksüüdikihiga. Viimane on võrdlemisi halb elektrijuht ja tuleb kontaktpindadelt võimalikult kõrvaldada; ühtlasi peab korraliku kontakti saamiseks kontaktsurve olema suurem kui vasel.

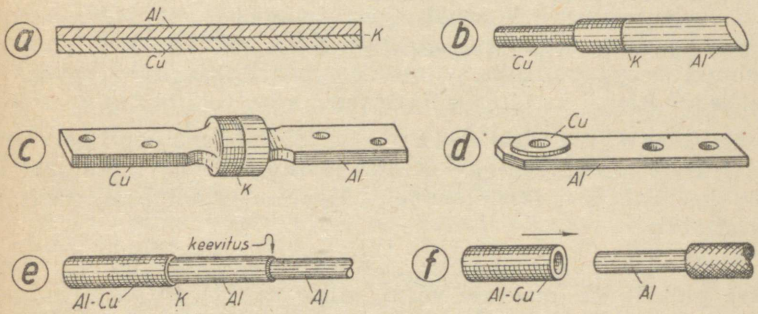
Alumiinium on pehmem ja annab alguses (6 . . . 8 nädala jooksul) kruvi all järele, mistõttu kontaktsurve väheneb, tekib logisev kontakt, mille tulemusena võib esineda kas voolu katkemine või, suuremate voolude korral, jätku kuumenemine ja sissepõlemine. Ülaltähendatud nähtuse vältimiseks varustatakse kruvid „survereserviga“ — tugevate vedruseibide jts. näol. Ajutistes seadistes ja väiksemate voolude korral võivad viimased puududa; sellisel juhul tuleb kruvisid algul paar korda umbes paari nädala jooksul järelpingutada.

Alumiiniumi kokkujootmine tavalisel viisil ei ole võimalik, sest juhet kattev oksüüdikiht ei võta tina külge. Jootmisel tuleb oksüüdikiht kõrvaldada kas keemiliselt (reaktsioon jootmisel) või mehaaniliselt (hõõrdejootmisel).

Suuremate põikpindade juures (ühenduslatid lülitusseadistes, jämedamad kaablid jne.) on kindlamaks ja eelistatavaks ühendusviisiks keevitamine. Kokkukeevitatud osi saab vajaduse korral igal ajal eraldada läbisaagimisega.

Kruviühendusi kasutatakse peamiselt kohtades, kus keevitus ei ole teostatav, nagu lattide ühendamisel masinate ja aparaatidega, siseinstallatsioonides jne.

Elektriliselt positiivsete metallidega, eriti vasega ja osalt tinaga, ning väiksemas ulatuses rauaroostega kokku puutudes alumiinium niiskuse mõjul kokkupuutekohas korrodeerub (vt. ka p. 95). Vase ja alumiiniumi otsesest kokkupuutest väljas ja niiskes ruumis tuleb hoiduda; ühendused tuleb vajaduse korral teha eriliste kupaal- (Al-Cu) vahetükkide või klemmide abil. Kuivas ruumis, samuti õlis või kaablimassis võivad vask ja alumiinium ohutult kokku puutuda.



Joon. 123. Kupaalvahetükid.

Rida kupaalvahetükke on näitena toodud joon. 123. a) Kupaalplekk. Alumiinium ja vask on kokku valtsitud. Ühendus on äärmiselt tihe ja kindel, ainus niiskusele kättesaadav kontaktpunkt K on kergesti laki või värviga kaetav. b) Kupaalvahetükk ümarjuhtmeile. Ühendus on tehtud kas keevituse või kruvikeermega, erijuhtumil ka jootmisega. c) Kupaalvahetükk lattidele. d) Alumiiniumlatt sissepressitud valgevaskseibiga — „silmaga". e) Kupaaltraat — alumiiniumtraat vaskkattega. f) Kupaaltoru — alumiiniumjuhtmete otsa kinnitamiseks.

Ühendused tehakse tavaliselt vase-poolel kruvidega, alumiiniumi-poolel keevituse, kruvide või jootmisega.

Soovitav on kasutada alumiiniumi jaoks eriehitusega tööriistu (puure, saage jne.), kuigi kasutada saab ka tavalisi rauatööriistu. Tööriistad vase ja alumiiniumi jaoks tuleb hoida lahus (vt. ka p. 95).

166. Alumiiniumi keevitamine.

Kasutusel on järgmised keevitusviisid: a) autogeenkeevitus, b) valatiskeevitus, c) keevitus elektrileegiga, d) elektriline takistuskeevitus punkt-, õmblus- ja tömpkeevituse menetlusel.

Alumiiniumi kattev oksüüdikiht tõkestab kokkukeevitatavate metallide ühinemist; selle nähtuse vältimiseks tuleb kasutada keevituspulbrit. Viimane, kuumuses sulades, katab keevitatava pinna, lahundab oksüüdikihi ja kaitseb keevituskohta õhu ja uudse oksüdeerimise eest.

Keevituspulber koosneb mitmesuguste soolade segust. Keevituspulber segatakse otseselt enne tarvitamist lubjavaba (pehme) veega pudruks, viimasega määritakse kokkuhoidlikult üle keevitatavad kandid ja lisatraat.

1) Autogeenkeevitus — toimub analoogiliselt rauakeevitusele atsetüleeniga. Kõige levinum viis. Kasutusel lattide, kaablite jne. ühendamisel. Keevitus toimub lahtiselt või vormi abil.

2) Valatiskeevitus. Keevitatava osa ümber asetatakse plekist või malmist vorm, mille põhjas on väljavooluava. Keevitatavad pinnad riputatakse üle kuiva keevituspulbri ja stearііni seguga. Alumiinium aetakse tiiglis sulaks (umbes 850...900° C) ja valatakse vormi. Algul lastakse sula alumiinium läbi vormi voolata, viimase kuumenemisel suletakse väljavooluava. Kasutatakse jämedamate (üle 150 mm^2) põikpindade juures. Pritsimiste ja pursete vältimiseks peab vorm olema kuiv. Kaitseks kasutada nahkkindaid, -põlle ja kamasse.

3) Keevitus elektrileegiga. Keevitatav ese ühendatakse negatiivse, keevitus-elektrood positiivse poolusega. Kasutatav on ainult alalisvool ja kaetud (mantel-) elektroodid. Süütepinge 60...70 V, tööpinge 24...28 V, vool 60...250 A.

4) Punkt- ja õmbluskeevitus. Tööviis on analoogiline vastavaile raua keevitusviisidele. Elektromontaaži juures vähe tarvitusel.

5) Tömpkeevitus. Tööviis analoogiline rauakeevitusele. Annab väga tugeva ühenduse. Võimaldab ka alumiiniumikeevitust vasega jne. Keevituspulber pole vajalik. Kasutatakse peamiselt kaablitehaseis juhtmete jätkamiseks.

167. Alumiiniumi jootmine.

Jootmist kasutatakse peamiselt alumiiniumi ühendamiseks vase ja valgevasega, näit. vaskkaabelkingade kinnitamiseks alumiiniumjuhtmete otsa.

Joodetavaid kohti võib kasutada ainult kuivas või niiskuse eest kaitstud kohas.

Tarvitusel on peamiselt kaks viisi: a) hõõrdjootmine, b) reaktsioonjootmine.

1) Hõõrdjootmine. Oksüüdikiht kõrvaldatakse mehaaniliselt — hõõrumisega. Selleks puhastatakse juhe, aetakse leeklambiga kuumaks (vähemalt 250° C) ja kaetakse jootmetalliga, viimast terasharjaga laiali hõõrudes. Jootmetallina kasutatakse segu inglistinast, tsingist, seatinast, kadmiumist jne. Hõõrumisel purustavad tsingikristallid oksüüdikihi, ja tina, tungides alumiiniumi puhtasse pinda, katab viimase. Peenikestel juhtmetel võib sissehõõrumist teostada ka küllaldaselt suure ja kuuma kolviga või kuumutusplaadil.

Mitmekiulistel juhtmetel tuleb kõik kiud laiali painutada, üksikult sisse hõõruda ja siis uuesti kokku painutada (käega mitte puudutada).

Selliselt metalliseeritud juhtmete kokkujootmine toimub tavalises korras tinaga.

2) Reaktsioonjootmine. Oksüüdikihi kõrvaldamine teostub keemiliselt soojuse kaasabil. Jootmismaterjalina kasutatakse enamikus tsink-kloriiti sisaldavaid segusid pasta või pulbri näol. Viimane segatakse enne tarvitamist vee, alkoholi või parafiinõliga pudrukujuliseks. Joodetav ese (näit. juhtmeots) määritakse jootpastaga kokku ja kuumutatakse jootlambiga, kuumuse tõttu lahustab jootpasta oksüüdikihi, kuna jootmetall sadeneb alumiiniumi pinnal.

Teostunud metalliseerimise tunnuseks on valkjate suitsupilvede vaibumine. Selliselt metalliseeritud jootekohad (näit. kaabelkingad, ühendusmuhvid jne.) täidetakse selle järel tavalise jootmismetalliga.

168. Kruviühendused.

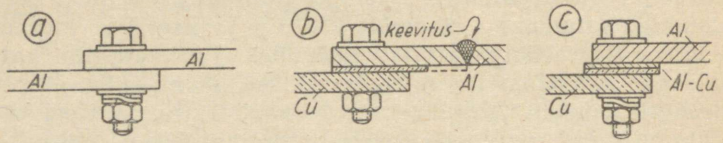
Alumiiniumi kattev oksüüdikiht tuleb enne kokkukruvimist kõrvaldada. Selleks tõmmatakse kontaktpinnad üle koreda viiliga, tugeva terasharjaga või peenemail juhtmeil saabriga ja kaetakse kergelt vaseliiniga.

Puhastamist võib teostada ka vaseliinise viili või harjaga.

Alumiiniumlatid ühendatakse omavahel poltidega. Suurema kontaktsurve saavutamiseks peavad viimased olema terasest. Sisselitsumise vältimiseks asetatakse poldi pea ja mutri alla seibid. Surve reservina kasutatakse tavaliselt vedruseibe (vt. joon. 124-a).

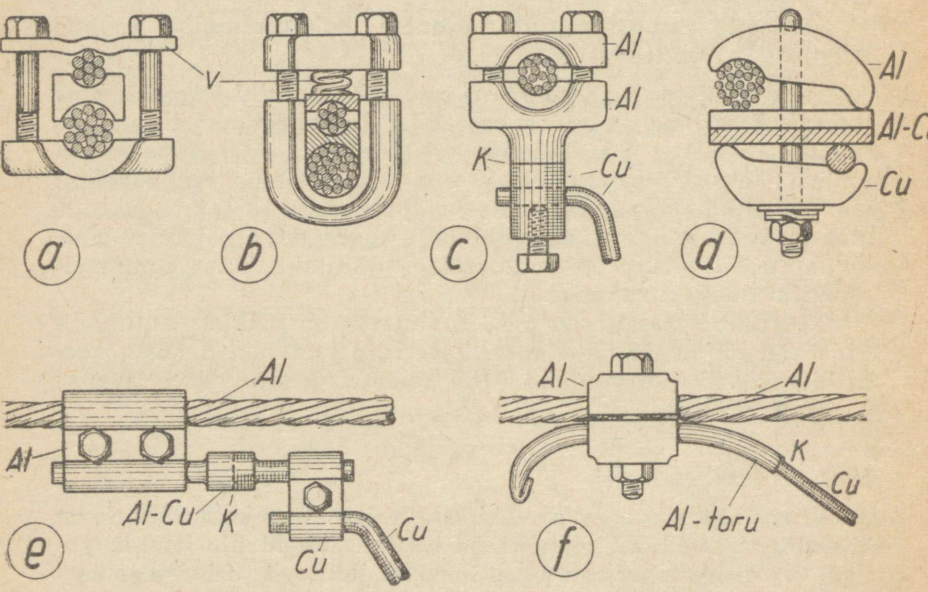
Vajalik kontaktsurve peab olema vähemalt 0,5 kg/mm², kontaktpinna koormus kuni 0,15 A/mm².

Alumiiniumlati ühendamine vasklatiga kuivas ruumis toimub analoogiliselt eelmisele. Märjas ruumis tuleb vahele ase-



Joon. 124. Kruviühendused alumiiniumlattidel.

tada kupaalplekk (joon. 124-c) või alumiiniumlati otsa keevitada kupaallatt, millelt vask on osaliselt kõrvaldatud (joon. 124-b punktiiris). Vedruseibid pole viimasel juhul vajalikud.



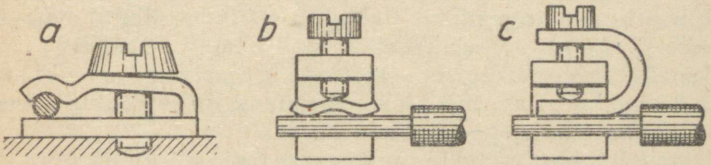
Joon. 125. Hargnemisklemmid alumiiniumist õhuliini-juhtmeile.

Õhuliini-juhtmete hargnemisel kasutatakse tavalise ehitusega alumiiniumist küüsklemme (vt. p. 94), kuid viimased on kogult suuremad ja tugevamad vaskklemmidest. Suuremate voolude korral on soovitatavad klemmid, kus on olemas teatav surve reserv vetruva plaadi abil või muul teel (vt. joon. 125-a, b). Üleminekuks alumiiniumilt vasele tuleb kasutada nn. kupaalklemme. Rida selliseid on näitena toodud joon. 125-c, e. Vaskjuhtme ühendamiseks Al-ga võib kasutada ka vasele pealeasetatud toru (joon. 125-f). Ainus sööbepunkt (joonisel k-ga märgitud) on siin kergesti värviga kaitstav.

Siseinstallatsioonides võib kuivades ruumides alumiiniumjuhtmete jaoks kasutada ka tavalisi vase jaoks määratud installatsioonimaterjale. Soovitatavad on klemmid sirgelt sisseasetatavale juhtmele (joon. 78-c, d), sest alumiinium on aasaks painutamiseks pude.

Terava otsaga kruve, mis end võivad juhtmesse litsuda, tuleb vältida, vajaduse korral tuleb kruvi ots lamedaks viilida.

Soovitatavad on vedrukontaktid, milledest mõned on näidatud joon. 126.



Joon. 126. Vedrukontaktid alumiiniumist installatsiooni-juhtmeile.

Parema kontakti saamiseks vaskklemmides võib kasutada ka alumiiniumjuhtme otsa asetatud vask- või kupaalhülsse. Jämedamail mitmekiulisil juhtmeil (umbes 50 mm^2 alates) on soovitav otsad üheks poldiks kokku keevitada, sest muidu voolu üleminek keskel asetsevaisse kiududesse on oksüüdikihi halva juhtivuse tõttu takistatud. Ülaltähendatud poldi võib vajaduse korral otseselt kaabelkingaks välja taguda või kasutada kaabelkinga kinnitamiseks.

Alumiiniumi kasutamine siseinstallatsioonides on laiemas ulatuses kasutusele võetud alles hiljuti ning praegu alles väljakujunemisel.

VIII. ELEKTRIJÕUJAAMADE JA -VÕRKUDE LIIGID.

169. Jõujaamad.

Elektrijõujaamas muundatakse kütteaines peituv soojusenergia või vee langemises 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 majade rühmi, haaramata avalikke tänavaid, või väiksemaid alevikke ja külasid.

Vastavalt vooluliigile jagunevad jaamad alalis- ja keerdvoolujaamadeks. Esimene on harilikult kasutatav väiksema ulatusega võrkude korral.

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

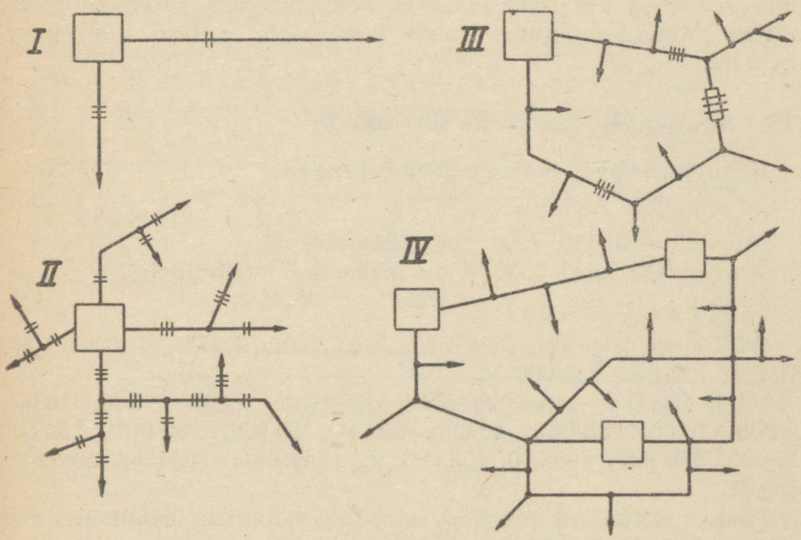
170. Jaotusvõrgud.

Elektrijõujaamast juhitakse elektrienergia läbi juhtmestiku — elektriliini — kuni tarvitajani. Normaalselt on kõik tarvitajad ühendatud rööbiti. Järjestikku ühendamist kasutatakse ainult erandjuhtumeil.

Suurema arvu tarvitajate varustamiseks määratud ühist liini nimetatakse magistraal- ehk pealiiniks.

Kui jaam peab korraga voolu andma suuremale hulgale tarvitajaile, mis asetsevad laialipaisatult, siis hargnevad liinid elektrivõrguks (joon. 127). Enamasti on võrk lahtine (joon. 127 — I ja II), kuid kasutatakse ka ringliine ja kinnisi võrke (joon. 127 — III ja IV).

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



Joon. 127. Jaotusvõrkude skeem.

171. Pinge.

Mida kõrgem valida ülekande süsteemi võrgu pinge U, sama võimsuse ja sama juhtme põikpinna juures, seda väiksem on vool J (sest $N = U \cdot J$) ja ühtlasi voolust tingitud pingelang ning võimsuskadu. Võimsuskadu ühes juhtmes vattides on $N_{kadu} = J^2 \cdot R$, kusjuures R on juhtme takistus.

Ülaltoodust selgub, et pinge tõstmisel samapõikpinnalise liini korral suureneb ülekantav võimsus või teiselt poolt sama võimsuse juures suureneb ülekandekaugus.

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

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

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

172. Nimipinged seadiseile üle 100 V.

Kasutamisel on järgmised nimipinged:

a) Alalisvoolul:

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

Pinged 550 kuni 3000 V on määratud trammidele.

b) Keerdvoolul:

OCT-i järgi — 127, 220, 380, 500, 3 000, 6 000, 10 000, 35 000, 110 000, 154 000, 220 000 V.

VDE järgi — 125, **220**, **380**, 500, 1 000, 3 000, **6 000**, 10 000, **15 000**, 20 000, **30 000**, 45 000, **60 000**, 80 000, **100 000**, 120 000, 150 000, **200 000**, 300 000, 400 000 V. Jämedalt trükitud on eelispinged.

Peale ülaltoodud pingete esinevad vanemais seadiseis veel 5 000, 12 000, 25 000, 35 000, 50 000 ja 70 000 V.

Ülaltoodud pinge normid kujutavad keskmist talituspinget voolutarvitaja klemmidel. Vooluallika pinge võib olla kuni 10% kõrgem. Piirkonnas, kus pinge ei ületa nimipinget 10%, võib kasutada sellele nimipingele vastavat materjali. Tarvitusaparaadid peavad taluma pinge kõikumisi kuni ±5%.

173. Nimipinged seadiseile 1 kuni 100 V.

Kasutusel on järgmised nimipinged: 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 pinged kehtivad talitusaparaatide kohta.

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

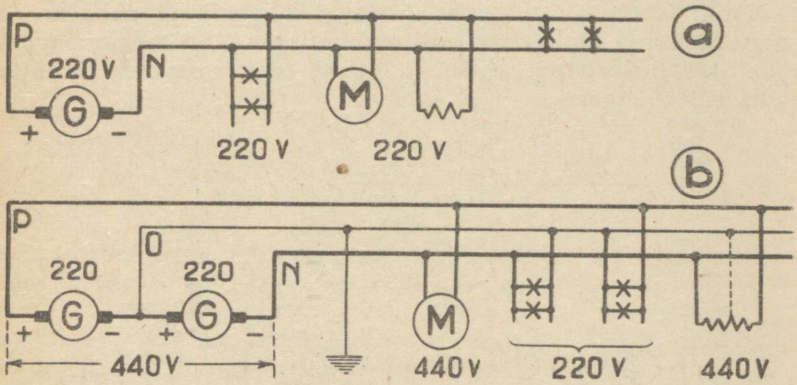
Ülaltoodud pisipingetega töötavad alalis- ja vahelduvvoolu signaalhelistid ja -seadmed, telegraaf ja telefon, akumulaato-

reist või patareidest toidetavad valgustusseadised, akudega elektromobiilid (autod), seadised märgades ruumides, elektromeditsiinilised aparaadid, elektrontorude küte jne.

174. Alalisvoolu-võrgud.

Kasutatavad lülitused on näidatud joon. 128.

a — K a h e j u h t m e l i n e — kõiki vooluallikaid ja voolutarvitajaid toidetakse ühesuguse pingega, lülitus on paralleelne.



Joon. 128. Alalisvoolu-võrgud.

Kasutamisel peamiselt väikese ulatusega elektrivõrkudes. Nimipinged: üldiselt 110 ja 220 V; erandjuhtumeil, eriti sõidukeil ja laevadel 4 ... 110 V; puht-jõuseadiseis kuni 3 000 V (näit. 550, 750 jne.).

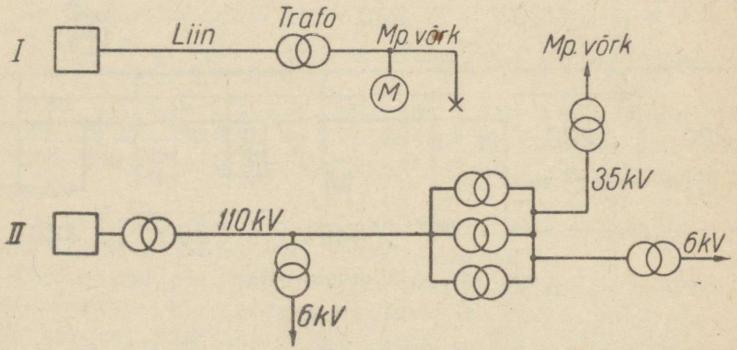
b — K o l m e j u h t m e l i n e. Kaks kahejuhtmelist süsteemi on lülitatud järjestikku. Keskmine juhe, nn. n u l l j u h e, on ühine. Viimane on maandatud, s. o. maaga elektriliselt ühendatud. Nimipingeiks on harilikult 2×220 V, vanades seadistes ka 2×110 V. Pinge kahe välisjuhtme vahel on 2×220 V võrgus 440 V; pinge välisjuhtmete ja nulljuhtme (maa) vahel on 220 V. Mootorid ja suuremad aparaadid töötavad 440, lambid (joonisel 128 märgitud ristiga) ja väiksemad aparaadid 220 voldiga. Seadis loetakse madalpingeliseks.

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

Kolmejuhtmelise võrgu paremused on: kaks korda kõrgema pinge tõttu on ülekantav võimsus või tegevusraadius neli korda suurem. Vooluallikana kasutatakse õige väikesis seadiseis kahte 220-voldilist dünamot järjestikku, suuremais — 440-V dünamosid erilise pingejagajaga.

175. Vahelduvvoolu-võrgud.

Suuremate kauguste või võimsuste korral kasutatakse vahelduvvoolu. Viimase ainsaks, kuid väga oluliseks paremuseks alalisvooluga võrreldes on kerge pinge ümbertransformeerimise võimalus: voolu võib jaamast välja saata kõrgepingelisena ja transformeerida harilikuks madalpingeliseks alles tarbimiskohas (joon. 129). Kõrgepinge-liini juhtmed on peenemad, mistõttu seadis tuleb odavam.



Joon. 129. Jaotus kõrgepinge-liinidega.

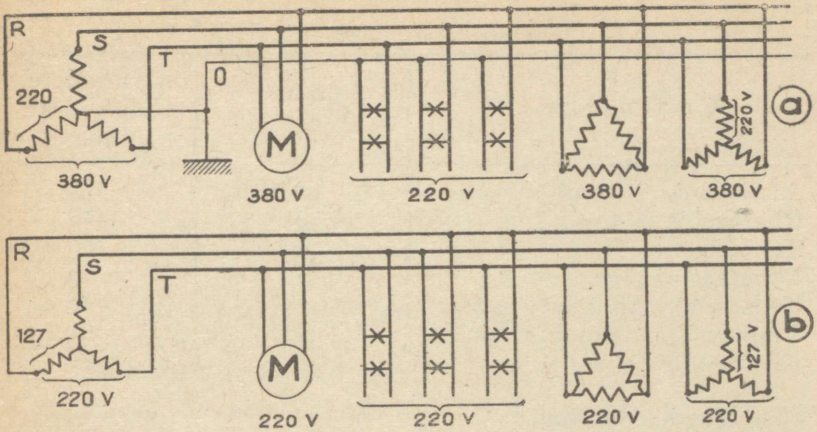
Transformaator-alajaamu võib kõrgepinge-liinil asetseda mitmeid; samuti võivad kaks või mitu transformaatorit töötada paralleelselt ühisesse madalpinge-võrku (joon. 129 II).

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

Ühefaasine vahelduvvool on valgustuseks niisama kohane kui alalisvoolgi, kuid mootorid on sellega raskelt käivitatavad; seetõttu jõuseadistes kasutatakse ainult keerdvoolu. Viimane annab ka suuremat kokkuhoidu juhtmematerjalis.

Keerdvoolu madalpinge-võrkudes kasutatavad lülitused on näidatud joonisel 130.

a — N e l j a j u h t m e l i n e k e e r d v o o l (tähtvõrk). Pinge harilikult 3 × 380/220 V. Lambid ja väiksemad ühefaasised apa-



Joon. 130. Keerdvoolu-võrgud.

raadid ühendatakse faas- ja nulljuhtme vahele ning töötavad 220 V-ga. Mootorid ja suuremad aparaadid ühendatakse f a a s- (pea-) juhtmete vahele ja töötavad 380 V-ga. Pinge juhtme ja maa vahel on 220 V. Koormus jaotatakse võimalikult ühtlaselt kõigi kolme faasjuhtme vahel.

b — K o l m e j u h t m e l i n e k e e r d v o o l (kolmnurkvõrk). Pinge harilikult 3 × 220 V. Pinge juhtme ja maa vahel keskmiselt 127 V, kui juhtmete isolatsioon on korras. Paremuseks on madalam pinge maa suhtes, halbuseks — jämedamad juhtmed.

Keerdvoolu kõrgepinge-liinid on 3-juhtmelised; ühest ja samast liinist võib toita nii 4- kui ka 3-juhtmelist madalpingevõrku, vahe oleneb ainult transformaatori lülitusest.

176. Juhtmete põikpindade võrdlus.

Võttes aluseks võrdse tööpinge lampides, võrdsed kaod liinis ning võrdse ülekantava võimsuse, tuleb ühe välise (faas-) juhtme põikpind kolmejuhtmelisel alalisvoolul 4 korda, kolmejuhtmelisel keerdvoolul 2 korda ja neljajuhtmelisel keerdvoolul 6 korda väiksem kui kahejuhtmelisel liinil. Harilikult võetakse nulljuhtme põikpind 50% faasjuhtmest. Arvestades viimase juurde, saame allmärgitud juhtmematerjali kaalude vahekorra.

Juhtmete põikpindade võrdlus.

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

177. Tegevusraadius.

Teoreetiliselt on elektrivõrkude tegevusraadius igasuguse pinge juures piiramatu: mida väiksem on koormus või mida jämedam valida juhe, seda suurem on ulatus. Majanduslikel kaalutlustel võib praktiliseks piiriks võtta valgustus- ja väikemootoritega (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.

IX. ALALISVOOLU-JAAMAD.

A. KAHEJUHTMELISELE VÕRGULE.

178. Alalisvoolu-generaatorid ehk -dünamod.

Töötavad magneto-elektrilise induktsiooni põhimõttel. Ehitusviisilt vastavad nad alalisvoolu-mootoreile; üht ja sama masinat võib kasutada nii dünamona kui ka mootorina.

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

179. Dünamo võimsus.

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

Kui dünamot koormata, suureneb ka võimsusetarvitus võllil, dünamo käitamiseks on vaja rohkem võimsust. Koormamisel soojenevad ühtlasi dünamo mähised. Piiri kestvale koormusele paneb maksimaalne temperatuur, milleni dünamo sisemus tohib soojeneda. Lubatud temperatuuri piiriks tavalistes mähistes on umbes 95° C.

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.

L i i g k o o r m u s. Töötanud (soe) dünamo peab taluma vigastumatult 1,5-kordse liigkoormuse 2 min. vältel; seejuures võivad harjad sädeleda, kuid peavad jääma töökõlblikku olukorda.

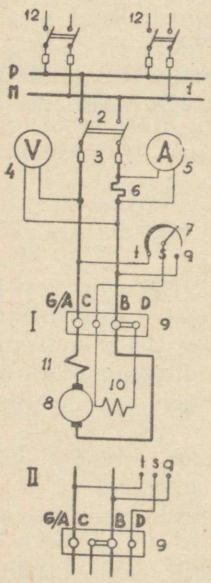
Suurem liigkoormus (näit. lühisvool) võib tekitada ringtuld kommutaatoril, rikkudes viimast, mispärast tuleb kasutada kiirautomaati või kaitsmeid.

K a s u t e g u r. Dünamost saadav ja juhtmete kaudu edasiantav võimsus on alati väiksem dünamole võlli kaudu antavast võimsusest. Nende võimsuste suhet nimetatakse kasuteguriks. Dünamote kasuteguri suurus on ligikaudu sama mis mootoreilgi.

180. Haruvoolu- (šunt-) dünamo.

Haruvoolu-dünamo ergutusmähis on lülitatud ankrumähisega rööbiti. Mähist läbib kogu dünamo voolust ainult väike osa (1 . . . 5%).

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



Joon. 131. Alalisvoolu haruvoolu-dünamo lülituse skeem.

Dünamo käivitamisel puudub ergutusvool. Dünamo hakkab voolu andma remanentsmagnetismi mõjul. Tekkinud vool omakorda suurendab magnetvoogu, kuni dünamo on saavutanud täispinge (endaergutus). Piiri pingetõusule paneb magnetiline küllastus.

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

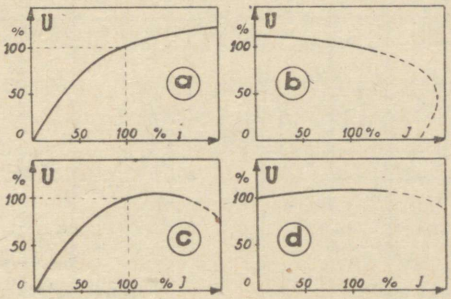
Haruvoolu-dünamo ühendamine võrguga on näidatud joonisel 131: I parempoolse, II vasakpoolse pöörlemissuuna jaoks. Joonisel tähendavad: 1 — kogumislatid; 2 — lülit; 3 — kaitsmed; lihtlüliti ja kaitsmete asemel kasutatakse suuremail masinail ka liigvoolu automaatlülitit; 4 — voltmeeter; 5 — ampermeeter; 6 — ampermeetri šunt; 7 — ergutus- (pinge-) regulaator; 8 — dünamo ankur; 9 — dünamo klemmlaud; 10 — ergutusmähis; 11 — lisapooluste mähis; 12 — väljuvad liinid — või ka teise, rööbiti samadele lattidele töötava dünamo ühendusjuhtmed.

O m a d u s e d. Pinge on võrdlemisi püsiv, langedes ülieminekul tühijooksult täiskoormusele 1% (suuremad masinad)

kuni 10% (väikesed masinad). Pinge tõstmiseks tuleb ergutust suurendada või tõsta pöörete arvu.

Pinge on võrdeline pöörete arvuga ajaühikus. Lühise korral langeb pinge nullini, kusjuures vool tõuseb 1,5- kuni 2,5-kordseks nimivoolust. Töötamine rööbiti teiste dünamote või vooluallikatega (akudega, muundajatega jne.) on kergesti teostatav.

Ülevaate dünamo pinge muutumisest annavad joonisel 132 toodud dünamo karakteristikud.



Joon. 132. Alalisvoolu-dünamote karakteristikud.

Joon. 132-a. Haruvoolu-dünamo tühijooksu karakteristik: pinge (või E) muutumine ergutusvoolu i muutmisel, kui koormus $J = 0$ ja r = konstant.

Joon. 132-b. Haruvoolu-dünamo väline karakteristik: klemmipinge U muutumine olenevalt koormuse J muutumisest, kui pöörete arv ja ergutusahela takistus on püsivad.

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

181. Peavoolu- (seerias-) dünamo.

Ergutusmähis on ankrumähisega järjestikku.

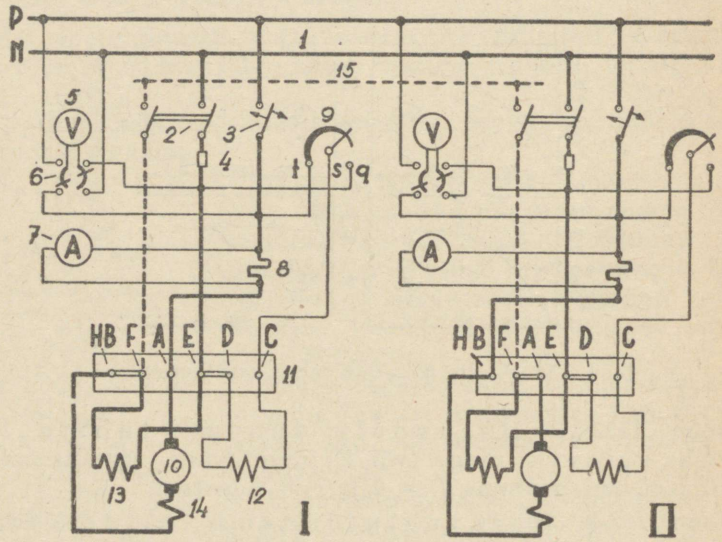
Omadused. Pinge on peaaegu võrdeline koormusega; masin annab ainult püsiva koormuse juures püsivat pinget. Paralleellülitus ei ole teostatav. Ei sobi akude laadimiseks ja keemiatööstustes.

Pinge olenevus koormusest on toodud joonisel 132-c.

Kasutuskohad. Leeklampide (prožektorite) toitmisel, jõuülekandel peavoolumootorile ja pingelangu kompenseerimisel pikkades alalisvoolu-liinides.

182. Kompaund-dünamo.

Omab nii peavoolu- (seerias-) kui ka haruvoolu- (šunt-) mähist, mis tekitavad ühesuunalise magnetvälja.



Joon. 133. Kompaund-dünamote lülitusskeem.

Ühendamine võrguga on näidatud joonisel 133: I — parempoolse ja II — vasakpoolse pöörlemissuuna jaoks. Joonisel tähendavad: 1 — kogumislatid; 2 — kahepooluseline lülit; 3 — ühepooluseline maksimaal- ja minimaal-automaatlülit (mõlemaid joonisel näidatud lüliteid kasutatakse ainult kompaund-dünamote paralleeltöötamisel, üksikult töötav dünamo ühendatakse analoogiliselt joonisele 131 ühe kahepooluselise lülitiga); 4 — kaitsmed; 5 — voltmeeter; 6 — voltmeetri ümberlülit; 7 — ampermeeter; 8 — ampermeetri šunt; 9 — ergutusregulaator; 10 — dünamo ankur; 11 — dünamo klemmlaud; 12 — šuntmähis; 13 — peavoolu- (kompaund-) mähis; 14 — lisapooluste mähis; 15 — tasandusjuhe (viimane tuleb kasutamisele ainult

kompaund-dünamote paralleeltöötamisel, üksikult töötaval dünamol jääb see ära).

O m a d u s e d. Kompaund-dünamo pinge jääb kuni nimikoormuseni ligikaudu püsivaks (kõikuvus ±2%). Peavoolumähise mõju ülekaalu korral (ülekompaundeeritud masin) koormuse kasvades kasvab ka pinge, missugune asjaolu kergendab pingelangu kompenseerimist liinides.

Pinge olenevus koormusest ülekompaundeeritud masinal on toodud joonisel 132-d.

Rööbitilülitamine on võimalik, kuid kõigi rööbiti töötavate dünamote kompaundmähised tuleb omavahel ühendada tasandusjuhtmega.

K a s u t u s k o h t. Kasutamisel erandjuhtudel jõujaamades haruvoolu-dünamo asemel, peamiselt väga kõikuva koormuse puhul (elektriraudteed, rauavaltsimistööstused jne.).

Suuresti muutuva pööretearvu korral (näit. autodel) kasutatakse mõnikord ka vastusuunas lülitatud peavoolumähisega (nn. vastukompaundeeritud, diferentsiaal-) dünamot.

183. Välisergutusega dünamo.

Ehitus ja lülitus samad kui tavalisel haruvoolumasinal, kuid ergutusmähist toidetakse eraldi vooluallikast.

O m a d u s e d. Pinge väike muutumine sõltuvalt koormusest. 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.

184. Põikväljä-dünamo.

Dünamo on välisergutusega. Harju on 4. Tavaliselt neutraaljoonel asetsevad harjad on lühistatud, kuid voolu-andvad harjad asetsevad pooluste kohal, ristjoonel neutraaljoone suhtes. Voolutekitajana mõjub ankru põikväli.

O m a d u s e d. Pöörete arvust sõltumatult püsiv vool igasugusel koormusel (välistakistuses). Voolusuund on ühesugune parem- ja vasakpoolse pöörlemise suuna juures.

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

185. Haruvoolu-dünamote paralleeltöö.

Seejärel kui masina pööretearv on tõstetud normaalseni ja pinge reguleeritud võrdseks kogumislattide pingega, lülitatakse

masin sisse. Koormuse üleviimist juurdelülitatud masinale teostatakse tema pinge (elektromotoorse jõu) tõstmisega ergutuse või pööretearvu suurendamise teel.

Väljalülitamist teostatakse ümberpöördud järjekorras.

Erinevat tüüpi või erineva suurusega masinate paralleelsel töötamisel on soovitav, et nende masinate *väliskarakteristikud*, s. o. klemmipinge olenevus koormusest, oleksid ühesugused, sest ainult sel juhtumil jaguneb koormuse kõikumisel viimane automaatselt üksikuile masinaile võrdeliselt nende suurusele. Vastasel korral suhteliselt väiksema pingelanguga masin võtab koormuse kasvamisel endale suurema koormuse ning koormub liigselt, kuna samal ajal teine masin töötab väikese koormusega. Koormuse ühtlaseks jaotamiseks tuleb sel puhul ergutusregulaatoriga järelreguleerida.

Esmakordsel paralleellülitamisel tuleb kontrollida, et ühendataks 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 langeb pööretearv, siis väheneb tema elektromotoorne jõud E ning sellega ka lattidesse antav koormusvool.

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

Veel suuremal E langemisel hakkab dünamo mootorina kaasa jooksma, kusjuures voolu ja energia suund muutub; nimetatud nähtuste vältimiseks varustatakse paralleelselt töötavad dünamod minimaal- või vastuvoolu-automaadiga.

186. Kompaund-dünamote paralleeltöö.

Paralleellülitamine toimub analoogiliselt haruvoolu-dünamole — nimi-pööretearvuga ja -pingega masin ühendatakse lattidega kahepoolse ja automaatlüliti abil (joon. 133). Paralleelseks töötamiseks peab masinate vahel olema tasandusjuhe (joon. 133 punktiiris), sest muidu koormuse jaotus on ebaühtlane ja masinad võivad muuta oma polariteeti. Peale selle peavad ühendusjuhtmed olema võimalikult ühesuguse takistusega, tarbe korral tuleb kompaundmähiseid reguleerida paralleeltakistustega.

Vastandina haruvoolu-masinaile toimub siin koormuse pealevõtmine kohe sisselülitamise momendil, kusjuures koormus kõi-

gub (pendeldab) mõne aja paralleelselt töötavate masinate vahel.

Koormuse jaotust reguleeritakse ergutusregulaatori abil.

B. ALALISVOOLU-JAAMAD KOLMEJUHTMELISELE VÕRGULE.

187. Nullpunkti saavutamine.

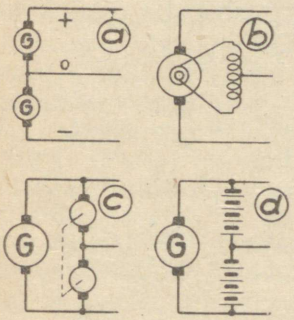
Nullpunkti saavutamiseks on neli võimalust (joon. 134):

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

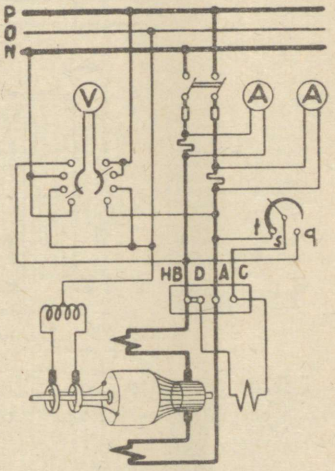
b) Eriline dünamo väljatoodud nullpunktiga.

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

d) Dünamo pinge jagamisega akupatarei abil.



Joon. 134. Nullpunkti väljatoomine.



Joon. 135. Dünamo väljatoodud nullpunktiga.

188. Dünamo väljatoodud nullpunktiga.

Dünamo ehitatakse võrgu täispingele ja omab peale kommutaatori veel kaks kontaktrõngast, mis on ühendatud kahe, ankru mähisel vastastikku asetseva punktiga (kommutaatori lestaga). Nende kontaktrõngaste harjade külge ühendatakse drossel

(induktiivne takistus), mille keskkohast lähtub nulljuhe (joon. 135).

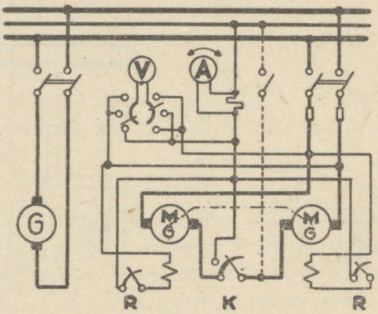
Kui mõlemad võrgupooled on ühtlase koormusega, voolab ülaltähendatud pingejagajas ainult vahelduvvool. Erineva koormuse korral voolab pingejagaja kaudu ankrusse välisjuhtmete voolude vahe.

Tavaliselt on pingejagaja koormatav kuni 15% välisjuhtme voolust.

189. Dünamo pöörleva pingejagajaga.

Dünamo on haruvoolu-dünamo ehitusega ja lülitusega (vt. p. 180), ehitatud täispingele.

Pingejagamise agregaat koosneb kahest järjestikku lülitatud ja poole väiksema pingega alalisvoolu-masinast. Masinad on omavahel mehaaniliselt sidurdatud.



Joon. 136. Dünamo eraldi pingejagajaga.

Tavaline lülitus on näidatud joonisel 136. G — dünamo (440 V). MG — jagaja-masinad (igaüks 220 V). K — käiviti. R — pinge regulaatorid.

Käiviti võib asetada ka ühte välisesse juhtmesse; sel juhul tuleb nulljuhtmesse asetada lülit (joon. 136 punktiiris), mis lülitatakse sisse pärast käivitamist.

Ühtlasel koormusel töötavad jagaja-masinad nagu koormusvabad mootorid. Kui ühel võrgupoolel koormus suureneb, langeb selle poole pinge, kuna teisel poolel pinge tõuseb. Viimases asetsev masin hakkab kõrgema pinge tõttu mootorina kiiremini pöörlema, sundides ka enamkoormatud poolel asetsevat masinat kiiremale pöörlemisele, mistõttu see muutub dünamoks ja annab

võrku voolu. Mootorina töötav masin võtab kõrgema pingega võrgupoolelt vastava energia, millega toimubki koormuse ebaühtluse tasandamine.

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

C. AKUMULAATORID JA AKUMULAATORI-PATAREIDEGA JAAMAD.

190. Akumulaatorite otstarve ja liigid.

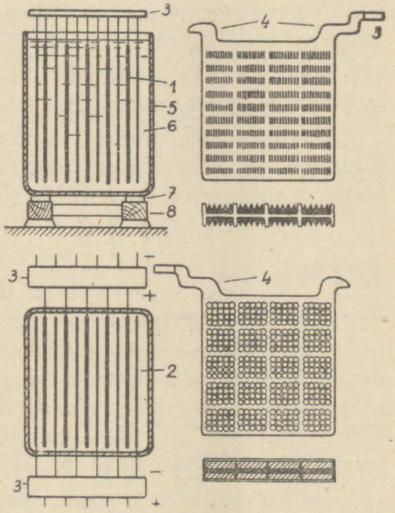
Akumulaatoreid ehk lühendatult akusid kasutatakse elektrienergia tagavaraks kogumisel. Energia kogumisel — akude laadimisel — muundatakse elektrienergia keemiliseks energiaks, hiljem akude tühjendamisel aga uuesti elektrienergiaks.

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

191. Tina-akumulaatorite tööviis.

Tina-aku koosneb pluss- ja miinus-elektroodist, mis asuvad elektrolüüdis.

Elektroodid koosnevad plaadikujulistest pliist (seatinast) raamidest, millede avad on plussplaatidel täidetud punakaspruuni värvusega pliisuperoksüüdiga (PbO_2) ja miinusplaatidel halli värvusega urbse pliiga (Pb). Aku pluss-, samuti ka miinus-elektrood koosneb mitmest plaadist, mis on asetatud nõnda, et kõik plussplaadid asuvad miinusplaatide vahel (joon. 137).



Joon. 137. Akumulaatori ehitus.

Elektrolüüdiks on väävelhappe (H_2SO_4) vesilahus.

Elektrienergia võtmisel akust tekib plaatidel keemiline reaktsioon, mille tagajärjel pluss- ja miinusplaatide aktiivmass muutub pliisulfaadiks ($PbSO_4$) ning väävelhappe vesilahuse (elektrolüüdi) kontsentratsioon väheneb.

Ühe tina-akumulaatori elemendi pinge on keskmiselt 2 V, kõikudes 1,8 ... 2,1 V piirides, olenemata elemendi suurusest. Kõrgema pinge saamiseks tuleb rida elemente ühendada järjestikku akupatareiks.

192. Tina-akumulaatori ehitus.

Tina-aku tavaline ehitus on näidatud joonisel 137.

Plaadid toetuvad kas ülalservas asetsevate „lippudega" purgi äärele või alumise randiga purgi põhjas asetsevaile klaasprismadele. Plaadi alumine äär peab asetsema põhjast kõrgemal, et vältida lühise tekkimist kahe plaadi vahel põhjasadeneva aktiivmassi mõjul.

Joonisel tähendavad: 1 — positiivsed plaadid; 2 — negatiivsed plaadid; 3 — pliist liistud üksikute plaatide ja elementide omavaheliseks ühendamiseks; 4 — „lipud" plaadi jootmiseks liistu külge ja plaadi kandmiseks; 5 — anum (purk); väiksemail akudel (alla 500 Ah) klaasist või harvem ka tselluloidist, eboniidist jne., suuremail puust, pliiplekist voodriga; 6 — väävelhappe-elektrolüüt; 7 — purgi isolaator (klaas, portselan); 8 — puust alusraam.

Plaatide eraldamiseks üksteisest asetatakse nende vahele auklikust puust, eboniidist või klaasist eraldajad.

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

193. Plaadid.

Plaadid ehitatakse kas nn. ribiplaatidena, mille väline pind on ribide tõttu tasapinnalisest kuni 10 korda suurem, kusjuures aktiivne mass saadakse otse pliist elektrokeemiliselt nn. formeerimise teel (näit. plaadi mitmekordse laadimise ja tühjendamisega), või kasutatakse võre- või auklike seintega õhukesi pliiplaate, millede avad on täidetud aktiivmassiga.

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

Töötamisel on plusssplaatidel punakaspruun, miinusplaatidel hõbehall värvus.

194. Väävelhape.

Väävelhape (H_2SO_4) puhtal kujul on sööbiv vedelik. Erikaal 1,84 (66° Bé). Tina-akumulaatoris kasutatakse elektrolüüdiks destilleeritud veega lahjendatud väävelhapet. Hape ja vesi peavad olema võimalikult puhtad, 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.

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

Mõõtmine toimub a r e o m e e t r i abil. Viimane kujutab endast vedelikus püstasendis ujuvat ja jaotistega varustatud pulka; mida kergem on vedelik (mida väiksem on erikaal), seda sügavamale vajub areomeeter.

Tavaliselt kasutatava happe kangus laetud akus on: starter- ja puhver-akudel (suure vooluga tühjendatavad) 1,28, teistel akudel 1,18 ... 1,20.

Tühjendatud akul on happe kangus 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 pliist „lipud".

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.

T a b e l 42.

Akuhappe kangus ja koostis.

Segu kangus: 1 *l* seguks vaja					Segu kangus: 1 *l* seguks vaja				
°Bé	Erikaal	Hapet		Vett *l*	°Bé	Erikaal	Hapet		Vett *l*
		l	kg				*l*	kg	
0	1,00	0,000	0,000	1,000	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	—	—	—	—	—

195. Akude laadimine ja tühjendamine. Aku vool.

L a a d i m i n e. Laadimisel ühendatakse mingi alalisvooluallika (näit. dünamo) plussklemm aku plussklemmiga ja miinusklemm aku miinusklemmiga.

Laadimiseks kasutatava vooluallika pinge peab olema vähe kõrgem aku patarei pingest — madalama pinge korral laadimine lakkaks või aku koguni tühjeneks vooluallika kaudu. Liiga kõrge pinge korral oleks laadimisvool ülemäära suur ning teda tuleb vähendada eeltakistusega.

Laadimisvoolu maksimaalne suurus on aku valmistanud tehase poolt ette kirjutatud.

Tavaliselt:

$$J_{max} = \frac{Q}{3 \ldots 5}$$

(Q — akumulaatori mahtuvus Ah. Näiteks 10-Ah akul on laadimisvool umbes 3,5 ... 2 A.)

Tavaliselt on lubatav voolutihendus 0,7 ... 1 amprit ühe dm^2 plussplaadi pinna kohta (arvestada mõlema külje pinda).

Algul, kuni gaasimullide tekkimiseni (umbes 2,4 V juures), laetakse täisvooluga, sealt edasi vähendatakse laadimisvoolu ½ ... ⅓ peale.

Laadimisel tõuseb aku pinge ja elektrolüüdi erikaal. Aku on täielikult laetud, kui pinge ja happe erikaal enam ei muutu. Täislaetud akul on kogu aktiivmass keemiliselt ümber muudetud ja laadimise jätkamisel tarvitatakse elektrienergiat ainult vee elektrolüüsiks — vesi laguneb vesinikuks ja hapnikuks, mis mullidena eralduvad, — öeldakse, et aku keeb.

L i i g l a a d i m i n e väikese voolutugevusega ei ole akule kahjulik, aeg-ajalt isegi soovitav. Liiglaadimine suure voolutugevusega (tugev happe keemine) muudab aktiivmassi pudedaks ja on seetõttu ebasoovitav.

T ü h j e n d a m i n e. 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 ($PbSO_4$) ja eraldub vesi, mistõttu hape muutub lahjemaks (erikaal langeb). Pinge langeb algul aeglaselt, hiljem kiiremini; umbes 1,8 V juures tuleb tühjendamine lõpetada, sest edasisel tühjenemisel

tekib suurel määral jämedakristallilist tinasulfaati, mis on raskesti kõrvaldatav ja vähendab aku mahtuvust — akumulaator on „sulfatiseerunud". Sulfatiseerunud plaadid on valkjad, jahutaolise kattega või laikudega.

Tühjendamisvoolu maksimaalne suurus on aku valmistanud tehase poolt ette kirjutatud.

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

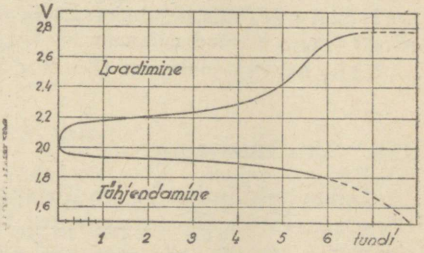
L a a d i m i s e k o n t r o l l. Pinge mõõtmine annab ülevaate aku seisukorrast ainult laadimise alg- ja lõpp-perioodis ja sedagi ainult töötaval akul (s. o. laadimise või tühjendamise ajal).

Täpse ülevaate aku olukorrast annab happe erikaalu mõõtmine; selleks tuleb aga kindlaks määrata happe erikaal täislaadimise lõpul.

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 täis laetud, kuid hape on liiga kange.

196. Aku pinge.

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



Joon. 138. Pinge muutumine aku laadimisel ja tühjendamisel.

Täislaetud aku tühjendamisel (vooluvõtmisel) langeb pinge kohe 1,95 ... 2 V-ni, sõltuvalt voolu suurusest, ning seejärel algul aeglaselt kuni 1,9 V, tühjendamise lõpu poole kiiremini, kuni umbes 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 138.

Tühja aku pinge langeb vooluvõtmisel (tühjendamisel) kohe (mõne minuti vältel) umbes 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.

197. 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: $Q = J \times h$, kus J on tühjendusvool amprites, h — tühjendamise kestus tundides.

Mahtuvus on teatud piirini sõltuv tühjendamisvoolu suurusest. Aluseks võttes 3 h 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. Mit 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.

198. 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 tina-akul 0,85 ... 0,95.

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

199. Akumulaatorite hooldamine.

Uued tina-akumulaatorid transporditakse kuivalt. Akut tuleb pärast esmakordset happega täitmist veidi aega (mõni tund) seista lasta ning siis täis laadida, soovitav pausidega, kuni happe täieliku keemiseni.

Tina-akud vajavad võrdlemisi hoolikat järelevalvet ja korrashoidu.

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

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

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

Aku laadimisel tekivad hapnik ja vesinik, mis segunedes annavad plahvatava paukgaasi; seetõttu ei ole lubatav laadimise 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 eraldumiseks. Ava sulgemine täiesti õhukindlalt ei ole lubatav, kuna sel juhul akus tekkiv gaasi ülesurve võib aku purustada.

Sulfatiseerunud akude parandamiseks tuleb hape välja valada, akud destilleeritud veega täita ja väikese voolutugevusega, umbes 10% maks. laadimisvoolust, laadida. Tarbe korral sama tehingut paar korda korrata.

200. Tina-akumulaatorite seismajätmine.

Koormamata aku tühjeneb iseenesest ja võib pikaajalisel seismisel täielikult sulfatiseeruda. Seetõttu tuleb aku seismajätmisel täis laadida ja seda toimingut korrata iga 4...6 nädala tagant. Soovitav on ka happe kangust vähendada.

Kui akut on vaja seisma jätta pikemaks ajaks, tuleb ta täis laadida, hape välja valada ja plaadid destilleeritud veega läbi loksutada. Happe paremaks kõrvaldamiseks võib teda veel väikese voolutugevusega laadida 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 soovitav aku aeg-ajalt (2...3 kuu tagant) normaalvooluga tühjendada ning uuesti laadida.

201. Tina-akumulaatorite iga.

Positiivsete plaatide iga on korralikul hooldamisel keskmiselt: valgustus-akudel 8...10 a.; starter- ja puhver-akudel (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 plussplaate saab üksikult uuendada, mistõttu aku iga suureneb.

202. Raud-nikkel- (leelis-) akumulaatorid.

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

Aktiivmassiks on positiivseil plaatidel nikkelhüdroksüüdi pulber, negatiivseil — raudhüdroksüüd elavhõbeoksüüdi lisandiga.

Elektrolüüdiks on kaaliumleelise (kaaliumhüdroksüüdi) vesilahus erikaaluga 1,2.

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

Koormamata 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 tühjenemispinge on 1,2 V.

Laadimisel tõuseb pinge kuni 1,75 V.

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

Leelis-akude paremused, võrreldes tina-akuga, on: 1) veidi kergem kaal, 2) väiksem tundlikkus põrutuste, liigkoormuse ja voolutõugete suhtes, 3) talub veatult ka aku täielikku tühjendamist.

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

203. Akude lülitus.

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

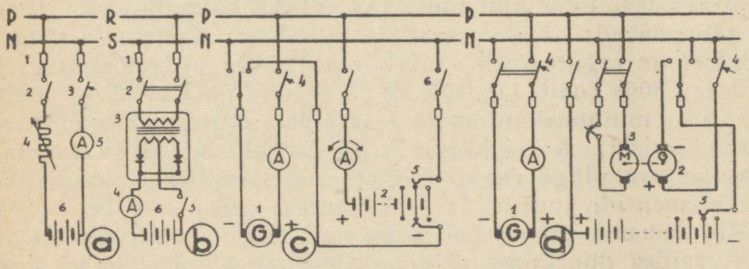
Laadimisel tõuseb pinge umbes 275 V-ni, laadimiseks kasutatava vooluallika pinge peab olema 110-V võrgus 160 ... 165 V; 220-V võrgus 320 ... 330 V.

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

Kasutatavaid laadimislülitusi on kirjeldatud allpool.

204. Akumulaatori laadimine alalisvoolu-võrgust.

Lülitus on näidatud joonisel 139-a. Kasutatav väikeste võimsuste juures. Joonisel on: 1 — kaitsmed; 2 — lihtlülit; 3 — nullpinge-automaatlülit, mis katkestab voolu pinge ärajäämisel (viimane võib ka puududa, kuid sel juhtumil tühjeneb laetav



Joon. 139. Akude laadimislülitused.

aku võrgupinge ärajäämisel); 4 — reguleeritav eeltakistus; 5 — ampermeeter. Lihtsamais seadmeis võib see ka ära jääda — voolu suurus määratakse umbkaudu takistuse suuruse järgi.

Laadides madalapingelist 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 järjestikku.

Suuremate võimsuste korral tuleb võrgu pinge vähendamiseks kasutada vastavat mootorgeneraatorit või muundajat.

205. Akumulaatori laadimine vahelduvvoolu-võrgust.

Lülitus vastavalt joonisele 139-b: 1 — kaitsmed; 2 — lülit; 3 — alaldaja. Viimane sisaldab trafot (pinge vähendamiseks) ja alaldusventiile (vt. p. 219). Alaldajaid valmistatakse kas ühe

teatava pingega (näit. 6-V) akude jaoks või mitme erineva pingesuurusega (näit. 6- ja 12-V) akude jaoks — trafo mähiseid vastavalt ümber lülitades.

Nullpinge-automaat ei ole vajalik, sest alaldaja vastassuunas voolu läbi ei lase.

Akusid võib laadida ka mitu korraga, kui alaldaja võimsus seda võimaldab.

Alaldaja asemel võib kasutada ka pöörlevat muundajat.

206. Jõujaama patarei laadimine.

Väiksemates jõujaamades kasutatakse joonisel 139-c märgitud lülitust. See võimaldab võrgu toitmist dünamost, akust või mõlemast korraga ja aku laadimist võrgust eraldatud dünamoga, kusjuures laadimise ajal toidetakse võrku akupatareist. Joonisel tähendavad: 1 — tavalise lülitusega haruvoolu-dünamo (joonisel on ergutusmähis märkimata), kuid pingetõstmise võimalusega 50% (näit. 110/165 V); 2 — aku patarei; 3 — ümberlülit; 4 — minimaal-automaat — eraldab aku dünamost viimase seismajäämisel; 5 — kärglülit — võimaldab (lüliti 6 kaudu) võrku antava pinge reguleerimist; reguleerimine toimub üksikute elementide juurde- ja äralülitamise teel.

Kui dünamo pingest ei jätku aku laadimiseks või kui aku on võrreldes dünamoga väike — kasutatakse laadimiseks joonisel 139-d näidatud lisadünamot. Peadünamo (1) toidab ainult võrku; laadimiseks vajaliku lisapinge annab välis- (võrgu-) ergutusega lisadünamo (2), mida veab ringi mootor (3). Lisadünamo pinge 110 V võrgupinge korral on 10 ... 55 V. Akust antava pinge reguleerimiseks on kasutusel kärglülit (5), vastuvoolu vältimiseks minimaal-automaadid (4).

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

207. Akumulaatoripatareide ruumid.

Akudele tuleb ette näha eraldi ruumid, mida muuks otstarbeks 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 väävelhappe aurusid, millede tungimist kõrvalruumi tuleb takistada. Raudosad kaetakse menningiga ja seejärel happekindla emaillakiga. Lakiga kaetakse ka seinad, lagi ja ruumi muud osad.

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

Akupurgid asetatakse puuraamistikule. Viimane immutatakse tõrva, värnitsa või asfaldiga. Purgid isoleeritakse tavaliselt üksikult raamistikust ja viimane omakorda põrandast klaas- või portselanisolaatoritega.

Purgid asetatakse nii, et juurdepääs neile oleks kerge.

Ühendusjuhtmeina (kärglülitisse jne.) kasutatakse isoleerimata ümmargust vaske või latte portselan-isolaatoreil või mantelrullidel. Juhtmed kaetakse happekindla lakiga, õliga, vaseliiniga või tavotiga; samuti tuleb sisse õlitada kontaktkruvid.

Juhtmete läbiviigid seinast tehakse õhutihedad.

Valgustusinstallatsioon tuleb teha vastavalt plahvatusohtlikele ja söövgaasidega ruumidele.

208. Akumulaatorite kasutamine.

Akumulaatoreid kasutatakse kaheks otstarbeks:

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

2) puhvrina — kui koormus on väga kõikuv. Dünamo ja aku töötavad paralleelselt; väikese koormuse ajal laeb dünamo akut, suure koormuse ajal toidavad mõlemad võrku.

Erandjuhtumeil asetatakse puhverakud ka võrku — toitepunktidesse — kus nad aitavad pingelangu vähendada.

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

Akusid kasutatakse praegu peaaegu eranditult väikese võimsuse juures: hädaohutuse valgustus kinodes, teatreis 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 agregaadi ülesseadmine.

X. KEERDVOOLU-JAAMAD.

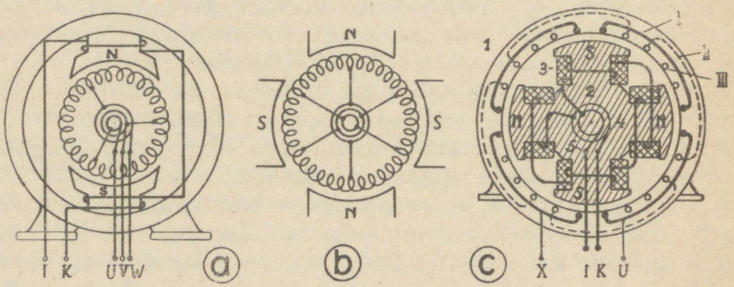
209. Alternaatorid.

Keerdvoolu-generaatorite — a l t e r n a a t o r i t e — tööviis põhjeneb magnetoelektrilisel induktsioonil.

Neid ehitatakse kas pöörleva või paigalseisva ankruga.

P ö ö r l e v a a n k r u g a a l t e r n a a t o r. Kasutamisel väikeste (tavaliselt kuni 50 kW ja 500 V) võimsuste juures.

Ehitusskeem on näidatud joonisel 140-a. Ehitus on täpselt samasugune kui alalisvoolu-dünamol, kuid kommutaatori asemel on keerdvoolu puhul 3 (või 4), ühefaasise voolu puhul 2



Joon. 140. Vahelduvvoolu-alternaatorite ehitusskeem.

kontaktrõngast, millest vool juhitakse harjade kaudu 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 eraldi kommutaatori kaudu (endaergutus).

Pöörleva ankruga alternaatoreid ehitatakse kahe- või mitmepooluselistena (näit. joon. 140-b).

Paigalseisva ankruga alternaatori ehitusskeem on näidatud joonisel 140-c. Joonisel tähendavad: 1 — staator (ankur; ehitus- ja mähkimisviis on täpselt samasugune kui asünkroonmootoreil); 2 — rootor — malmist või terasest ratas, külgekinnitatud magnetpoolustega; 3 — ergutusmähised; 4 — kontaktrõngad ergutusvoolu rootorisse juhtimiseks; 5 — rõngastel libisevad kontaktharjad.

Masin ehitatakse kas ühe või mitme poolusepaariga.

Staatorist tuuakse klemmkarpi välja kuus mähise otsa: mähiste algused UVW ning lõpud XYZ. Tavaliselt on masin ühendatud tähte, kas väljaviidud nulljuhtmega või ilma, harvem ka kolmnurka.

210. Alternaatorite omadused.

1. Pinge. Ehitatakse punktis 4 märgitud nimipingeile. Tavaliselt kuni 15 000 V-ni, erandjuhul kuni 35 000 V-ni.

2. Võimsus. Antud kVA-tes. Liigkoormuse suhtes kehtib alalisvoolu-dünamote kohta öeldu.

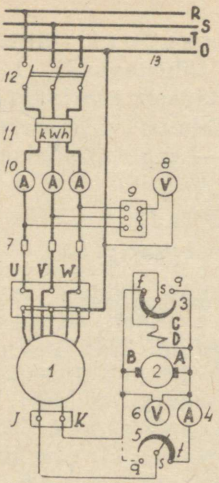
3. Võimsustegur oleneb võrgu koormuse iseloomust. Tavaliselt ehitatakse alternaatorid cos $\varphi = 0{,}8$, harvem 0,7 jaoks. Madalama cos φ korral suureneb võrdse amperaaži (kVA) juures pingelang masinas, ergutust tuleb suurendada, mille tulemusena ergutus- ja magnetmähised võivad liigselt kuumeneda või ei suuda masin anda täiskoormuse ajal täit pinget.

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

5. Pööretearv minutis. Alalisvoolu-dünamot saab ehitada igasugusele pöörlemiskiirusele, keerdvoolu-masinal on pööretearv minutis määratud pooluste arvu ja sagedusega. Tavalise 50 per/s. keerdvoolu korral on kehtiv alltoodud vastavus:

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

211. Alternaatorite lülitus.



Joon. 141. Alternaatori lülitusskeem.

Alternaatorite lülitus ja ühendamine välisvõrguga väiksema jõujaama jaoks on näidatud joonisel 141. Joonisel on: 1 — alternaator; 2 — ergutusdünamo; 3 — ergutusdünamo regulaator; 4 — ergutusvoolu ampermeeter; 5 — alternaatori ergutusregulaator; 6 — ergutuspinge voltmeeter; punkt 5 ja 6 võivad väiksemais seadiseis ka ära jääda; 7 — kaitsmed; 8 — voltmeeter; 9 — voltmeetri ümberlülit; 10 — ampermeetrid; 11 — elektriarvesti; 12 — kolmepooluseline lülit; 13 — kogumislatid.

Suuremais seadmeis tuleb üles seada veel vattmeeter.

212. Alternaatori kaitseabinõud.

a) Väiksemail masinail, kuni paarisaja kVA-ni: harilikud sulavkaitsmed või liigvoolu-automaadid. Viimased ei kaitse masinat rikete (näit. faasidevahelise lühise) korral masinas endas.

b) Suuremail masinail teostatakse kaitset järgmiste rikete vastu: 1) liigvool (liigkoormuse või lühise korral välises vooluahelas) — kaitseks liigvoolu relee; 2) faasidevaheline lühis masina enda sees — kaitseks väiksemail masinail (kuni 1000 kVA) masina nullpunkti asetatud liigvoolu relee, suuremail (üle 1000 kVA) — eriline diferentsiaalrelee; 3) kere- (maa-) ühendus ja keerdudevaheline ühendus masina sees — kaitseks kasutatakse suuremail (üle ca 2500 kVA) vastavaid maaühendus- ja keerukaitse releesid.

Ülaltähendatud releed mõjutavad masina pealülitit, lülitades selle välja, ja ühtlasi alandavad masina pinget, lülitades takistuse ergutusahelasse.

213. Paralleeltöö.

Keerdvoolu-alternaatorite paralleeltöösse lülitamisel peab nendel olema võrdne pinge, võrdne sagedus ja faaside ühtlus nii järjestuses kui ka ajaliselt.

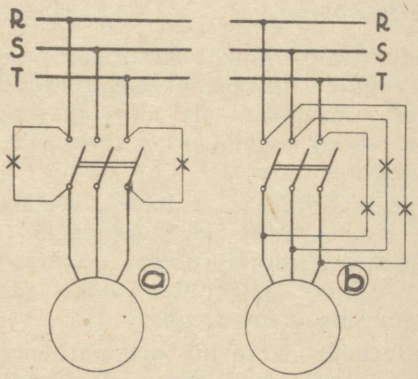
Nende kolme tingimuse täitmisel töötavad masinad sünkrooniliselt ning neid võib paralleelselt kokku lülitada ühistele lattidele hetkel, kui on saavutatud faaside ajaline ühtlus.

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

Sagedust mõõdetakse kahe eraldi või ühe kahekordse sagedusmõõtjaga. Tarbe korral muudetakse jõumasina pöörlemiskiirust.

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

Faaside õiget järjestust määratakse ainult esmakordsel masina ühendamisel. Õige järjestus nähtub allpoolkirjeldatud lülitamismooduste kasutamisel lampide õigest reageerimisest.



Joon. 142. Faaside kontroll alternaatorite paralleellülitamisel.

Faaside ühtlust kontrollitakse väikestes seadistes faasilampidega; viimaste kasutamisel võib sagedusmõõtja külgelülitataval masinal ka puududa. Kasutusel on 2 lülitust, mis on märgitud joonisel 142.

a) „Pimelülitus“ joon. 142-a. Lüliti kontaktide vahele ühendatakse hõõglambid. Faaside ühtluses on erinevus suur, kui lambid süttivad ja kustuvad kiiresti. Aeglasel süttimisel ja kustumisel on masinad ligikaudu sünkronismis. Kui lambid on kustunud, on saavutatud sünkronism ning masinat võib sel hetkel sisse lülitada. Ühendatud masinad töötavad iseendast sünkrooniliselt.

b) „Pöördtuli-lülitus“. Sünkronismi puhul on ülemine lamp kustunud, alumised põlevad ühtlase heledusega; üle- või alasünkronismi 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.

Keerdvoolu-generaatorite paralleellülitamisel on vajalik, et nende voolukõverad oleksid võimalikult sinusoidaalsed.

Jõumasinate valikul keerdvoolu-alternaatorite paralleeltööks tuleb silmas pidada ka veel nende ebaühtluskraadi, sest muidu võivad alternaatorid pendeldada ning sünkronismist välja langeda (vt. p. 260).

214. Koormuse jaotus.

Alalisvoolu-dünamote juures kasutatav viis koormuse jaotamiseks pinge reguleerimisega ei ole keerdvoolu juures läbiviidav; ergutuse suurendamisel tekib masinate vahel ainult reaktiivne tasandusvool — amperaaž suureneb, kuid vattmeetri osutus jääb peaaegu endiseks.

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

Kõigil paralleelselt töötavail 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 sünkroonmootorina; pöördemomendi suurenemisel annab masin energiat võrku.

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

Ülaltoodud põhjusil ei ole läbiviidav kahe paralleelselt töötava alternaatori käitamine ühelt ja samalt transmissioonilt või jõumasinalt, alternaator ja jõumasin moodustavad kokku omaette terviku — nn. a g r e g a a d i.

XI. VOOLULIIGI TEISENDAJAD.

215. Vooluliigi teisendajate tüübid.

Teisendajate ülesandeks on muuta antud vooluliik mingiks teiseks vooluliigiks.

Teisendajad jagunevad vastavalt ehitusele ja tööviisile:

a) p ö ö r l e v a d m u u n d a j a d:
   1) mootorgeneraatorid,
   2) üheankru-muundajad (konverterid),
   3) kaskaad-muundajad;

b) a l a l d a j a d (õ g v e n d a j a d) vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks:
   1) mehaanilised alaldajad,
   2) elektrilised alaldajad: kuivalaldajad, elektrolüütalaldajad, hõõgkatood-alaldajad (õhutühjad ja gaasitäitega), huumlahendus-alaldajad, elavhõbedaauru-alaldajad.

A. PÖÖRLEVAD MUUNDAJAD.

216. Mootorgeneraator.

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

Kasutatav igasuguste vooluliikide ümbermuutmisel, näit.: alalisvool — keerdvooluks, keerdvool — alalisvooluks, alalisvool — teisepingeliseks, keerdvool — teisesageduslikuks või -faasiseks.

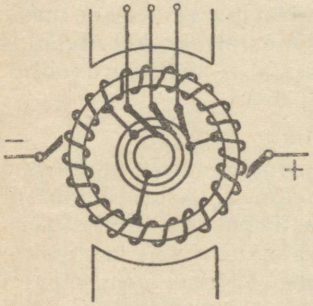
Keerdvoolu-mootorina kasutatakse väiksemate võimsuste puhul asünkroonmootorit, suuremate puhul — võrgu cos φ parandamiseks — sünkroonmootorit.

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

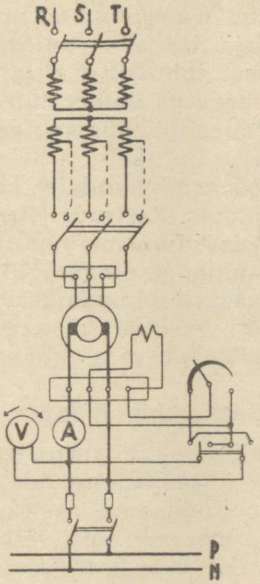
1 kW juures $0{,}72 \cdot 0{,}79 = 0{,}57$,
10 „ „ $0{,}84 \cdot 0{,}86 = 0{,}72$.

217. Üheankru-muundaja (konverter).

Ehitus on samasugune kui alalisvoolu-dünamol, kuid ankur omab ühel pool otsas kommutaatorit, teisel pool kontaktrõngaid (joonis 143). Juhtides kommutaatori kaudu ankrusse alalisvoolu, saame kontaktrõngastelt keerdvoolu ja ümberpöördult, s. t. muundaja võimaldab teisendada alalisvoolu keerdvooluks ja keerdvoolu alalisvooluks. Ehitatakse neid umbes 300 kW-ni kolmefaasistena (3 rõngast) ja suuremaid kuuefaasistena.



Joon. 143. Üheankru-muundaja ehitusskeem.



Joon. 144. Üheankru-muundaja lülitus.

Pingete suhe on kindel; kolmefaasistel: $U_v = 0{,}65 \ldots 0{,}69\ U_a$, kuuefaasistel: $U_a = 0{,}71 \ldots 0{,}76\ U_v$, kus U_a on alalisvoolu, U_v — keerdvoolu pinge.

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

Nimipingete saamiseks tuleb kasutada transformaatorit (joon. 144).

Pinge reguleerimine on võimalik ainult keerdvoolu poolt, tavaliselt astmelise trafoga, harvem (väiksemail) ka drosslitega. Ergutuse muutmine muudab ainult võimsustegurit.

Käivitamiseks on kolm moodust: a) Alalisvooluga, käiviti abil. Pinge all oleva vahelduvvoolu-võrguga ühendamiseks tuleb seda muundajat sünkroniseerida nagu alternaatoritki.

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

c) Keerdvoolu poolt asünkroonmootorina (joon. 144), vähendatud pingega; sel juhul üheankru-muundaja peab olema varustatud nn. s u m m u t u s m ä h i s e g a. Pärast käivitamist satub muundaja ise sünkronismi. Viimasel juhtumil on alalisvoolu polariteet juhuslik (+ ja — poolused võivad vahetuda); tarbe korral ergutus ümber lülitada.

Paralleeltöö dünamotega või akudega on läbiviidav raskusteta.

Üheankru-muundajat kasutatakse harilikult suuremate võimsuste juures. Paremus võrreldes mootorgeneraatoritega: suurem kasutegur, väiksem ruumitarvitus, odavam hind. Puuduseks tülikas käivitus ja pingereguleerimine.

Üheankru-muundaja kujutab endast universaalset masinat — teda võib kasutada alalisvoolu teisendamiseks keerdvooluks või ümberpöördult ning mootorina kas alalis- või keerdvoolul.

218. Kaskaadmuundaja.

Kaskaadmuundaja on ehituselt ja omadustelt mootorgeneraatori ja üheankru-muundaja vahepealne. Asünkroonmootor ja alalisvoolu-dünamo asetsevad otsastikku, kusjuures rootor ja ankur asetsevad samal võllil ning on elektriliselt omavahel ühendatud. Osa energiast kandub üle mehaaniliselt, osa elektriliselt. Käivitatakse teda asünkroonmootorina. See tüüp on vähe kasutusel.

B. ALALDAJAD.

219. Alaldajate (õgvendajate) tööviis ja lülitused.

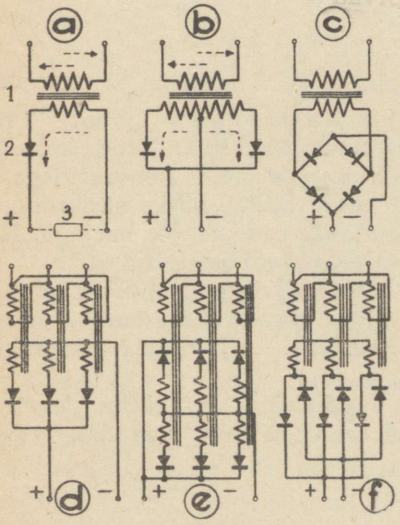
Alaldajate tööviis põhjeneb nähtusel, et rida erilise ehitusega kontakte töötavad nn. elektrilise v e n t i i l i n a, s. t. lasevad elektrivoolu läbi ainult ühes suunas.

Sellisteks ventiilideks on näiteks oksüüdiga kaetud vaskplaat, hõõgkatood jne.

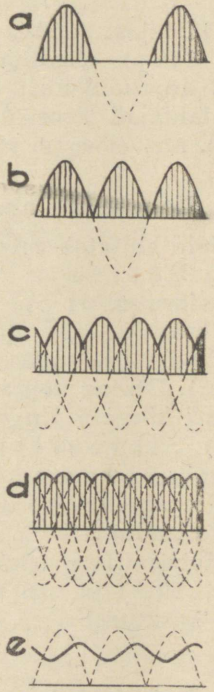
Alaldajate lülitused on näidatud joonisel 145.

a) Poolperiood-alaldaja. Kui ühefaasise transformaatori (1) sekundaarmähisesse (või ka otseselt võrgust võetud vahelduvvoolu juhtmesse) asetada alaldusventiil (2), siis läbib tarvitajat (3) ühesuunaline pulseeriv vool. Seesugune alaldaja kasutab ainult vahelduvvoolu üht poolperioodi (joon. 145-a).

b) Kahe ventiiliga täisperiood-alaldaja (joon. 145-b) juures omab trafo sekundaarmähis kahekordset pinget ja keskelt väljatoodud nullpunkti. Mõlemad pooled töötavad vaheldumisi.



Joon. 145. Alaldajate lülitusskeemid.



Joon. 146. Alaldajate voolukõverad.

c) Nelja ventiiliga täisperiood-alaldaja (Graetz'i lülitus) on näidatud joon. 145-c. Paremused võrreldes eelmisega: trafo on mähitud ühekordsele pingele, ilma nulljuhtmeta. Joonisel 145-b ja c tähendatud alaldajate voolukuju on näidatud joon. 146-b.

Keerdvoolu juures on kasutusel peamiselt kolm lülitust (joon. 145-d, e, f).

d) kolmefaasine poolperiood-alaldaja lülitus (voolukõver vastavalt joon. 146-c);

e) kolmefaasine keskpunktiga (täisperiood-alaldaja) lülitus;

f) kolmefaasine — Graetz'i lülitus.

Viimased kaks annavad ühtlasema voolukõvera (joon. 146-d).

Joonisel 145 on trafo raudsüdamik tähistatud kolme kriipsuga.

Alaldajast saadav vool on pulseeriv. Voolu silumiseks (vt. joon. 146-e) kasutatakse tarbe korral alalisvoolu-ahelasse asetatud drossleid üksi või koos kondensaatoritega.

Alaldajad koos drosslitega võivad anda täielikult ühtlase voolu, mis ei erine alalisvoolu-dünamo või aku omast.

220. Mehaaniline alaldaja.

Neid ehitatakse:

a) Pöörleva kommutaatoriga (joon. 147-a). Transformaatori (1) sekundaarmähisega ühendatud kohakindlaid kontakte (2) ühendab alalisvoolu-ahela kontaktidega (3) vaheldumisi kommutaator (4), mida käitab väike sünkroonmootor (5). Otsene kontakt saavutatakse sädeme või harjaga. Kasutamisel kõrgete pingete juures (röntgeniaparaadid jt.).

b) Vibreerivate kontaktidega. Vibreerimist saavutatakse permanent-magnetväljas asetseva raudankru mõjutamisel vahelduvvoolu magnetväljaga. Alaldajaid kasutatakse akude laadimisel.

Mehaaniliste alaldajate puuduseks on väike kasutegur (50...60%) ja nad tekitavad raadiohäireid, mispärast nad on vähe kasutusel.

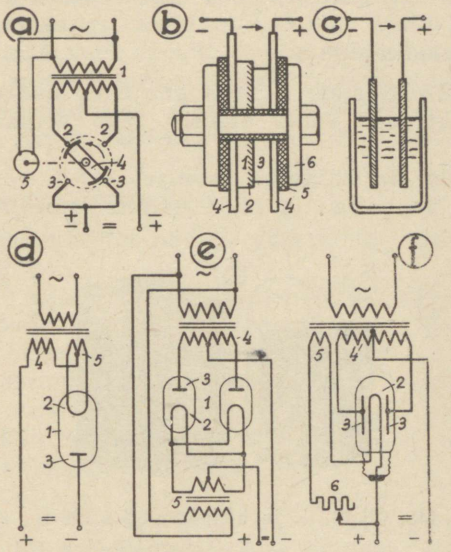
221. Kuivalaldaja.

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

Vaskoksüüd-kuivalaldaja ehitus on näidatud joonisel 147-b. 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 pinge tekitab voolu mõlemas suunas. Kõrgema pinge korral asetatakse mitu elementi järjestikku.



Joon. 147. Alaldajate tüübid.

Kasutegur 60 ... 70%, olenemata pingest.

Alaldatava voolu suurus oleneb kontaktseibi ja jahutusribi läbimõõdust ning on 0,25 ... 10 A.

Paremused: tugev ehitus, lihtne järelevalve, pikk iga.

Alaldaja ühes vajaliku trafoga, kaitsmetega, ampermeetriga jne. monteeritakse sageli raudkasti (joon. 148-a).

222. Elektrolüüt-alaldaja.

Ventiilina kasutatakse mõningaid metalle vedelikus.

Ehitus on näidatud joonisel 147-c. Elektrolüüdiga täidetud anumas asetsevad kaks metallplaati. Kasutatavad tüübid:

a) A l u m i i n i u m anoodiks, raud katoodiks (alalisvoolu plussiks), elektrolüüdiks ammooniumkarbonaat. U_{max} = = 30 ... 40 V.

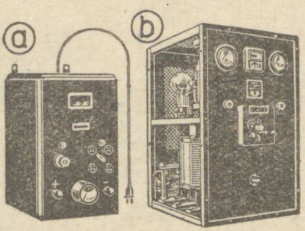
b) Tantaal anoodiks, tina katoodiks, elektrolüüdiks 25-protsendise väävelhappe lahus 1-protsendise rauavitrioli lisandiga. $U_{max} = 20 \ldots 30$ V.

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

223. Hõõgkatood-alaldaja.

Hõõgkatood-alaldajate tööviis põhjeneb nähtusel, et kuuma ja külma elektroodi vahel elekter saab voolata ainult ühes suunas.

Lülitusskeem on näidatud joonisel 147-d — ühe ventiiliga, 147-e — kahe ventiiliga ja 147-f — ühe kahekordse ventiiliga.



Joon. 148. Oksüüd- ja hõõgkatood-alaldaja ehitus.

Joonisel tähendavad: 1 — õhutühi klaaskolb; 2 — elektrivoolu abil hõõguma aetud katood; tavaliselt volframist või volfram baariumi- või tooriumioksüüdi kihiga, kuna neil emissioon (väljaantavate elektronide hulk ühelt pinnaühikult) on suurem; 3 — anood, metallplekist; 4 — transformaatori sekundaarmähis; 5 — transformaatori sekundaarmähis katoodi kütteks, omab madalat (2 ... 12 V) pinget, kuid on transformaatori südamikust isoleeritud vastavalt alaldatavale pingele; 6 — küttevoolu reguleerimise takistus.

Hõõgkatood-alaldaja ehitatakse kas täielikult õhutühjana või elavhõbedaauru täitega.

a) Õhutühi hõõgkatood- (elektron-) alaldaja (kenotron) ehitatakse igasuguseile pingeile kuni 250 000 V ja tavaliselt vooludele kuni 10 A.

Kasutegur on umbes 60 ... 70%. Iga on umbes 1000 töötundi.

Alalduskolb koos trafoga jne. monteeritakse kokku (vt. joon. 148-b).

Laialdaselt kasutamisel akude laadimiseks, röntgeniaparaatides, raadioaparaatides jne.

b) Hõõgkatood-alaldajad gaasi- või elavhõbedaauru täitega.

Õhutühi ventiil omab suurt sisetakistust ja suurema voolu juures suurt pingelangu. Selle vältimiseks täidetakse suuremate voolude jaoks määratud ventiilid hõrendatud argoni, neooni, heeliumi või elavhõbedaauruga (gasotroonid, ioon-alaldajad).

Lülitused ja omadused, nagu ülal näidatud.

Kasutatakse akude laadimiseks, raadiosaatejaamades jne.

224. Huumlahendus-alaldaja.

Ventiilina kasutatakse hõreda gaastäitega kolbi, milles on kaks elektroodi.

Elektroodide vahel tekib huumlahendus, kusjuures katoodi ja anoodi pindade suuruse suure erinevuse tõttu vool läbib kolvi peamiselt ühes suunas.

Suure sisetakistuse ja pingelangu tõttu kasutatakse neid alaldajaid väga väikeste ühesuunaliste voolude saamiseks (kuni 0,25 A) otse vahelduvvoolu-võrgust ilma trafota, kusjuures kolb töötab ventiilina ja eeltakistusena.

C. ELAVHÕBEDAAUR-ALALDAJA.

225. Tööviis.

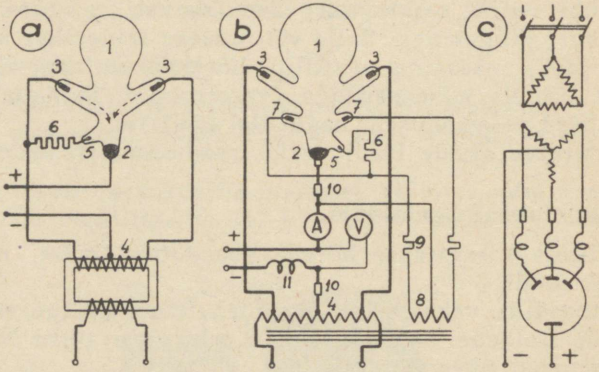
Elavhõbedaaur- (Hg) alaldajate tööviis põhjeneb nähtusel, et külma ja kuuma elektroodi vahel elekter saab voolata ainult ühes suunas.

Alaldaja skeem on näidatud joonisel 149-a. Joonisel tähendavad: 1 — õhutühi, töötamise ajal elavhõbedaauruga täidetud kolb; 2 — elavhõbedast katood; 3 — metallist või grafiidist anoodid; 4 — toitetransformaator; 5 — süüte-elektrood; 6 — süüte-elektroodi eeltakistus.

Alaldaja töösserakendamiseks kallutatakse kolbi käsitsi (või elektromagnetiliselt).

Süüte-elektroodi ja katoodi vahel tekib galvaaniline kontakt; kolbi tagasi lastes katkeb otsene kontakt ja tekib leek, mis aurustab elavhõbeda ja ioniseerib kolvi sisemuse, nii et vool peaelektroodide (3) kaudu voolama hakkab. Edaspidi ioniseerimist tekitab juba töövool ise.

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



Joon. 149. Elavhõbedaaur-alaldajate skeemid.

226. Elavhõbedaaur-alaldaja lülitused.

Alaldajaid ehitatakse ühefaasiseid (joon. 149-a, b) või kolmefaasiseid (skemaatiliselt näidatud joon. 149-c). Viimased ehitatakse suuremate võimsuste korral 6, 12 jne. anoodiga.

Väiksemate pingete juures (vahelduvvoolul 220 V-ni, keerdvoolul 380 V-ni) kasutatakse ühe mähisega autotransformaatoreid (joon. 149-b), kõrgemate pingete juures tuleb kasutada eraldi mähistega trafosid (joon. 149-a ja c). Eraldi mähiseid tuleb kasutada ka siis, kui keerdvoolul nullpunkt ja alalisvoolul üks pooluseist on maandatud.

Nulljuhtmega keerdvoolu-võrgus võib kolmefaasisel alaldajal trafo teataval juhtumil ära jätta. Ilma trafota annab 3×380/220 V võrku lülitatud alaldaja umbes 230 V alalisvoolu. Alalisvoolu pinge reguleerimine ei ole sel juhtumil võimalik. Sellist lülitust kasutatakse mootorite juures ja ka akude laadimiseks drossli kaudu. Võrgu nulljuhe peab olema alalisvoolu suurusele vastava põikpinnaga.

227. Endaergutus.

Kui alaldaja koormus (vool) langeb alla teatava miinimumi, kustub leek ja seda tuleks koormuse suurenemisel kolvi kallu-

tamisega uuesti süüdata. Selle vältimiseks on muutliku koormuse jaoks määratud alaldajad varustatud veel ergutusvooluringiga (joon. 149-b).

Kolb on varustatud abielektroodidega (7), mida toidab takistuse (9) kaudu peatrafole asetatud toitemähis (8). Joonisel tähendavad veel: 10 — kaitsmeid, 11 — drosslit (voolu pulseerimise vähendamiseks).

228. Elavhõbedaaur-alaldaja ehitus.

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

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

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

Suuremate võimsuste juures varustatakse alaldajad tihti veel jahutusventilaatoritega.

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

Hg-alaldajad ehitatakse tavaliselt pingeile 50 V (akude laadimiseks) kuni 20 000 V (raadiojaamad).

229. Pinge ja pinge reguleerimine.

Alalis- ja vahelduvvoolu pingete suhe on kindel. Ühefaasisel voolul: $U_a = 0{,}9\,U_v - e$, ja kolmefaasisel voolul: $U_a = 0{,}68\,U_v - e$, kus U_a = alalisvoolu pinge (V), U_v = vahelduvvoolu (keerdvoolu) pinge (V), e = pingelang alalduskolvis; viimane on 15 ... 25 V, olenemata tööpingest. Koormuse kasvamisel e veidi väheneb, alaldaja omab nn. negatiivset karakteristikut.

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

Kuna alaldaja 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.

230. Vool ja liigkoormus.

Elavhõbe-alaldajad on pingekõikumiste, voolutõugete ja lühiajalise liigkoormuse või lühise vastu võrdlemisi tundetud.

Kestval liigkoormusel või halva jahutamise korral võib kolb niivõrd kuumeneda, et ventiili mõju lakkab ja tekib tagasisüüde — vool läbib alaldajat mõlemas suunas, alalisvooluahel ja trafo mähised satuvad lühisesse ning alaldaja eraldub võrgust kaitsmete läbipõlemise tõttu või liigvoolu-automaadi abil.

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

231. Kasutegur.

Kaod elavhõbe-alaldajas koosnevad:

a) pingelangust kolvis;

b) kadudest trafos;

c) omatarvitusest abimehhanismides (ergutus, ventilaator, pump).

Pingelang on 15...25 V, keskmiselt 20 V; sellele vastavalt on kaod kolvis 100 V juures 20%, 10 000 V juures 0,2%, või kasutegur vastavalt 0,8 ja 0,99%.

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

Üldiselt on Hg-alaldaja kasutegur, eriti kõrgemate pingete juures, üle 0,9, jäädes 25- kuni 100-prots. koormuse juures praktiliselt püsivaks.

232. Alaldaja nulljuhtmega alalisvoolu-võrgu toiteks.

Hg-alaldajat võib kasutada ka nulljuhtmega võrgus, kuid pinge jaotus alaldajas endas ei ole läbiviidav. Alaldajast tuuakse välja ainult äärmised pluss- ja miinusjuhtmed, pingejaotajana tuleb kasutada kas pöörlevat agregaati kahest masinast või akupatareisid.

233. Paralleeltöö.

Hg-alaldajad ei ole otseselt kõlblikud paralleeltööks, sest nende koostöö on ebapüsiv; koormuse suurenemisel pingelang alaldajas väheneb — see omakorda kutsub esile täiendava koormuse kasvamise, kuni üks alaldajaist terve koormuse enda peale võtab ja teised välja langevad.

Paralleeltööks määratud alaldajaid varustatakse vahelduvvoolu-ahelas paispooliga, et saavutada langevat karakteristikut.

Säärased alaldajad võivad töötada paralleelselt omavahel kui ka alalisvoolu-dünamotega ja muundajatega.

Paispool annab suurema pingelangu täiskoormuse juures, mistõttu seadis tarbe korral (kui on tegemist väga kõikuva koormusega, näit. valgustus koos liftiga) tuleb liiga suure pingekõikumise tõttu valida võimsam.

234. Elavhõbedaaur-alaldajate kasutamine.

Alaldajaid kasutatakse: a) akude laadimiseks, b) alalisvoolu-võrkude toiteks keerdvoolu-magistraalidest (tavaliselt pinge reguleerimisega kuni ± 10% piirides), c) alalisvoolumootorite käitamiseks keerdvoolu-võrkudes (ka tugevasti kõikuva koormuse puhul), d) laboratooriumides, raadiojaamades jne.

Olenevalt sellest, kas voolu pulseerimine on lubatud (akud) või mitte (võrk), varustatakse alalisvoolu-ahel voolukõvera silumiseks vajaliku paispooliga.

Hg-alaldaja paremused, võrreldes pöörlevate muundajatega, on:

1) hea kasutegur, eriti kõrgemate pingete juures ja osalisel koormusel,

2) tundetus pinge- ja voolutõugete suhtes,

3) vähene järelevalve vajadus (alaldaja võib töötada ka automaatselt, järelevalveta nagu transformaatorgi),

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

5) vaikne töötamine, neid võib üles seada ka elumajadesse.

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

XII. LÜLITUSSEADISED.

235. Lülitusseadise otstarve ja liigid.

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

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

236. Lülitusaparaatide suurus.

Tavaliselt ehitatakse lülitusaparaadid alljärgnevatele nimivooludele:

2, 4, 6, 10, 15, 25, 60, 100, 200, 350, 600, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000, 4 000 ja 6 000 A.

Ülaltoodud rida ei ole kehtiv mõõteriistade suhtes.

A. LÜLITID.

237. Lihtlülitid.

Lüliteid kasutatakse üksikute vooluahelate ühendamiseks ja eraldamiseks.

Madalpinge-lülitusseadiseis kasutatakse peamiselt vinnak- ehk kanglüliteid (joon. 150).

Ehitatakse neid 1-, 2- ja 3-pooluselistena, vooludele 25 . . . 2 000 A.

Alalisvoolu-lülitid on varustatud momentaanselt väljalülituvate nugadega vooluahela kiireks katkestamiseks; vahelduv- ja keerdvoolu puhul pole see oluline.

Kasutatavamad tüübid on näidatud joon. 150:

a — Lahtine lülit isoleerainest alusel. Juhtmete ühendamine soovi kohaselt eest või tagant. Lubatud kasutamiseks ainult elektriseadmete talitusruumides.

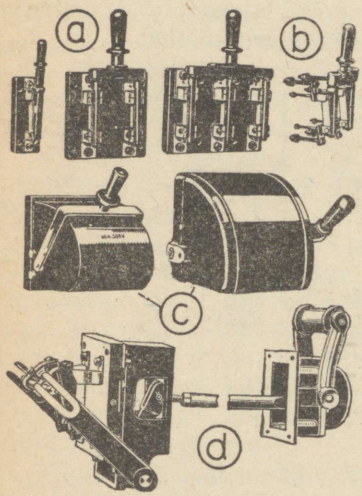
b — Sama, ilma aluseta, monteerimiseks isoleerainest (marmor-) kilbile.

c — Lülitid kaitsekapega. Tavaline, levinuim tüüp.

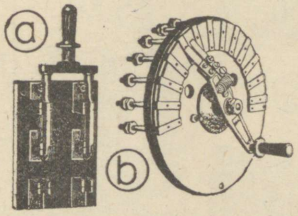
d — Lülituskilbi taha paigutatav lülit (ilu mõttes või suuremate voolude korral).

Erandjuhtudel on kasutusel:

e — Ümberlülitid (joon. 151-a), kapega või ilma.



Joon. 150. Lülitid.



Joon. 151. Ümber- ja kärglülitid.

f — Akumulaatori kärglülit (joon. 151-b). Viimane on kahekordsete kõrvuti asetatud kontaktharjadega ning nende vahel asetseva takistusega (elemendi lühistamise vältimiseks ülemineku ühelt kontaktastmelt teisele).

Peale noakujuliste kontaktidega kanglüliti kasutatakse harvem ka lüliteid vastamisi surutavate harja- või klotsikujuliste kontaktidega ning valtslüliteid, millede kontakte ühendavad pööratava võllil asetsevad segmendid.

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

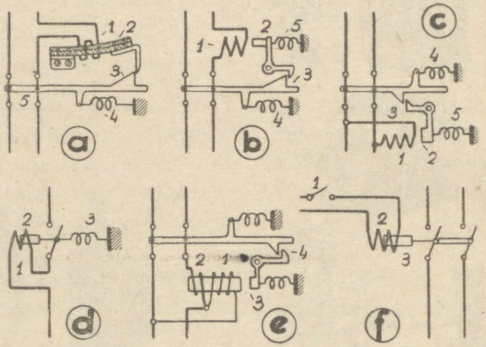
238. Kaitselülitid.

Kaitselülitid katkestavad vooluahela iseendast, kui olukord muutub seadisele ohtlikuks, ning täidavad ka tavalise lüliti ülesandeid.

Kasutatavamad kaitselülitite liigid ja väljalülitamise viis lihtsustatud kujul on näidatud joonisel 152:

a — Liigkoormuse kaitselülit. Ei reageeri lühiajalistele, ka suurtele liigvooludele, kuid katkestab ahela, kui vool kestvamalt (üle paari min.) on 1,1- kuni 2-kordne. Kasutusel peamiselt mootorite kaitseks.

Tööviis: küttespiraal (1) soojendab bimetall-riba. Ülemäärasel soojenemisel kooldub riba niivõrd ülespoole, et vabastab lingi (3), mistõttu vedru (4) lüliti (5) lahti tõmbab.



Joon. 152. Kaitselülitite lihtsustatud skeemid.

b — Liigvoolu- (maksimaal-) kaitselülit. Täidab sulavkaitsmete ülesandeid, katkestades ahela voolu ülemäärasel suurenemisel. Tööviis: voolumähis (1) tõmbab endasse ankru (2), mistõttu vallandub lülitit hoidev link (3). Voolu suurus on tavaliselt reguleeritav vedru (5) pingutamisega. Katkestusvoolu suuruseks võetakse harilikult toiteliinidesse paigutamise korral 1,1- kuni 2-kordne, mootorite kaitseks kasutamisel 3- kuni 10-kordne nimivool.

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

Kasutusel suuremais jõuseadiseis; väldib mootorite ootamatut käivitust pinge tagasitulekul.

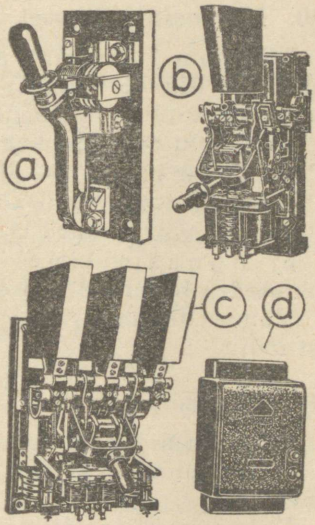
Alapinge ümberlülitit (releed) kasutatakse ka hädaohutuse valgustusseadise sisselülitamiseks.

d — Alavoolu- (minimaal-) kaitselülit. Katkestab ahela, kui vool väheneb alla teatava suuruse. Tööviis: mähis (1) hoiab kinni ankrut (2), voolu vähenemisel vedru (3) tõmbab lüliti lahti. Kasutatakse akude laadimisel.

e — Vastuvoolu-kaitselülit. Katkestab ahela, kui voolu (või vahelduvvoolu energia) suund muutub. Tööviis alalisvoolul: pinge- (1) ja voolumähised (2) mõjuvad vastamisi. Voolu suuna muutumisel mähised, mõjudes nüüd ühesuunaliselt, tõmbavad ankru (3) enda külge, mistõttu vabaneb lüliti link (4).

Kasutusel peamiselt paralleelselt töötavate masinate, harvem akude juures.

Liigvoolu-kaitselülitid erandidult ja teised enamikus on varustatud vaba lülitamisseadisega, mis võimaldab ahela automaatset katkestumist ka kinnihoitava käepideme korral. Uueks sisselülitamiseks tuleb käepide algul tagasi tõmmata.



Joon. 153. Automaatlüliteid.

Mõningad kaitselüliti kujud on näidatud joon. 153: a — alalisvoolu vastuvoolu-kaitselülit, b — sama vabalülitamisseadisega; c — liigvoolu- ja nullpinge-kaitselülit, lahtine, töövooludele kuni 600 A; katkestusleegi naaberfaasile ülekargamise tõkestamiseks on ülal isoleerainest lahtrid; d — liigkoormuse kaitselülit, kinnine, töövoolule kuni 10 A; talitus surunuppudega.

239. Kaugkäivitusega lülitid.

Asetseb lülit talituskohast kaugel või kui tuleb lülitit sageli või mitmest kohast sisse ja välja lülitada (liftid, suured mitme mootoriga tööstusmasinad) või on lülit väga suur, siis kasutatakse järgmisi lüliti käivitusviise: a) magnetiga (joon. 152-f): kaugemal asetseva tüürimislüliti (1) lülitamisel mähis (2), tõmmates endasse või vabastades ankru (3), ühendab või lahutab

lüliti; b) elektrimootoriga, kusjuures mootorit tüüritakse samuti kaugelasetseva tüürimislüliti abil; c) elektriliselt juhitava surusõhu-kolviga.

Kahte viimast kasutatakse suurjaamade lülitusseadistes. Väljalülitamine võib toimuda kas elektriliselt või mehaaniliselt vedru abil.

B. LIIGVOOLU- JA LIIGPINGE-KAITSMED.

240. Liigvoolu põhjused.

Liigvoolu (ülevoolu) põhjusteks on: a) lühis kahe juhtme vahel; b) liigkoormus; c) teatud tingimustel (maandatud nullpunkt või suur ja laialdane võrk) maaühendus.

Liigvoolu mõju on kahesugune:

a) termiline — juhtmed ja masinad soojenevad, kusjuures temperatuur võib tõusta nii kõrgele, et isolatsioon rikneb ja masinad või juhtmed läbi põlevad;

b) dünaamiline: lühisvool mõjub nagu vasaralöök, painutades juhtmeid ja isolaatoreid.

Võimsuste juures alla paari MW arvestatakse ainult termilist mõju.

241. Liigvoolu-kaitse.

Kaitseks liigvoolu termilise mõju vastu katkestatakse vooluahel; see toimub kas sulavkaitsmete või liigvoolu-kaitselülitite abil.

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

Sulavkaitsmed. Vooluahelasse asetatakse peenike traat, mis voolu ülemäärasel suurenemisel niivõrd kuumeneb, et ära 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.

Vool, mille juures kaitsetraat sulab, on osaliselt sõltuv jahtumise tingimustest; jämedam, soojusisolatsiooniga ümbritsetud traat põleb läbi niisama suure vooluga kui peenem traat soojusiso-

latsioonita, kuid ta vajab selleks mitu korda enam aega. Sääraseid aeglaselt läbipõlevaid kaitsmeid nimetatakse viitekaitsmeteks ja on eriti sobivad kasutada mootorite vooluringides.

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.

Kaitsmetraadi sulamisvool on kõrgem. Suurused on antud allpool tabelis.

Tabel 45.

Kaitsmetraadi sulamisvool.

	Kaitsme nimivoolu suurus A				
	6, 10	15, 20, 25	35	50 ja enam	
Peab taluma 1 tunni vältel	1,5	1,4	1,3	1,25	-kordset nimivoolu
Peab põlema läbi 10 kuni 15 min. vältel	2,1	1,75	1,6	1,5	-kordse nimivooluga

Harilikult tavalised kaitsmed „põlevad läbi“:
5-kordse voolu korral ca 0,1 sek. vältel,
10- „ „ „ ca 0,01 „ „

Liigvoolu-kaitselülitid. Liigvoolu-kaitselüliti töötamisviis on toodud p. 238-b.

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

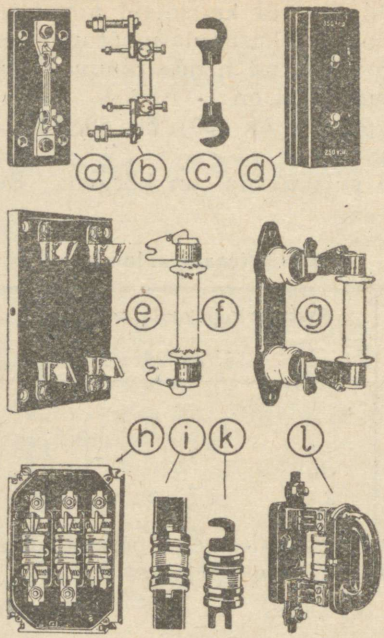
242. Ribakaitsmed.

Ehitus on näidatud joonisel 154 a . . . d.

Isoleerainest alusel asetsevate kontaktide vahele kinnitatakse kruvide abil kaitseribad (lamellid). Ehitatakse alusega (a) ja ilma (b), ühe-, kahe- ja kolmepooluselistena. Mitmepooluselistel on isoleerainest vaheseinad. Alused 60, 100, 200, 350 ja 600 A, harvem kuni 4000 A, pingetele 250, 500 ja 750 V. Kaitseribad (c) valmistatakse p. 241 märgitud suurustele 4 A alates.

Ribakaitsmed on pealt tavaliselt kaetud isoleerainest kapega või asbestvoodriga plekk-kapega (d).

Paremused: lihtne ja odav ehitus; puuduseks: läbipõlemisel ohtlik ümbrusele ja inimestele, tülikas käsitsemine.



Joon. 154. Sulavkaitsmed.

Tabel 44.

Hõbedast kaitsmetraatide ligikaudne sulamisvool (õhus).

Sulamisvool A	Traadi läbimõõt mm	Traadi põikpind 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.

243. Torukaitsmed.

Ehitus on näidatud joonisel 154 e ... g.

Kaitsmetraat on paigutatud isoleerainest (tavaliselt portselanist) torusse (f). Torul on otstel kontaktnoad, millede abil ta asetatakse kontakthargiste vahele. Kontakthargised asetsevad kas isoleerplaadil (e) (kuni 500 V) või portselan-isolaatoreil (g) 750 V alates. Nimivoolu suurused nagu ribakaitsmeil.

Kaitsmetraadi sulamisel tekkiv ülerõhk puhub leegi mõlemast toruotsast välja, aidates nii kaasa kustutamisele. Kaitsmetoru tuleb asetada selliselt, et toru otsa kohal ei asuks voolujuhtivaid metallosi.

244. Keermekaitsmed.

Eespool kirjeldatud riba- ja torukaitsmete puuduseks on lahtise leegi tekkimine kaitsmetraadi sulamisel, mis teeb raskeks nende kasutamise kitsas ruumis, näit. malmist kaablikastis. Peale selle vajab kaitsmete uuendamine suuremat oskust ja vilumust. Seetõttu kasutatakse voolude juures 2 ... 200 A-ni (millised voolusuurused esinevad tavaliselt mitteasjatundjate poolt käsitsetavais installatsiooniseadmeis) peaaegu eranditult keermekaitsmeid, mis kruvitakse vastavasse pesasse (vt. p. 43).

245. Kontaktnugadega padrunkaitsmed.

Steatiitpadrun (joon. 154-i, k), milles asetseb sulavtraat, on varustatud otstel kontaktnugadega. Viimased on kas kontakthargiste vahele surutavad või kruviga kinnitatavad (k). Mõnikord on kontaktnugadega padrunkaitsmed varustatud ka käepidemega (l), pinge 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 sulab läbi 0,1 sek. vältel.

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

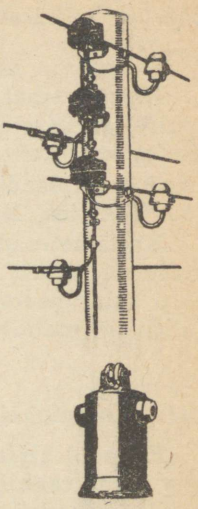
c) Pikaviiteline: 5-kordse vooluga sulab läbi 3 ... 4 minuti vältel.

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

246. Liigpinge-kaitsmed.

Madalpinge-võrgus on peaaegu ainsaks liigpinge põhjuseks pikne. Kaitseks võib kasutada liigpinge-kaitsmeid (joon. 155). See ühendab juhtme väikese sädevahe ja takistuse kaudu maaga. Tavaliselt kasutatakse takistusmaterjalina ainet, mille takistus pinge tõusul väheneb (näit. siliiti).

Asetuse ja kasutuse kohta kehtib p. 271 öeldu, ehitust ja tööviise kirjeldatakse kõrgepinge-tehnika käsitluse juures.



Joon. 155. Liigpinge-kaitsmed.

C. LÜLITUSKILBID.

247. Lülituskilbi materjal ja ehitus üldiselt.

Lülituskilbi materjalina on kasutusel:

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

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

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

Suuremaid marmorkilpe tuleb monteerida nii, et kilp toetuks alumise äärega raudraamile ning nurkades asetsevad kinnituskruvid ei kannaks raskust (nurk praguneks), vaid hoiaksid ära üksnes kilbi ümberlangemise. Isolatsiooni suurendamiseks kaetakse kilbi tagakülg lakiga.

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

Voolu juhtivate isoleerimata osade, näit. ühenduspoltide, juhtmete jts. minimaalsed kaugused omavahel seadistes

380/220 V peavad olema 15 mm ning isoleeraine pinda mööda 380 V korral 15 mm, 500 V korral 20 mm.

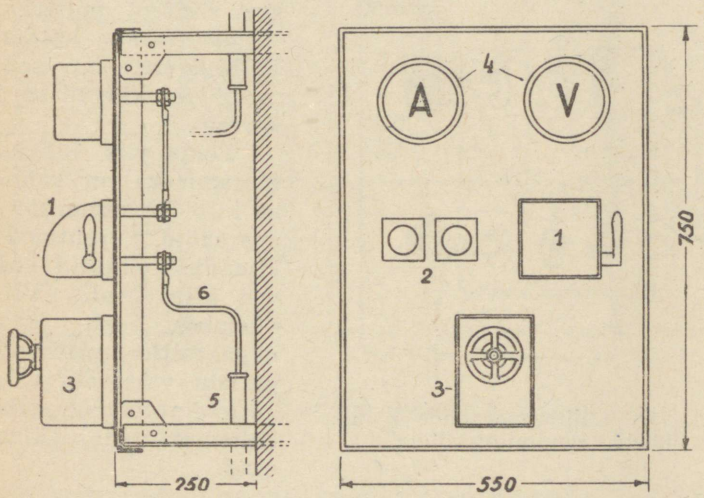
Kui paljasjuhtmed asetsevad isoleerainel (näit. marmoril), võivad tekkida nende vahel, isoleeraine välispinnal, nn. ronivad voolud, eriti niiskes ruumis. Selle vältimiseks on soovitav juhtmete vahe isoleerainel võtta veidi suurem kui otsene õhkvahe.

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

Puutepinge suhtes tuleb silmas pidada p. 59 ... 66 toodud nõudeid.

248. Lülituskilp väikesele seadmele.

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

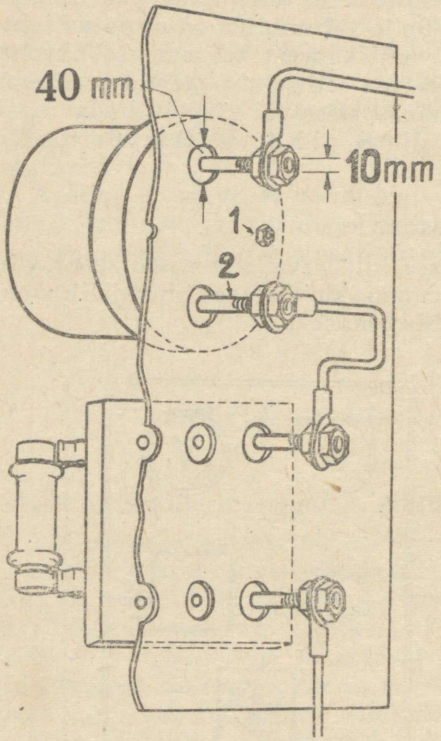


Joon. 156. Lülituskilp.

Näide sellise lülituskilbi ehitusest on toodud joonisel 156. Kilp on 3-mm raudkarrast, needitud nurkrauast raamile.

Aparaatide kinnitamisviis on näidatud joonisel 157. Viimasel tähendab: 1 — kinnituskruvi, 2 — vooluühenduste polt. Väiksemais aparaatides, nagu tagantühendataval keermekaitsmepesal, kus vooluühenduse polt on ühtlasi ka kinnituspoldiks,

tuleb viimase ümber asetada isoleerainest torumuhv ja mutri alla isoleerseib.



Joon. 157. Lülitusaparaatide kinnitamine raudlülituskilbile.

Juhtmed viiakse kilbini torus, rullidel või kaablina; kilbi taga tehakse ühendused lahtise kummisoonjuhtmega.

Üks kasutatavamaid töövõtteid lülituskilbi valmistamisel seisab selles, et kõik väjalikud aparaadid asetatakse vastava suurusega papptahvlile. Papil märgitakse kõik kinnituspoltide augud ja juhtmete läbiviimise avad ning sel teel saadud mustri järgi valmistatakse kardtahvel. Kilbitagune on soovitav pealt ja külgedelt katta karraga.

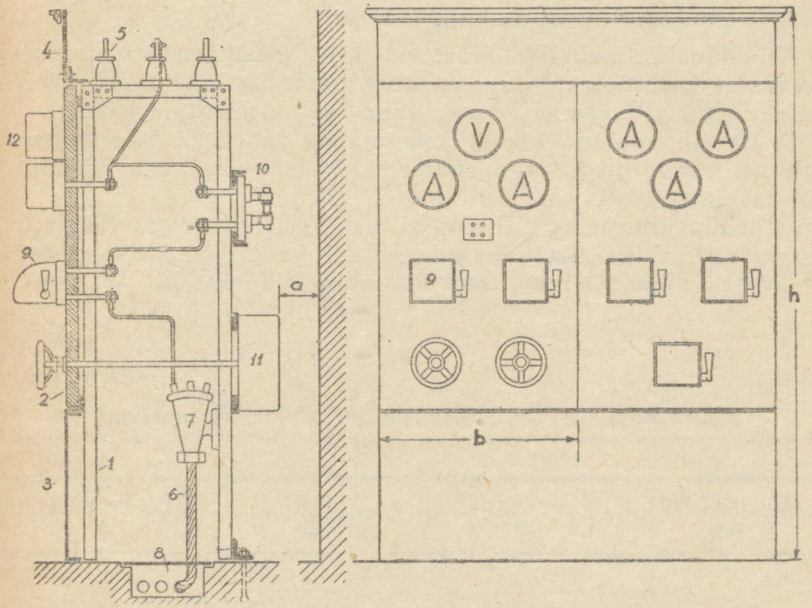
Teine viis lülituskilbi ehitamiseks on kahekordse kilbi kasutamine: kõik aparaadid, juhtmed ja ühenduskontaktid asetsevad kilbi peal. Viimane kaetakse pealt kardkaanega, millest ulatuvad välja läbi vastavate väljalõigete ainult mõõteriistade, kaitsmete jne. ülemised osad.

249. Lülituskilbid suuremais jõujaamades.

Lülituskilp asetatakse seinast eemale. Harva käsitsetavad 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 jts., eemale, näiteks majakorra võrra allapoole, kusjuures ülekanne käsirattalt aparaadile toimub keti ja trossiga või võlliga.

Suurema arvu masinate ja aparaatide puhul jaotatàkse terve lülituskilp üksikuiks väljadeks — p a n e e l i d e k s, kusjuures ühele paneelile paigutatakse võimalikult kõik ühte vooluringi (näit. ühele masinale) kuuluvad riistad.

Tavalised lülituskilbi mõõdud on: kõrgus 1800 ... 2200 mm, ühe paneeli laius 700 ... 900 mm. Kilbitaguse käigu vaba laius (s. o. kaugus kaitsekatteta pingestatud osade ja vastasseina



Joon. 158. Lülituskilp suuremale seadmele.

vahel) peab madalpinge-seadmeis olema vähemalt 1 m, kui aparaadid asetsevad ainult ühel pool, aparaatide mõlemapoolsel paigutusel 1,5 m.

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

Näide lülituskilbi ehitusest on toodud joonisel 158. Joonisel tähendavad: 1 — nurkrauast raamistik (45 × 45 mm); 2 — marmorkilp; 3 — puitpaneel; 4 — plekist piirdlaud puitliistuga ülal; 5 — kogumislatid, portselanist tugi-isolaatoreil; 6 — kaa-

bel; 7 — kaablimuhv; 8 — kaablikanal ribitatud plekk-kattega; 9 — lülit; 10 — kaitsmed; 11 — regulaator; 12 — mõõteriistad.

Väga suurtes jõujaamades asetatakse generaatorite mõõteaparaadid lülituspultidele; viimastel asetsevad ka nn. k o m a n d o a p a r a a t i d e nupud ja tüürimislülitite käepidemed regulaatorite ja muude aparaatide käivitamiseks, kuna vastavad aparaadid ise asetsevad eraldi lülitusruumides.

250. Ühendusjuhtmed ja kogumislatid.

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

Väikeste voolude korral kasutatakse vahel ka kummisoonjuhtmeid raudtorus, väga suurte voolude korral aga kaableid või vasklatte.

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

Aparaatidesse viiakse vool kontaktpoltide kaudu.

T a b e l 45.

Neljakandiliste vask-kogumislattide lubatavad suurimad kestevkoormused.

Lati mõõdud mm	Põikpind mm^2	Kaal kg/m	Kestev koormusvool A
15× 3	45	0,401	255
20× 3	60	0,534	340
25× 4	100	0,890	480
30× 4	120	1,066	570
35× 4	140	1,245	660
40× 4	160	1,42	750
45× 5	225	2,00	960
50× 5	250	2,22	1050
55× 5	275	2,44	1130
60× 6	360	3,20	1360
65× 6	390	3,90	1475
70× 8	560	5,00	1820
75× 8	600	5,34	1945
80×10	800	7,11	2310
90×10	900	8,00	2600
100×10	1000	8,90	2865

Tabel 46.

Ümmarguste vask-kogumislattide lubatavad suurimad kestevkoormused.

Lati läbimõõt mm	Põikpind mm^2	Kaal kg/m	Kestev koormusvool A
6	28,27	0,252	174
7	38,48	0,342	217
8	50,27	0,447	262
9	63,62	0,566	310
10	78,54	0,698	357
12	113,1	1,006	463
14	153,9	1,369	578
16	201,1	1,788	698
18	254,5	2,263	817
20	314,2	2,793	945

Tabelite 45 ja 46 juures on ümbruskonna temperatuur võetud + 25° C. Koormused kehtivad soojenemise lõpptemperatuurini + 90° C. Tabeli 45 andmed kehtivad serviti asetatud lattide korral.

Tabel 47.

Ühenduspoldid elektrivoolu juhtimiseks.

Vool A	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	5/8	Punane vask
600	„	22,2	7/8	
1000	Gaasi t.	33	1	
1500	„	42	1 1/4	
2000	„	52	1 3/4	

Vastavate lattide ja poltide koormus on toodud ülalolevais tabeleis.

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

Tavaliselt kasutatavad värvid on: alalisvoolul: positiivne (P) — bordoo, negatiivne (N) — sinine; keerdvoolul ja keerdvoolu ühefaasistel harudel: esimene faas (R) — kollane, teine faas (S) — roheline, kolmas faas (T) — punane; vahelduvvoolul: kollane ja lilla; maandatud juhe (maandatud nulljuhe ja maandatud positiivne või negatiivne juhe) — ümbrusest olenevalt valge, hall või must, harvade roheliste põiktriipudega, lilla mustade põikkriipsudega; maandamata nulljuhe: lilla.

XIII. JÕUMASINAD JA JÕUÜLEKANNE.

251. Jõumasina liik ja suurus.

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

Generaatori jõutarvitus võllil (rihmarattal) hj-des on:

$$N = \frac{N_{el} \cdot 1{,}36}{\eta} \text{ (hj)},$$

kus N_{el} on vastav koormus võrgus kW-des.

Vahelduvvoolu puhul on tegevvõimsus N [kW] = $= N_z$ [kVA] · cos φ, kus N_z — näivvõimsus.

Cos φ oleneb võrgu koormusest, 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, otstarbest ja primaarenergia-allika liigist.

Jõumasina võimsus (võllil) 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- (raskeõli-) mootorid	5 ... 10 000
Jääk- (rauaahju jne.) gaasi-mootorid .	1 000 ... 10 000

Generaatorgaasi-mootorid	20 . . .	1 500
Kuumpeamootorid	1 . . .	80
Kergeõli- (petrooleumi-, bensiini-) mootorid	1 . . .	25

252. Vesiturbiinid.

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

Kasutatavad tüübid on:

a) Peltoni turbiin. Vesi juhitakse labidatega varustatud 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- või kaplan-turbiin: nagu eelmine, kuid jooksuratas on laevakruvitaoline. Kasutatakse suurtes jõujaamades.

Pöörete arvu reguleerimine toimub francis- ja propellerturbiinil juhtratta klappide laiemale või koomale asetamisega, Peltoni turbiinil düüsi ava osalise sulgemisega.

253. Aurukatlad.

Tarvitatavad katlaliigid on:

a) leektorukatel (ühe toruga — „cornwall'i" ja kahe toruga — „lancashire'i" katel) — kuni 150 m^2;

b) suitsutorukatel — kuni 200 m^2;

c) veetorukatel kald- või püsttorudega, kuni paar tuhat m^2.

Katla iseloomustavamad omadused.

Küttepind: katla pind, mille ulatuses küttegaasid ja vesi kokku puutuvad — antud m^2-tes.

Küttepinna erikoormus: auru hulk kg tunnis küttepinna ühelt ruutmeetrilt. Leek- ja suitsutorukateldel

20...25 kg/h, veetorukateldel 30...35, suuremail püsttorukateldel kuni 50 ja enam.

K a t l a v õ i m s u s: auruhulk tunnis (kg-des või t-des), s. o. küttepind × erikoormus.

R e s t i p i n d. 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.

K ü t t e v ä ä r t u s: soojusehulk kcal-tes, mille annab 1 kg kütteainet põledes.

A u r u s t u s v õ i m s u s: auruhulk kg-des, mille annab 1 kg kütteainet; tavalise aururõhu (8...20 at) ja katla kasuteguri (0,65...0,85) jaoks on antud tabelis.

T a b e l 48.

Kütteväärtus ja aurustusvõimsus.

Kütteaine	Kütteväärtus kcal	Aurustusvõimsus kg
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[1]	3 400	3 ... 3,8
Puit, õhukuiv[1]	3 500	3 ... 4
Puit, toores	2 500	2,2... 2,8
Saepuru[1]	3 300	2,9... 3,7
Naftа	10 000	9 ...11
Kütteõli	9 000	8 ...10

Katlast tulev aur lastakse tavaliselt mahu suurendamiseks ja temperatuuri tõstmiseks (veeldumise vältimiseks) läbi ü l e k u u m e n d a j a.

Katlasse pumbatavat vett soojendatakse katlast väljunud küttegaasidega eelsoojendajas — ö k o n o m a i s e r i s.

Tavalisemad katla suurused on antud järgnevas tabelis.

[1] Antud on keskmine kütteväärtus; viimane on kõikuv, olenedes niiskusest.

Tabel 49.

Katla suurused ja võimsused.

Katla tüüp	Leek- ja suitsutorukatlad					Veetorukatlad				
Küttepind m^2	15	30	50	100	200	100	200	300	400	600
Erikoormus kg/m^2h	20					30				
Auru hulk t/h	0,3	0,6	1	2	4	8	6	9	12	18
Saavutatav võimsus:										
a) kondensatsioonita ja ülekuumendajata, hj.	30	60	100	200	400	—	—	—	—	—
b) 1 sil. ülekuumenduse ja kondensatsioonga, hj	55	110	185	370	740	550	1100	—	—	—
c) kompaund — ülekuum. ja kondensaatoriga, hj.	—	120	200	400	810	600	1200	—	—	—
d) turbiinid, hj.	—	—	—	400	900	600	1350	2200	3000	4500
Küttetarvilus tunnis:										
a) kivisüt (7500 kcal), kg	40	80	135	270	530	400	750	1100	1500	2250
b) õlikivi (3000 kcal), kg	100	200	340	680	1320	1000	1900	2750	3750	5600
c) turvast, õhukuiva (3200 kcal), kg	95	190	320	650	1250	950	1800	2600	3550	5300

254. 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.

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

Kasutegur (koos katlaga) on:
ühesilindrilisel kondensaatorita masinal . . 8...10%
kompaund-masinal . . . . . 15...18%
kõrgsurve- (30—60 at) masinal . . . . . 20...21%

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

Tavaline vahekord on: 75/100/120.

Elektrigeneraator tuleb valida nii, et tema võimsus oleks umbes 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 peatumatult enam kui aasta); kasutamisel suuremate, üle 500 kW võimsuste korral. Kasutegur (koos katlaga) kuni 25%.

255. 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 (umbes 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 on 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%
hõõrdumiskadu	5%

256. Gaasimootorid.

Ehitus ja tööviis on neil üldiselt nagu diislilgi, 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%.

257. 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 väljastpoolt priimusega või jootelambiga. Tavaliselt kahetaktiline.

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

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

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

Puudused: 1) kütteõli tarvitus on tunduvalt suurem ja kütteõli ise, kergeõlimootoreil, kallim; 2) kuumpeamootoril on käivitamine süütetoru kuumutamise tõttu aegaviitev.

258. 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 7 500 ... 10 000, generaator tavaliselt 1500 ... 3000 pööret minutis.

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) koonushammasratastega horisontaalvõllile ja viimaselt rihma või siduriga generaatorile, kuna suurtel (ca 100 kW ülespoole) kasutatakse vertikaalvõlliga generaatoreid.

259. Pööretearvu, võimsuse ja pinge reguleerimine.

S o o j u s m o o t o r i d (auru-, gaasi-, diiselmootor jne.). Pööretearvu reguleerimine (püsivana hoidmine) toimub automaatselt tsentrifugaalregulaatori abil. Kui pööretearv koorma äkilisel vähenemisel tõuseb, mõjub regulaator sisselaskeventiilile, siibrile või kütteainet andvale pumbale, auru või kütteaine hulka vähendades, ja sellega langeb pööretearv kuni endise määrani. Koorma kasvamisel on nähtus vastupidine. Dünamo pööretearv on seetõttu püsiv, kõikudes ainult paari protsendi piirides.

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

Pööretearvu muutmiseks (ka koormuse jaotamiseks alternaatorite vahel) tuleb mõjutada pööretearvu regulaatorit.

V e s i t u r b i i n i d. Suuremail masinail (üle 100 kW) toimub pööretearvu reguleerimine automaatselt. Kuna juhtratta klappide pööramine nõuab suurt jõudu, toimub reguleerimine

siin mehaaniliselt — tsentrifugaalregulaatori poolt mõjutatud suruõlikolvi abil.

Pinge reguleerimine toimub nagu soojusjõujaamadeski ergutusvoolu muutmisega — käsitsi või automaatselt.

Väikestes, eriti alalisvoolu-veejõujaamades, puudub automaatne pööretearvu regulaator. Pinge reguleerimine toimub siin pööretearvu muutmisega käsitsi. Koormuse kasvamisel langeb pööretearv 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.

260. Pööretearvu kõikuvus.

Kolbmasina pöörlemise kiirus muutub pidevalt ühe täispöörde kestel, suurenedes töötakti ajal ja vähenedes kompressiooni ja väljatõuke ajal.

Vahekord

$$\frac{v_{max} - v_{min}}{v_{keskmine}} = \text{ebaühtlustegur},$$

kus v tähendab vastavat kiirust.

Ebaühtlusteguri suurus on tavalistel masinatel 2 kuni 0,2% ($^1/_{50} \ldots {}^1/_{500}$).

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

Ebaühtlusteguri suuruselt vastab harilik neljasilindriline ja neljataktiline plahvatusmootor ligikaudu ühesilindrilisele aurumasinale.

Turbiinil on ebaühtlustegur null.

L u b a t a v e b a ü h t l u s. Suur ebaühtlus muudab elektrivalgustuse vilkuvaks. Lubatavad ülemmäärad on:

a) alalis- ja keerdvoolu-generaatorid üksikult töötades ja alalisvoolu-generaatorid paralleeltöös: $^1/_7 \ldots {}^1/_{150}$;

b) keerdvoolu-generaatorite paralleelsel töötamisel on tegelik ebaühtlustegur vastastikuse mõjutuse tõttu alati suurem kui üksikul masinal, seetõttu vajalik ebaühtlustegur ühel masinal ei tohi olla suurem kui $^1/_{150} \ldots {}^1/_{300}$.

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

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

261. Pööretearvu kõikumine sõltuvalt koormuse muutumisest.

Peale eelmises punktis kirjeldatud (masina töötamisviisist tingitud) ebaühtluse ühe pöörde kestel oleneb ebaühtlus veel regulaatori ehitusest, reguleerimisviisist ja koormuse kõikuvusest.

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

Annab regulaator voolu suurtele ($\frac{1}{3}$ ... $\frac{1}{2}$ generaatori võimsusest) mootoreile — tuleb võtta suurem hooratas kui ühtlase valgustuskoormuse ja väikemootorite korral. Üldiselt on raskeil aeglastel masinatel ühtlasem käik.

Ülaltoodud põhjusil varustatakse ka väiksemad, automaatse pööretearvu regulaatoriga vesiturbiinid hoorattaga.

b) Mõningail, peamiselt kuumpeamootoreil reguleeritakse pööretearvu koormuse muutumisel mitte naftahulga muutmisega, vaid plahvatuse vahelejätmisega. Sääraseil mootoreil kõigub pööretearv paarikümne-sekundilistes intervallides pidevalt — elektrigeneraatorite vedamiseks pole need mootorid kõlblikud.

c) Paralleelselt töötavail masinail võib esineda juhtum, et ühe masina pööretearvu regulaator töötab kiiremini kui teise. Koormuse suurenemisel võtab esimene algul täie koormuse endale ja alles hiljem kandub osa teisele.

Viimane nähtus on soovimatu eriti väiksemail masinail. Tarbe korral tuleb õlisummuti või vastavad hoomassid abiks võtta.

262. Kütteaine ja vee tarvitus.

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

Küttetarvitus uuel korras masinal täiskoormusel 1 kWh kohta, taandatult masina võllile (rihmarattale), on antud tabelis 50.

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

Kütteaine hulk 1 kWh kohta, taandatult elektriseadise kogumislattidele, on dünamo kasutegurist (0,75 ... 0,95) tingitult 33 ... 5% suurem.

Tegelik aastane keskmine kütteaine tarvitus väikestes (10 ... 50 kW) diiselmootoritega blokkjaamades on jõujaamas produtseeritud 1 kWh elektrienergia kohta 0,45 ... 0,75 kg.

Tabel 50.

Kütteaine tarvitus 1 kWh kohta, taandatud võllile.

Masina tüüp	Kütteaine liik ja hulk		
	Kivisüsi (7500 kcal) kg	Õlikivi (2600 kcal) kg	Auru hulk kg
Aurumasin:			
1-sil., kondensaatorita	1,9	5,2	Märg aur 12 ...15
1-sil., kondensaatoriga	0,9 ...1,0	2,6...2,9	Ülekuum. 6,5... 8
Kompaund, „	0,8 ...0,9	2,3...2,6	„ 6 ... 7,5
Auruturbiin . .	0,65...0,9	1,7...2,6	„ 5 ... 7,5
Diiselmootor:			
kompressoriga . . .	Naftat (10 000 kcal)		0,3 ...0,4 kg
kompressorita . . .	„ „		0,23...0,3 „
Kuumpeamootor	„ „		0,4 ...0,55 „
Generaatorgaasimootor	Puitu või turvast		1,4 ...1,8 „

Tabel 51.

Veetarvitus 1 kWh kohta, taandatud võllile.

Masina tüüp	Värske vee kasutamisel *l*	Jahutamisel vett uuendada *l*
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	—

XIV. JAOTUSVÕRGUD.

263. Pingelang.

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

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

Pingelang on ebasoovitav kahel põhjusel: ta on seotud energiakaoga ja muutliku koormuse tõttu alatasa muutudes muudab ka elektervalgustuse ning masinate töö ebaühtlaseks.

Harilikult projekteeritakse elektriliinid niiviisi, et pingelang ei tõuse üle 4 . . . 10% (vt. ka p. 31 ja 32), või kasutatakse erilisi abinõusid pinge reguleerimiseks.

264. Pingelangu kompenseerimine.

Võrgu väiksema tegevusraadiuse korral (kuni p. 177 toodud kaugusteni) väljuvad elektriliinid jõujaamast radiaalselt; üksikud abonendid on külge ühendatud kogu liini pikkusel (joon. 127 — II).

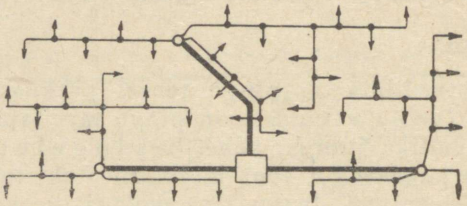
Tühijooksul hoitakse jaama pinge umbes 220 V (või vastavalt 110, 440, 380 V), täiskoormuse ajal tõstetakse jaama pinge umbes 230 voldini, kuna pinge liini lõpus langeb samal ajal 10 . . . 20 V võrra, s. o. 220 . . . 210 voldini.

Võrgu suurema tegevusraadiuse korral läheb pingete vahe alg- ja lõpp-punktide vahel liiga suureks või tuleb liinid võtta liiga jämedad ja kallid.

Selle pahe vältimiseks kasutatakse allpoolmärgitud abinõusid.

a) A l a l i s v o o l u - v õ r k. Kogu võrk jaotatakse üksikuiks, vastuvõetava pingelanguga osadeks ja toidetakse nende osade energiatarvituse keskpunktis paiknevat toitepunkti omaette toiteliini — f i i d e r i kaudu (joon. 159).

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



Joon. 159. Alalisvoolu-võrk toiteliinidega.

Toitepunktide pinget kontrollitakse jõujaamas asetsevate voltmeetrite abil. Viimased ühendatakse toitepunktidega omaette juhtmetega.

Mitme erineva pingelanguga liini korral hoitakse jõujaama pinge teatud vahepealsel suurusel; väga suure erinevuse korral lülitatakse üksikuisse toiteliinidesse kas liiniga järjestikku asetatud dünamod — b o o s t e r i d — või võetakse mitmesuguseid pingeid akumulaatori patareist kärglüliti abil.

Liini tegevusraadius võib olla 440 V juures, väiketarvitajate puhul, kuni 8 km. Jõujaama asetus on soovitav valida võimalikult elektritarvituse keskpunktis.

b) K e e r d- (vahelduv-) v o o l u - v õ r k. Kogu võrk jaotatakse analoogiliselt eelmises punktis märgitule, kusjuures toiteliinides — f i i d e r e i s — kasutatakse kõrgepinget ja toitepunktides trafosid (trafokiosk, alajaam, joon. 129).

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

Erandjuhtumeil, kui pingelang on magistraalliini lõpus liiga suur või tuleb pinget reguleerida olenematult jõujaamast,

võib kasutada erilisi, koormuse all astmeliselt ümberlülitatavaid reguleertransformaatoreid. Viimaseid ehitatakse igasuguseile nimipingetele ja nimivõimsustele.

Reguleerimine toimub tavaliselt ümberlülitamisega 10 ... 20 astmes 1 ... 1,5% astmetena, s. o. kuni 30% ja enam piirides. Ümberlülitamine toimub käsitsi või automaatselt, vastava relee ja servomootori abil.

Reguleerimisseadis ehitatakse kas tavalise võimsustransformaatori 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.

265. Nulljuhe.

Nulljuhet kasutatakse neljajuhtmelistes (tähtlülitusega) keerdvoolu- (tavaliselt 380/220 V) ja kolmejuhtmelises alalisvoolu- (2 × 220 V) võrgus.

Täiesti sümmeetrilise, kõigis faasides ühtlase koormuse korral puudub nulljuhtmes vool ja pingelang on kõiges kolmes faasis ühesuurune. Ebasümmeetrilise koormuse korral läbib nulljuhet faasivoolude vahe, nulljuhtmes tekib pingelang ja seda suurem, mida suurem on nulljuhtme vool ning takistus. Tähendatud pingelang lisandub liigkoormatud faasi pingelangule, kuna vähem koormatud faasides esineb vastavalt väiksem pingelang või ühekülgse liigkoormuse korral pingetõus.

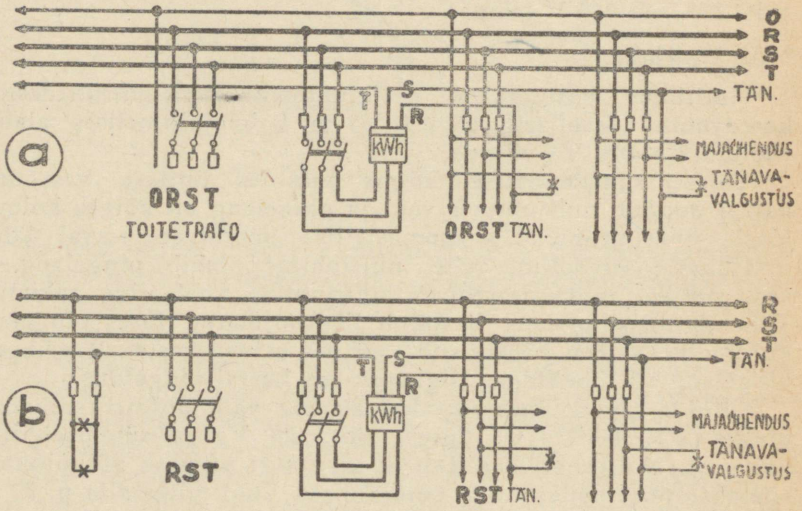
Liinide arvutamisel võetakse aluseks välisjuhtmete vaheline pinge (3 × 380/220 V juures, näit. 380 V) ja sümmeetriline koormus. Nulljuhet tavaliselt ei arvutata; viimase põikpinnaks võetakse pool välisjuhtme põikpinnast, kuid mitte alla p. 28 ja 87 toodud suuruste. Rauast nulljuhe lüüakse klambritega või naeltega otse masti külge, vaskjuhtme puhul on soovitatavam nulljuhtme sidumine isolaatoreile, sest vaskjuhtme võib muidu kergesti katki lüüa.

Nulljuhe maandatakse jõujaamas ja soovitavalt veel liinil iga 500 ... 1000 m järel. Maanduseks liinil kasutatakse tavaliselt mööda masti alla toodud, naelte või klambrite abil masti külge kinnitatud 10- kuni 25-mm^2 vask- või 12- kuni 50-mm^2 tsingitud raudjuhet. Maandusplaadi asemel asetatakse juhtme alumine ots harilikult 3 ... 5 m pikkuselt mastiaugu põhja. Transformaator-alajaamas on soovitatav kõrgepinge kaitsemaandus teha lahus madalpinge nulljuhtme maandusest.

Kaablivõrgus kasutatakse harilikult keerdvoolu puhul neljasoonelist (näit. 4×10 või $3 \times 50 + 1 \times 25$ mm^2), alalisvoolu puhul — kolmesoonelist kaablit. Nulljuhtme võib asetada ka eraldi paljalt maasse; see on aga vähem soovitatav, eriti alalisvoolu puhul.

266. Tänavavalgustus.

Linnades ja alevites tuleb elektriliinidega ühistele mastidele asetada veel tänavavalgustuseliinid.



Joon. 160. Tänavavalgustuse lülitusi elektrivõrgus.

Viimaste tavaliselt kasutatav lülitus on näidatud joonisel 160-a nelja- ja joon. 160-b kolmejuhtmelisele võrgule. Kolmejuhtmelises võrgus kasutatakse tihti ka kaht eri juhet.

Linnades kuni 10 000 elanikuga on eelistatavam tsentraallülitamine ühest teatavast punktist; suuremates linnades tuleb kasutada sisselülitamist mitmest kohast, mis võib toimuda: 1) käsitsi, 2) releedega, 3) lülituskelladega, 4) fotoelementidega, 5) kõrgema sagedusega voolude abil.

Et pingelang tänavavalgustuse liinides on püsiv suurus, võib pikkade, suure pingelanguga tänavavalgustuse liinide lõpus kasutada madalama pingega (näit. 210-V) lampe.

267. Juhtmete asetus mastil.

Juhtmete mastile 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 kõrgepinge-liinide suhtes, kus pikemail (üle 10 km) liinidel faaside asukohti mahtuvuse ühtlustamiseks tuleb vahetada.

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

Tänavavalgustuse juhtmed, kui need on olemas, asetatakse kõige alla.

268. Elektrivõrgu lülitusaparaadid.

Iga jõujaamast (alajaamast) väljuv liin tuleb varustada omaette kaitsmetega või liigvoolu-kaitselülitiga. Õhuliinide kohta ei kehti p. 29 toodud kaitsmete nimisuurused, mispärast üksikud pealiinist eralduvad (ka peenemad) haruliinid võivad olla ilma omaette kaitsmeteta, kuid vigade lokaliseerimiseks on soovitav viimased asetada pikemate haruliinide algusse. Selleks kasutatakse mastikaitsmeid; samuti on soovitav pikemad madalpinge magistraalid iga 500 ... 1000 m järel eraldada lahklülititega üksikuteks osadeks.

269. Majaühendused.

Majaühenduse vabaõhu-liini faasjuhtmeks on soovitav kasutada kummisoonjuhet, nulljuhtmeks võib olla isoleerimata juhe. Nulljuhtme kinnitamine seina külge toimub isolaatoriga nagu faasjuhtmeilgi.

Isoleeritud majaühenduste kohta ei kehti õhuliini kõrguste eeskirjad, kuid juhtmed peavad asetsema väljaspool käeulatust (vt. 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 koormuse suurus (normaalne töövool), vaid jao-

tusvõrgu mehaaniline tugevus ja magistraalliinidel asetsevate kaitsmete suurus, samuti rikete tagajärjel tekkivate lühisvoolude suurus.

Tavaline kaitsmete suurus väikelinnade ja maa võrkudes on: majaühenduse kaitsmetekastis 15 ... 25 A ja tänavamagistraalil või alajaamas 35 ... 60 A. Sellele vastavalt tuleb majaühenduse sisendus- (ka läbi seina minevad) juhtmed võtta väiksemais võrkudes mitte alla 6 mm^2 ja suuremais 16 mm^2; peenemate juhtmete korral tuleb kasutada iga majaühenduse jaoks eri mastikaitsmeid; viimane moodus on aga tülikam korrastuse mõttes ja üldiselt vähe kasutatav. Sisendusjuhtmete minimaalne põikpind on 6 mm^2.

Isoleeritud traadist majaühenduse õhujuhtmeid võib ilma eriliste lisakaitse-abinõudeta viia side- (telefoni-) juhtmete pealt läbi (vt. p. 97). Ristamisel sideliinide alt tuleb maandatud nulljuhe (soovitatav vähemalt 4,5-mm raudtraat) asetada ülespoole isoleeritud faasjuhet või tõmmata majaühenduse juhtmeist ülespoole veel eri kaitsetraadid — allalangevate sidejuhtmete kinnipüüdmiseks.

Et majaühendused on elektrivoolu jaotusvõrgu õrnemaiks osadeks, kus tavaliselt esineb kõige enam rikkeid, on soovitav majaühenduste arvu piirata, ehitades iga krundi või maja jaoks ainult ühe majaühenduse, võttes harud kõrvalhoonetesse jne. võimalikult majakaitsme tagant. Majaühenduste ehitamise kohta vt. p. 109 ... 111.

270. Võrgukaod.

Energiakaod võrgus on tingitud soojuslikest kadudest (pingelang) juhtmeis, tühijooksu-kadudest elektriarvesti pingepoolides, tühijooksu rauaskadudest transformaatoris, soojuslikest kadudest transformaatori mähistes, halvast isolatsiooonist tingitud kadudest ja erandjuhtumeil veel vooluvargustest. Kaoprotsenti mõjutab ka kWh-arvestite ebatäpsus ja lühema aja jooksul erinevus üksikute arvestite 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 koormuse liigist.

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

271. Piksekaitse madalpinge-võrkudes.

Pikselöögi korral elektriliini, jookseb pikne lähima masti isolaatorite ja masti kaudu maasse.

Pikselöögi mõjul tekib liinis liigpinge, mis üksikuil, lähimas naabruses asuvail elektriarvesteil võib pingepoolid läbi põletada; samuti võib pikselöök vigastada transformaatori mähiseid, kaabli otsamuhve mastil jne.

Pikse otsese sisselöögi vastu ei ole tõhusat kaitset; osaliselt aitab masti tippu asetatud maandatud nulljuhe või nulljuhtmeta liinis eri maandusjuhe. Piksest tingitud liigpingete vastu võib kasutada liigpingekaitsmeid, mida on soovitav asetada madalpinge-võrgus igasse toitepunkti (näit. trafoalajaama) üks komplekt (2...3 tk.) ja tarbe korral veel liinidesse iga 1...2 km järel.

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

272. Võrgus koormuse jaotamine (sümmetreerimine).

Ebaühtlase pingelangu vältimiseks tuleb koormus ja sellest tingituna majaühendused jaotada kõigi kolme faasi (kolmejuhtmelisel alalisvoolul kahe pooluse) vahel ühtlaselt.

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

Koormus peab olema jaotatud võimalikult ühtlaselt mitte üksnes jõujaamas, vaid ka üksikuil haruliinidel. Aeg-ajalt, soovitatav üks kord 1...2 aasta järel, suurima koormuse ajal, tuleb liini lõpus mõõta pinget ja, kui võimalik, liini alguses voolu. On ühel faasil pingelang tunduvalt suurem, tähendab see liigkoormust — osa majaühendusi tuleb ümber lülitada teistele faasidele.

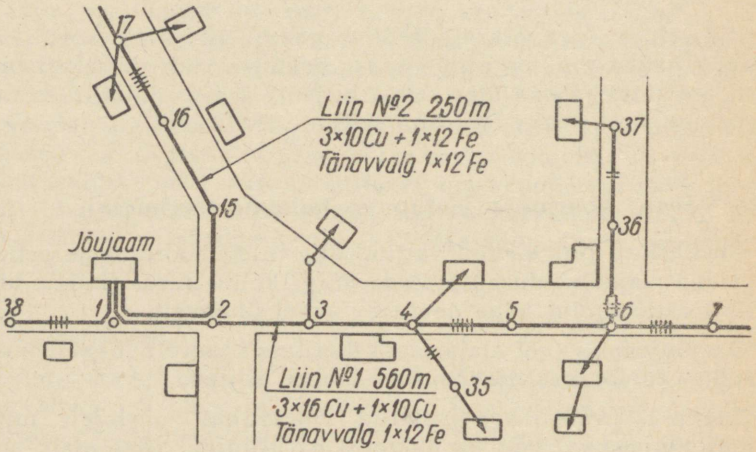
On pinge kõigil faasidel madal, tuleb üles seada jämedamad juhtmed või kasutada p. 264 kirjeldatud abinõusid.

Faaside koormuse ühtlustamiseks võib liini asetada ka keerdvoolu drosli siksak-lülituses; tavaliselt seda aga ei kasutata.

273. 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 elektrienergia tarvitajaiks ainult üksikud abonendid, kuna suurem osa järgneb alles aastate jooksul. Sel juhul on ratsionaalsem ehitada liin minimaalse juhtmete ja ehituskuludega, näit. raudtraadist kahejuhtmelisena, suurendades juhtmete arvu või vahetades need ümber alles mõne aasta pärast koormuse kasvamisel, kui pingelang on ülemäära suurenenud, kasutades siis mahavõetud traati mujal.

Elektrivõrgust tuleb valmistada plaan, kus oleks märgitud üksikute liinide, mastide, liini kaitsmete ja majaühenduste asetus. Näide plaanist on toodud joonisel 161.



Joon. 161. Näide elektrivõrgu plaanist.

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

Tänavavalgustusliinid, kui need on olemas, on soovitav märkida eraldi erivärvilistena.

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

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

274. Võimsusteguri parandamine.

Valgustusvõrkudes on cos $\varphi = 1$ või lähedane ühele. Laialdastes tööstusvõrkudes võib see tunduvalt alaneda — näivvõimsus suureneb, koormates trafosid, liine ja masinaid ning tekitades suuremat pingelangu.

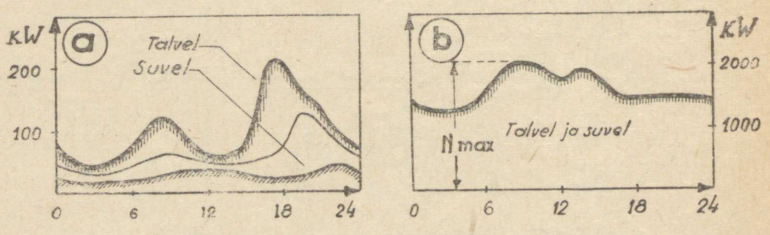
Olukorra parandamiseks kasutatakse mõnikord kondensaatoreid või suurtes seadiseis sünkroonmasinaid üleergutusega.

XV. JÕUJAAMA PLANEERIMINE JA EKSPLUATATSIOON.

275. Jõujaama koormust iseloomustavad tegurid.

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

1. K o o r m u s e k õ v e r — näitab koormuse muutumist ööpäeva (või aasta) jooksul. See saadakse: kandes teatud kellaaegadele vastavad koormuse suurused kõrgustena joonisele ja ühendades kõrguste tipud. Säärane kõver on näidatud ühe päeva kohta joonisel 162: a) väikelinna jaoks, b) suurtööstuse jaoks.



Joon. 162. Koormuse kõverad.

2. Ü h e n d u s v õ i m s u s (installeeritud võimsus) on kõigi võrgus ülesseatud lampide, mootorite ja teiste aparaatide nimivõimsuste summa (kW-des).

3. T i p p k o o r m u s on maksimaalne tegelikult esinev koormus (kW).

Avalikes võrkudes on valgustuse tippkoormus tavaliselt ⅓ (30 . . . 35%) installeeritud lampide võimsusest, s. o. korraga

põleb kõige enam ⅓ lampidest. Mootorite tippkoormus on samuti ⅓ kogu võrgus installeeritud mootorite võimsusest. Koormuste tipud ei lange kokku; mootorite koormustipp esineb kella 8...17 vahel, valgustuse koormustipp on detsembrikuus kella 18...20 vahel.

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

Koormuse kestus oleneb tarvitaja iseloomust. Mida ühtlasem on koormuse kõver, seda suurem on koormuse kestus ja seda paremini on jaam kasutatud. Tavaliselt esinev kestus on aasta kohta:

a) ainult valgustuskoormuse jõujaamades 900...1 200 tundi;

b) linnade elektrivõrkudes (koos valgustusega ja väiketööstusega) 1 500...2 200 tundi;

c) tööstustes, olenevalt tööstuse liigist, 1 200...6 000 tundi.

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

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

valgustuseks müüdud 20...35 kWh aastas 1 elaniku kohta;

jõuks müüdud 5...25 kWh aastas ühe elaniku kohta.

Kogu võrgu tarvitus on kadude (vt. p. 270), tänavate valgustuse jne. arvel 15...30% suurem.

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

Näide 1. Alevikus seati üles 1 200 lampi koguvõimsusega 48 kW. Kui suur on tippkoormus? Ligikaudu võib võtta $N = 48/3 = 16$ kW.

Näide 2. Kui suureks võib hinnata ülaltoodud juhtumil aastast energiatarvitust? Lahendus: Võttes koormuse kestuseks 1 000 tundi $A = 16 \cdot 1\,000 = 16\,000$ kWh.

Näide 3. Alevikus on 950 elanikku. Kui suur võiks olla aastane energiatarvitus? Lahendus: $A = 950 \cdot 20 = 19\,000$ kWh.

276. Ehituskulud.

Ehituskulu moodustavad: 1) materjalide, masinate ja aparaatide hind; 2) töökulud; 3) veo- ja sõidukulud; 4) kantseleija üldkulud; 5) projekti ja tööde järelevalve kulud jt.

277. Kasutuskulud ja energia omahind.

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

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

Müüdava energia omahind tarvitaja juures on:

$$\frac{\text{Jõujaamakulud} + \text{võrgukulud}}{\text{Müüdud energiahulk}}$$

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

XVI. JÕUJAAMA JA VÕRGU RIKKED.

A. ALALISVOOLU-DÜNAMOD.

1. **Tunnus:** dünamo ei anna pinget.

Põhjus: a) lülitus väär, elektrivoolu mõjul tekkinud magnetvoog on vastupidine remanentsmagnetvoole; b) välises vooluahelas on lühis; c) katkestus ergutusvoolu-ahelas; d) remanentsmagnetväli on nõrk; töötaval haruvoolu-masinal võib seda põhjustada tugev lühis; lühise korral võib vool kasvada niivõrd suureks, et ankrureaktsioon hävitab pooluste magnetvälja; e) lühis ergutusmähises või kereühendus kahes mähiseosas; f) harjad on mustuse tõttu harjahoidjasse kinni jäänud ning ei puuduta kommutaatorit; g) harjad on valel kohal.

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

2. **Tunnus:** dünamo pinge on madal.

Põhjus: a) osa ergutusmagnetist on lühises; b) pööreteарv on madal; c) liigkoormus. Viimasega seltsib veel tugev harjade sädelemine ja ankru ning laagrite kuumenemine.

Abistamine: a) kontrollida käega katsudes üksikute mähiste temperatuuri (vigased, lühises olevad mähised on kül-

mad, kuna teised on soojemad), mõõta üksikute mähiste takistus; vigased mähised ümber mähkida; b) mõõta pööretearvu, muuta rihma ülekannet; c) mõõta ampermeetriga voolu, vähendada koormust või üles seada suurem dünamo.

3. **Tunnus:** dünamo, eriti ankur soojeneb liigselt.

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

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

4. **Tunnus:** dünamo harjad sädelevad.

Põhjus: a) liigkoormus, b) harjade vale asukoht, c) lisapoolused valesti ühendatud, d) lestadevaheline isolatsioon ulatub üle lestade, e) mittevastavast materjalist harjad, f) lopergune kommutaator, g) kulunud laagrid, h) harja vedru nõrk.

Abistamine: a) vähendada koormust, b) asetada õigele kohale, c) ühendada õigesti, d) kõrvaldada segav lestadevaheline isolatsioon 0,3 ... 0,5 mm sügavuseni, e) vahetada kohaste vastu, f) kommutaator üle treida, g) laagrid uuendada, h) asendada uuega, tugevamaga.

B. VAHELDUVVOOLU-ALTERNAATORID.

1. **Tunnus:** alternaator ei anna pinget.

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

Abistamine: a) ergutusdünamo korrastada; b) ergutusahel induktoriga, proovilambiga või muu abinõuga kontrollida; c) lastes alternaatorit pöörelda ilma ergutuseta, kontrollitakse, kas staatori klemmide vahel tekib remanentsmagneti mõjul 2 ... 5% pinge, mis on kindlaks tehtav voltmeetriga või klemmide ühendamisel tekkiva sädeme abil, kui staatori mähised on terved. Katkestuse korral on remont vajalik.

2. **Tunnus:** pinge on madal üldiselt või üksikuis faasimähistes.

Põhjus: a) katkestus staatori ühes (tähtlülituse korral) või kahes (kolmnurklülitusel) faasimähises; b) lühis üksikuis

staatori sektsioonides; seejuures masin undab, üksikud sektsioonid kuumenevad; c) pööretearv on väike.

Abistamine: a) mähised induktoriga või proovilambiga kontrollida ja remonteerida; b) remonteerida; c) pööretearvu või sagedust kontrollida, pööretearvu tõsta.

3. Tunnus: masin soojeneb liigselt.

Põhjus: a) liigkoormus; b) väär lülitus, alternaator on lülitatud tähe asemel kolmnurka või ümberpöördult; soojeneb esimesel juhtumil tühijooksul, teisel juhtumil koormusel.

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

C. TRANSFORMAATORID.

1. Tunnus: üksikute faasimähiste pinged erinevad; trafo undab ja kuumeneb ruttu.

Põhjus: lühis ühes faasimähise sektsioonis.

Abistamine: remonteerida.

2. Tunnus: trafo kuumeneb liigselt (lubatud maksimaalne temp. on ca 95° C).

Põhjus: a) liigkoormus; b) halb ventilatsioon.

Abistamine: a) koormust kontrollida — ampermeetri või kWh-arvesti ja kella abil; koormust vähendada, uus suurem trafo paralleelselt juurde lülitada; b) ventilatsiooni parandada.

D. ELEKTRILIINID JA -VÕRGUD.

1. Tunnus: vool puudub.

Põhjus: a) majaühenduse, sisendusliini või rühm-kaitsmed on läbi sulanud; b) kaitsmed ei ulatu põhjani; c) juhtme ots on harukarbis, lülitis v. s. lahti põrunud; d) kaitsmed välisvõrgus on läbi sulanud või rike on jõujaamas.

Abistamine: a) läbisulanud kaitsmed proovi- (või helk-) lambi abil kindlaks teha (mitmefaasistes seadistes tuleb pinget kontrollida kahe faasjuhtme [mitte faasjuhtme ja maa] vahel, sest läbisulanud kaitsmega faasjuhe võib voolu saada läbi arvesti pingepooli, lampide jne.), kõrvaldada kaitsmete läbisulamist põhjustanud viga ning alles seejärel uuendada kaitsmed (plommitud kaitsmete uuendamine toimub vastavalt kohaliku elektrijaama eeskirjadele kas elektrijaama või abonendi

poolt, kusjuures sellest jaamale kohe tuleb teatada); b) kontrollida, kas kaitse on valitud kooskõlas sobituskruviga; korkkaitse võib olla vigane, mida kontrollida proovilambiga; c) katkestuskoht proovilambi abil kindlaks teha ja parandada; d) elektrijaamale teatada, viimase poolt rike kõrvaldada ja kaitsmed uuendada.

2. Tunnus: pinge on õhtuti madal. Lambid põlevad õhtul tumedalt, öösel heledalt.

Põhjus: välisvõrk on liigselt koormatud, pingelang on ülemäära suur.

Abistamine: a) jämedamad juhtmed üles monteerida; b) jõujaama pinget õhtuti tõsta. Abistamine on läbiviidav, kui on tegemist üheainsa või mitme samaselt koormatud liiniga; c) välisvõrgu liini algusse või lõppu üles seada reguleerimistransformaator (keerdvoolul) või booster (alalisvoolul); tasuv ainult suuremate võimsuste korral; 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 ebaühtlustegur on suur; b) generaatori rihma jätk taob; c) liinil asetseb mingi kõikuva koormusega mootor (kolbpump, saekaater jne.), kusjuures pingelang täiskoormuse ajal on ülemäära suur (üle 1...2%).

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

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

Põhjus: a) haruliinid on liigselt koormatud, pingelang 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 pingelangu kompenseerimiseks kõrgem, kusjuures abonent asetseb jaama lähedal; b) toitetransformaator on lülitatud liiga kõrgele ülekandeastmele; c) vt. ka alljärgnev tunnus 6.

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

6. Tunnus: pinge on ebaühtlane 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 keerdvoolu-liinis on ühes faasjuhtmes kaitse läbi sulanud; c) nulljuhtmega võrkudes on koormus ebaühtlaselt jaotatud — liigselt koormatud faasis esineb pingelang, koormamata faasis pingetõus.

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

TABELID.

		Lk
Tabel 1.	Installatsioonijuhtmete põikpind ja ehitus	5
Tabel 2.	Kaliibri numbrile vastav traadi läbimõõt	7
Tabel 3.	Vask- ja alumiiniumjuhtmete põikpindade võrdlusandmed	9
Tabel 4.	Terasalumiiniumjuhtmed	10
Tabel 5.	Paljasjuhtmete kaal	12
Tabel 6.	Kaablite lühitähised VDE järgi	28
Tabel 6-a.	Kaablite lühitähised OCT-i järgi	29
Tabel 7.	Kaablite kasutuspiirkond	30
Tabel 8.	Isoleeritud vaskjuhtmete kaal 100 m kohta kg-des OCT-i järgi	33
Tabel 8-a.	Isoleeritud vaskjuhtmete kaal 100 m kohta kg-des	33
Tabel 9.	Isoleeritud vaskjuhtmete väline läbimõõt mm-tes OCT-i järgi	34
Tabel 9-a.	Isoleeritud vaskjuhtmete väline läbimõõt mm-tes	35
Tabel 10.	Vask-mähistraadi kaal ja läbimõõt OCT-i järgi	36
Tabel 10-a.	Vask-mähistraadi kaal, takistus ja läbimõõt	36
Tabel 11.	Juhtmete minimaalsed lubatavad põikpinnad	37
Tabel 12.	Isoleeritud juhtmete koormus amprites	39
Tabel 13.	Vasksoontega pabertinakaablite koormus amprites	40
Tabel 14.	Voolu suurus amprites olenevalt võimsusest	42
Tabel 15.	Juhtmete takistus	49
Tabel 16.	Pingelang kahejuhtmelises vaskliinis	50
Tabel 17.	Vask- ja alumiiniumjuhtmete induktiivne ja mahtuvuslik takistus 50 per/sek. juures	53
Tabel 18.	Cos φ ja sin φ väärtused	53
Tabel 19.	Korrektuuritegur induktiivse pingelangu arvesse võtmiseks vaskjuhtmetega õhuliinides 50 per/sek. vahelduvvoolu puhul, kui juhtmete vahekaugus on 40...60 cm	56
Tabel 20.	Pingelang kahejuhtmelises raudliinis 1000 m kohta	57
Tabel 21.	Pistikute mõõdud	73
Tabel 22.	Ümmarguste metsamaterjalide mahu tabel	94
Tabel 23.	Madalpinge-isolaatorite mõõdud	101
Tabel 24.	Kõrgepinge delta-isolaatorid vastavalt OCT-normidele	102
Tabel 25.	Kõrgepinge delta-isolaatorid vastavalt DIN-normidele	102
Tabel 26.	Kõrgepinge delta-isolaatorid vastavalt Soome normidele	103
Tabel 27.	Madalpinge-isolaatorite konksude mõõdud	105
Tabel 27-a.	Madalpinge-isolaatorite konksude mõõdud VDE järgi	106

Lk.

Tabel 28. Kõrgepinge-isolaatorite konksude mõõdud OCT 3092 järgi 106
Tabel 29. Isolaatoripoldid isolaatoreile kuni 35 kV, OCT 5093 järgi 110
Tabel 30. Ripped vask- ja raudjuhtmeil 117
Tabel 31. Ripped alumiiniumjuhtmeil 118
Tabel 32. Juhtme poolvõngete arv minutis (*n*), olenevalt juhtme rippest cm-tes (*f*) 119
Tabel 33. Kaabli monteerimise mõõdud 137
Tabel 34. Kaablite mõõdud 141
Tabel 35. Lahtiselt asetatud juhtmete minimaalkaugused 163
Tabel 36. Isoleerrullid 164
Tabel 37. Torude mõõdud 169
Tabel 38. Torude nimiläbimõõdud olenevalt juhtmete arvust, põikpinnast ja asetusviisist OCT-i järgi 170
Tabel 39. Torude nimiläbimõõdud olenevalt juhtmete arvust, põikpinnast ja asetusviisist varemkehtinud normide järgi 171
Tabel 40. Installatsioonitöödel kasutatavad kruvikeermed 207
Tabel 41. Juhtmete põikpindade võrdlus 226
Tabel 42. Akuhappe kangus ja koostis 237
Tabel 43. Kaitsmetraadi sulamisvool 269
Tabel 44. Hõbedast kaitsmetraatide ligikaudne sulamisvool (õhus) 270
Tabel 45. Neljakandiliste vask-kogumislattide lubatavad suurimad kestevkoormused 276
Tabel 46. Ümmarguste vask-kogumislattide lubatavad suurimad kestevkoormused 277
Tabel 47. Ühenduspoldid elektrivoolu juhtimiseks 277
Tabel 48. Kütteväärtus ja aurustusvõimsus 281
Tabel 49. Katla suurused ja võimsused 282
Tabel 50. Kütteaine tarvitus 1 kWh kohta, taandatud võllile . . 288
Tabel 51. Veetarvitus 1 kWh kohta, taandatud võllile 288

SISUKORD.

Lk.

Eessõna 3

I. **Juhtmed** 5

A. Juhtmete materjal ja ehitus.

1. Juhtmete jämeduse tähistamine. 2. Juhtmete materjal. 3. Vask (Cu). 4. Pronks. 5. Alumiinium (Al). 6. Alumiiniumi sulamid. 7. Raud (Fe). 8. Bimetalljuhtmed. 9. Juhtmete ehitus ja liigid. 10. Paljasjuhtmed. 11. Kaetud juhtmed. 12. Isoleeritud juhtmed. 13. Kummisoonjuhtmed. 14. Torutraadid (kuulo). 15. Kaablitaolised juhtmed. 16. Soomusjuhtmed. 17. Juhtmed valgustusarmatuuridele. 18. Kummisoon-nöörjuhtmed. 19. Kummivoolikjuhtmed. 20. Töötoanöörid. 21. Eri- ja kõrgepinge nöörjuhtmed. 22. Spetsiaaljuhtmed. 23. Juhtmed kõrgepinge helktorudele (huumlampidele). 24. Kaablid. 25. Isoleeritud juhtmete kaal ja läbimõõt. 26. Masinate ja aparaatide mähiste traadid.

B. Juhtmete põikpinna arvutamine.

27. Arvutuse alused. 28. Juhtmete mehaaniline tugevus. 29. Juhtmete soojenemine. 30. Voolu arvutamine. 31. Pingelang. 32. Lubatav pingelang. 33. Pingelangu arvutamine. 34. Juhtme takistus. 35. Pingelangu määramine tabelite abil. 36. Induktiivne pingelang. 37. Pingelang raudjuhtmetega liinides. 38. Pingelang mitmes punktis koormatud juhtmes. 39. Vool ja pingelang ring- ja kahelt poolt toidetud liinides. 40. Juhtmete põikpinna määramine. 41. Võimsuskadu. 42. Liinide arvutus vastavalt majanduslikule tasuvusele.

II. **Lülitus- ja kaitseabinõud** 65

A. Liigvoolu-kaitsmed.

43. Kaitsmeist üldiselt. 44. Diazed-kaitsmete süsteem. 45. Diazed-kaitsmed 500 V. 46. Diazed-kaitsmed pingetele 750 V. 47. Edison-kaitsmete süsteem. 48. Viitekaitsmed. 49. Kaitsmepesade (-elementide) ehitus. 50. Õhuliini-kaitsmed. 51. Kaitselülitid.

Lk.

B. Lülitid.

52. Lülitite otstarve ja liigid. 53. Karplülitid. 54. Vinnaklülitid.

C. Pistikseadised.

55. Pistikseadiste otstarve ja liigid. 56. Pistikseadiste ehitusest üldiselt. 57. Pistikupesade ehitus. 58. Ühendusjuhtmed.

D. Kaitseabinõud puutepinge vastu.

59. Üldmõisted. 60. Isoleerimine. 61. Kaitsemaandus. 62. Maandi. 63. Maandusjuhtmed. 64. Nullimine. 65. Puutepinge kaitselülitus. 66. Väikepinge kasutamine.

III. **Õhuliinid** 88

A. Üldandmed.

67. Õhuliini mõiste. 68. Liini sihi rajamine. 69. Juhtmete kõrgus maapinnast ja kaugus hoonetest.

B. Mastid.

70. Mastide liigid. 71. Puitmastid. 72. Toed ja tõmmitsad. 73. Puitmastide materjal. 74. Puitmasti iga. 75. Raudmastid. 76. Raudbetoonmastid. 77. Kandepüstikud ja nõjatsid. 78. Mastide kohaletransportimine. 79. Mastide püstitamine. 80. Mastide märkimine.

C. Isolaatorid ja mastide armeerimine.

81. Isolaatorid. 82. Mastide armeerimine. 83. Isolaatorikonksud. 84. Isolaatorite ja konksude monteerimine. 85. Traversid. 86. Juhtmete kaugused omavahel ja kandekonstruktsioonidest.

D. Juhtmed ja juhtmete montaaž.

87. Juhtmematerjal. 88. Juhtmete lahtivedu. 89. Juhtmete pingutamine ja reguleerimine. 90. Juhtmete ripped. 91. Juhtmete visang. 92. Juhtmete jätkamine. 93. Juhtmete sidumine isolaatoreile. 94. Juhtmete harunemised. 95. Alumiiniumi käsitsemine õhuliinides.

E. Kõrgendatud nõudeid elektriliinide kohta.

96. Liinid linnade ja alevite piirides. 97. Sideliinide ristumine tugevvoolu-liinidega. 98. Tugevvoolu-liinide ja raudtee ristumine. 99. Teede ja elektriliinide ning elektriliinide omavaheline ristumine.

F. Õhuliini ehitus ja remonttööde teostamine.

100. Tööriistad. 101. Tööde teostamine elektriliinidel.

IV. **Kaabelliinid** 134

102. Kaablitest üldiselt. 103. Kaablite käsitsemine. 104. Kaablimuhvid. 105. Kaablimuhvide kohaleasetamine. 106. Kaablimuhvide kinnivalamine. 107. Kaabli asetamine maasse. 108. Kaabli asetamine hoonetes.

Lk.

V. **Voolu juhtimine võrgust tarvitajani** 144

A. Majaühendused.

109. Majaühendus. 110. Majaühenduste teostamine. 111. Majaühendusjuhtmete undamine.

B. Sisendusliinid.

112. Sisendusliinide skeemid. 113. Sisendusliinide ehitus. 114. Sisendusliinide põikpind. 115. Jaotusseadmed. 116. Kapseldatud jaotusseadmed.

VI. **Siseinstallatsioon** 157

A. Juhtmete asetusest üldiselt.

117. Juhtmete asetusviisid. 118. Juhtmete kaitsmine mehaaniliste vigastuste vastu. 119. Juhtmete asetamine seinale. 120. Juhtmete lülitus. 121. Juhtmete ühendamine aparaatidega. 122. Juhtmete jätkamine ja hargnemine.

B. Lahtine asetusviis.

123. Lahtise asetusviisi kasutusulatus. 124. Juhtmete kaugused. 125. Isoleerrullid ja isolaatorid. 126. Juhtmete monteerimine.

C. Juhtmete asetus torudesse.

127. Torude liigid. 128. Üldised eeskirjad torude kohta. 129. Toru jämeduse valik. 130. Isoleer- (bergmann-) torude montaaž. 131. Isoleertorud pinnapealsel asetusviisil. 132. Isoleertorud süvistatud asetusviisil (krohvi all). 133. Soomustoru. 134. Pešeltoru. 135. Gaasitoru. 136. Kummitoru. 137. Juhtmete tõmbamine torusse.

D. Torutraat ehk kuulo.

138. Torutraadi (kuulo) kasutusulatus. 139. Torutraadi monteerimine.

E. Kaablitaolised juhtmed.

140. Kaablitaoliste juhtmete kasutusulatus. 141. Haru- ja pendlikarbid kaablitaolistele juhtmetele. 142. Lambiarmatuurid ja aparaadid niiske ruumi seadmeile. 143. Kaablitaoliste juhtmete monteerimine.

F. Kandetraat.

144. Juhtmete asetus kandetraadile.

VII. **Nõudeid installatsioonide projekteerimisel ja teostamisel** . . 192

A. Installatsioon mitmesuguseis hooneis.

145. Installatsioon elumajades. 146. Installatsioon ametiasutistes, ärides, büroodes jne. 147. Installatsioon avalikes ehitistes. 148. Installatsioon töökodades, ladudes ja sellelaadilistes ruumides. 149. Installatsioon niiskeis, märgades ja kuumades ruumides. 150. Installatsioon sööbivate gaasi-

Lk.

dega ruumides. 151. Installatsioon tule- ja plahvatusohtlikes ruumides. 152. Installatsioon põllumajanduslikes hooneis. 153. Välisinstallatsioonid.

B. Installatsioonide projekteerimine.

154. Installatsioonide projekteerimisest üldiselt. 155. Installatsiooni plaan. 156. Tööhinna kalkuleerimine.

C. Tööriistad, tööviisid ja materjalid.

157. Tööriistad installatsioonitöödel. 158. Installatsioonitöödel kasutatavad kruvikeermete liigid. 159. Isoleermaterjalid. 160. Juhtmete kinnituspunktide märkimine. 161. Kruvide kinnitamine seina. 162. Puurimine. 163. Jootmine. 164. Kittimine.

D. Alumiiniumi käsitsemine.

165. Alumiiniumist üldiselt. 166. Alumiiniumi keevitamine. 167. Alumiiniumi jootmine. 168. Kruviühendused.

VIII. **Elektrijõujaamade ja -võrkude liigid** 220

169. Jõujaamad. 170. Jaotusvõrgud. 171. Pinge. 172. Nimipinged seadiseile üle 100 V. 173. Nimipinged seadiseile 1 kuni 100 V. 174. Alalisvoolu-võrgud. 175. Vahelduvvoolu-võrgud. 176. Juhtmete põikpindade võrdlus. 177. Tegevusraadius.

IX. **Alalisvoolu-jaamad** 227

A. Kahejuhtmelisele võrgule.

178. Alalisvoolu-generaatorid ehk -dünamod. 179. Dünamo võimsus. 180. Haruvoolu- (šunt-) dünamo. 181. Peavoolu- (seerias-) dünamo. 182. Kompaund-dünamo. 183. Välisergutusega dünamo. 184. Põikväija-dünamo. 185. Haruvoolu-dünamote paralleeltöö. 186. Kompaund-dünamote paralleeltöö.

B. Alalisvoolu-jaamad kolmejuhtmelisele võrgule.

187. Nullpunkti saavutamine. 188. Dünamo väljatoodud nullpunktiga. 189. Dünamo pöörleva pingejagajaga.

C. Akumulaatorid ja akumulaatoripatareidega jaamad.

190. Akumulaatorite otstarve ja liigid. 191. Tina-akumulaatorite tööviis. 192. Tina-akumulaatori ehitus. 193. Plaadid. 194. Väävelhape. 195. Akude laadimine ja tühjendamine. 196. Aku pinge. 197. Aku mahtuvus. 198. Aku kasutegur. 199. Akumulaatorite hooldamine. 200. Tina-akumulaatorite seismajätmine. 201. Tina-akumulaatorite iga. 202. Raudnikkel- (leelis-) akumulaatorid. 203. Akude lülitus. 204. Akumulaatori laadimine alalisvoolu-võrgust. 205. Akumulaatori laadimine vahelduvvoolu-võrgust. 206. Jõujaama

Lk.

patarei laadimine. 207. Akumulaatoripatareide ruumid. 208. Akumulaatorite kasutamine.

X. **Keerdvoolu-jaamad** 246

209. Alternaatorid. 210. Alternaatorite omadused. 211. Alternaatorite lülitus. 212. Alternaatori kaitseabinõud. 213. Paralleeltöö. 214. Koormuse jaotus.

XI. **Vooluliigi teisendajad** 252

215. Vooluliigi teisendajate tüübid.

A. Pöörlevad muundajad.

216. Mootorgeneraator. 217. Üheankru-muundaja (konverter). 218. Kaskaadmuundaja.

B. Alaldajad.

219. Alaldajate (õgvendajate) tööviis ja lülitused. 220. Mehaaniline alaldaja. 221. Kuivalaldaja. 222. Elektrolüüt-alaldaja. 223. Hõõgkatood-alaldaja. 224. Huumlahendus-alaldaja.

C. Elavhõbedaaur-alaldaja.

225. Tööviis. 226. Elavhõbedaaur-alaldaja lülitused. 227. Endaergutus. 228. Elavhõbedaaur-alaldaja ehitus. 229. Pinge ja pinge reguleerimine. 230. Vool ja liigkoormus. 231. Kasutegur. 232. Alaldaja nulljuhtmega alalisvooluvõrgu toiteks. 233. Paralleeltöö. 234. Elavhõbedaaur-alaldajate kasutamine.

XII. **Lülitusseadised** 264

235. Lülitusseadise otstarve ja liigid. 236. Lülitusaparaatide suurus.

A. Lülitid.

237. Lihtlülitid. 238. Kaitselülitid. 239. Kaugkäivitusega lülitid.

B. Liigvoolu- ja liigpinge-kaitsmed.

240. Liigvoolu põhjused. 241. Liigvoolu-kaitse. 242. Ribakaitsmed. 243. Torukaitsmed. 244. Keermekaitsmed. 245. Kontaktnugadega padrunkaitsmed. 246. Liigpinge-kaitsmed.

C. Lülituskilbid.

247. Lülituskilbi materjal ja ehitus üldiselt. 248. Lülituskilp väikesele seadmele. 249. Lülituskilbid suuremais jõujaamades. 250. Ühendusjuhtmed ja kogumislatid.

XIII. **Jõumasinad ja jõuülekanne** 279

251. Jõumasina liik ja suurus. 252. Vesiturbiinid. 253. Aurukatlad. 254. Aurujõumasinad. 255. Diiselmootorid. 256. Gaasimootorid. 257. Kuumpea- ja kergeõlimootorid. 258. Jõu-

Lk.

ülekanne. 259. Pööretearvu, võimsuse ja pinge reguleerimine. 260. Pööretearvu kõikuvus. 261. Pööretearvu kõikumine sõltuvalt koormuse muutumisest. 262. Kütteaine ja vee tarvitus.

XIV. **Jaotusvõrgud** 289

263. Pingelang. 264. Pingelangu kompenseerimine. 265. Nulljuhe. 266. Tänavavalgustus. 267. Juhtmete asetus mastil. 268. Elektrivõrgu lülitusaparaadid. 269. Majaühendused. 270. Võrgukaod. 271. Piksekaitse madalpinge-võrkudes. 272. Võrgus koormuse jaotamine (sümmetreerimine). 273. Võrgu planeerimine. 274. Võimsusteguri parandamine.

XV. **Jõujaama planeerimine ja ekspluatatsioon** 298

275. Jõujaama koormust iseloomustavad tegurid. 276. Ehituskulud. 277. Kasutuskulud ja energia omahind.

XVI. **Jõujaama ja võrgu rikked** 301

Tabelid 306

Punkti nr-id	Märkmed	Lk.

Punkti nr-id	Märkmed	Lk

Vastutav toimetaja J. Kroon.

Ladumisele antud 10. IV 1947. Trükkimisele antud 11. X 1947. Trükiarv 10 200. Paber 56 : 79, 1/16. Trükipoognaid 19,75. Trükitähti trükipoognas 44 980. Arvutus-poognaid 22,2. MB-06063. Trükikoda „Tartu Kommunist". Tartu, Ülikooli 21/23. Tellimise nr. 697.

На эстонском языке.

А. Пыдрус. Распределительные сети, электропроводка и силовые станции.

RBL. 12.—

A
16202
638581 1

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00638581 1